

NCE/19/1901069 — 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 Mecânica

1.3. Study programme:
Mechanical Engineering

1.4. Grau:
Mestre

1.5. Área científica predominante do ciclo de estudos:
Engenharia Mecânica

1.5. Main scientific area of the study programme:
Mechanical 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):
521

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:
522

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:
523

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

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

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

1.9. Número máximo de admissões:**315****1.10. Condições específicas de ingresso.**

Serão admitidos como candidatos: i) os titulares de grau de licenciado ou equivalente legal, na área de Ciências e Tecnologia; ii) os titulares de grau académico superior estrangeiro conferido na sequência de um 1º ciclo de estudos organizado de acordo com os princípios do Processo de Bolonha por um estado aderente a este Processo, nas áreas referidas em i); ou iii) que demonstrem ser detentores de um currículo escolar, científico ou profissional, que ateste a sua capacidade para realização do Mestrado a que se candidatam.

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

1.10. Specific entry requirements.

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

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

1.11. Regime de funcionamento.**Diurno****1.11.1. Se outro, especifique:****<sem resposta>****1.11.1. If other, specify:****<no answer>****1.12. Local onde o ciclo de estudos será ministrado:****Instituto Superior Técnico - Campus Alameda****1.12. Premises where the study programme will be lectured:****Instituto Superior Técnico - 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:****Relativamente ao ponto 9.1 destacamos o seguinte:**

"Apesar desta acreditação estar orientada para novos ciclos de estudo, na realidade os cursos que estão a ser contemplados neste processo resultam de uma reestruturação de cursos já em funcionamento e cujo desempenho a nível de emprego, considerando os dados da Direcção-Geral de Estatísticas do Ensino e da Ciência (DGEEC) é significativamente positivo e onde é possível verificar que os actuais ciclos de estudo em funcionamento apresentam níveis de desemprego nulos ou residuais. Não há motivo ou justificação para que os novos ciclos de estudo que estão a ser preparados não mantenham esse mesmo desempenho positivo."

1.14. Observations:**Regarding point 9.1, we highlight the following:**

Although this accreditation is oriented towards new study cycles, in reality the courses that are being contemplated in this process result from a restructuring of courses already in operation. The performance in terms of employment, considering the data from the Directorate-General for Statistics of the Education and Science (DGEEC) is significantly positive and where it is possible to verify that the current study cycles in operation have zero or residual levels of unemployment. There is no reason or justification for the new study cycles being prepared not to maintain that same positive performance. "

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_MEMec.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_MEMec.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 125-2020 _ Cr _Mest_ Engª Mecânica.pdf](#)

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

2.1.1. Órgão ouvido:

Plano de Transição do Mestrado Integrado para o Mestrado

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

[2.1.2._MEMec_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 mecânica é uma atividade profissional regulamentada pela Ordem dos Engenheiros (OE) que se

consustancia na aplicação de conhecimentos teóricos, práticos e experimentais, enquadrados por constrangimentos de natureza económica, social, ética e ambiental, à conceção, projeto, fabrico, controlo e gestão de produtos, processos, equipamentos e sistemas energéticos e tecnológicos.

O mestrado em engenharia mecânica tem por objetivo garantir a atribuição do título profissional de engenheiro pela OE e está organizado num modelo de ciclo de estudos com a duração total de 4 semestres. O plano curricular assenta em três áreas de especialização principais - energia, produção e sistemas – complementadas com uma formação de 18 ECTS numa área de especialização secundária ou, no aprofundamento da especialização na área principal, se os estudantes assim o desejarem.

3.1. The study programme's generic objectives:

Mechanical engineering is a professional activity regulated by the Order of Engineers (OE) that consists of the application of theoretical, practical and experimental knowledge, framed by constraints of an economic, social, ethical and environmental nature, to the conception, design, manufacture, control and management of products, processes, equipment and energy and technological systems.

The master's in mechanical engineering aims to guarantee the attribution of the professional title of engineer by OE and is organized in a model with a total duration of 4 semesters. The curricular plan is based on three main areas of specialization - energy, production and systems - complemented by a training of 18 ECTS in an area of secondary specialization or, in the deepening of specialization in the main area, if students wish so.

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

No final do mestrado em engenharia mecânica os estudantes deverão ter obtido uma formação sólida em ciências básicas, da engenharia e da especialidade, alicerçadas num conhecimento científico e tecnológico atualizado, que lhes permitirão:

- **Aplicar os conhecimentos, aptidões e competências adquiridas na conceção, projeto, fabrico e operação de sistemas, equipamentos e produtos de engenharia mecânica sujeitos a condicionalismos tecnológicos, económicos, sociais e ambientais;**
- **Contribuir para o progresso da engenharia mecânica e da sua melhor aplicação ao serviço da sociedade através da incorporação das mais recentes inovações científicas e tecnológicas;**
- **Exercer a profissão de engenheiro mecânico de forma competente e responsável, designadamente nas vertentes técnicas, de enquadramento legislativo, humano, organizacional e deontológico;**
- **Contribuir para a realização dos objetivos económicos e sociais das organizações públicas ou privadas.**

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

At the end of the master's degree in mechanical engineering, students should have obtained a solid training in basic sciences, engineering and specialty, based on updated scientific and technological knowledge, which will allow them to:

- **Apply the knowledge, skills and competences acquired in the conception, design, manufacture and operation of systems, equipment and mechanical engineering products subject to technological, economic, social and environmental constraints;**
- **Contribute to the progress of mechanical engineering and its better application at the service of society through the incorporation of the most recent scientific and technological innovations;**
- **Exercise the profession of mechanical engineer in a competent and responsible way, namely in the technical aspects, of legislative, human, organizational and deontological framework;**
- **Contribute to the achievement of the economic and social objectives of the public or private organizations.**

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 República 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.

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:

According to paragraph 1 of Article 3 of the IST Statutes, approved by Order No. 12255/2013 published in Diário da República of 25 September 2013, “It is IST's mission, as an institution that wants to be prospectively in university education, ensure constant innovation and consistent progress in the knowledge society, culture, science and

technology, within a framework of humanistic values. ”

Under the terms of paragraph 2 of the same article, it is established that, in carrying out its mission, IST: Favors scientific research, teaching, with an emphasis on postgraduate education, and lifelong learning, as well as technological development; It promotes synergies between the scientific domains it encompasses and between them and others like them; It seeks to contribute to the competitiveness of the national economy through the transfer of technology, innovation and the promotion of entrepreneurship; Effective social responsibility, in the provision of scientific and technical services to the community and in supporting the insertion of graduates in the world of work and their permanent training. IST is actively involved in several international networks and programs aimed at student mobility, namely through undergraduate and graduate programs.

4. Desenvolvimento curricular

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

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

Ramos, opções, perfis, maior/menor ou outras formas de organização em que o ciclo de estudos se estrutura:

Energia

Produção

Sistemas

Especialização secundária em Energia (opcional)

Especialização secundária em Produção (opcional)

Especialização secundária em Sistemas (opcional)

Minor (Opcional)

Branches, options, profiles, major/minor or other forms of organisation:

Energy

Production

Systems

Secondary Specialization in Energy (optional)

Secondary Specialization in Production (optional)

Secondary Specialization in Systems (optional)

Minor (Optional)

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

Mapa II - Área de Especialização em Energia

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

Área de Especialização em Energia

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

Specialization Area in Energy

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
Ambiente e Energia/Environment and Energy	AE	12	0	Oferta de 9 ECTS em UC de opção esta AC
Controlo, Automação e Informática Industrial / Control, Automation and Industrial Informatics	CAII	0	0	Oferta de 30 ECTS em UC de opção esta AC
Mecânica Estrutural e Computacional / Structural and Computational Mechanics	MEC	0	0	Oferta de 6 ECTS em UC de opção esta AC
Projecto Mecânico e Materiais em Engenharia / Mechanical Project and Engineering Materials	PMME	12	0	Oferta de 6 ECTS em UC de opção esta AC
Tecnologia Mecânica e Gestão Industrial / Manufacturing and Industrial Management	TMGI	0	0	Oferta de 12 ECTS em UC de opção esta AC

Termofluidos e Tecnologias de Conversão de Energia / Thermofluids and Energy Conversion Technologies	TTCE	24	0	Oferta de 48 ECTS em UC de opção esta AC
Opções-Todas as áreas científicas do IST/Options-All scientific áreas of IST	OL		0	Oferta de 24 ECTS em UC de opção esta AC
Todas as áreas científicas do IST/All scientific áreas of IST	DISS	30		A Dissertação é desenvolvida em AC do IST em domínios relacionados com os objetivos do curso
-	-		42	Elenco UCs opção e Minors é fixado anualmente pelo Órgão Legal e Estatutariamente competente do IST
(9 Items)		78	42	

Mapa II - Área de Especialização em Produção

4.2.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável): Área de Especialização em Produção

4.2.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable): Specialization Area in Production

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
Ambiente e Energia/Environment and Energy	AE	0	0	Oferta de 12 ECTS em UC de opção esta AC
Controlo, Automação e Informática Industrial / Control, Automation and Industrial Informatics	CAII	0	0	Oferta de 30 ECTS em UC de opção esta AC
Mecânica Estrutural e Computacional / Structural and Computational Mechanics	MEC	6	0	Oferta de 15 ECTS em UC de opção esta AC
Projecto Mecânico e Materiais em Engenharia / Mechanical Project and Engineering Materials	PMME	24	0	Oferta de 12 ECTS em UC de opção esta AC
Tecnologia Mecânica e Gestão Industrial / Manufacturing and Industrial Management	TMGI	18	0	Oferta de 21 ECTS em UC de opção esta AC
Termofluidos e Tecnologias de Conversão de Energia / Thermofluids and Energy Conversion Technologies	TTCE	6	0	Oferta de 12 ECTS em UC de opção esta AC
Opções-Todas as áreas científicas do IST/Options-All scientific áreas of IST	OL	0	0	Oferta de 24 ECTS em UC de opção esta AC
Todas as áreas científicas do IST/All scientific áreas of IST	DISS	30		A Dissertação é desenvolvida em AC do IST em domínios relacionados com os objetivos do curso
-	-		36	Elenco UCs opção e Minors é fixado anualmente pelo Órgão Legal e Estatutariamente competente do IST
(9 Items)		84	36	

Mapa II - Área de Especialização em Sistemas

4.2.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável): Área de Especialização em Sistemas

4.2.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable): Specialization Area in Systems

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
Ambiente e Energia/Environment and Energy	AE	0	0	Oferta de 12 ECTS em UC de opção esta AC
Controlo, Automação e Informática Industrial / Control, Automation and Industrial Informatics	CAII	30	0	Oferta de 33 ECTS em UC de opção esta AC
Mecânica Estrutural e Computacional / Structural and Computational Mechanics	MEC	6	0	Oferta de 6 ECTS em UC de opção esta AC
Projecto Mecânico e Materiais em Engenharia / Mechanical Project and Engineering Materials	PMME	12	0	Oferta de 12 ECTS em UC de opção esta AC
Tecnologia Mecânica e Gestão Industrial / Manufacturing and Industrial Management	TMGI	0	0	Oferta de 15 ECTS em UC de opção esta AC
Termofluidos e Tecnologias de Conversão de Energia / Thermofluids and Energy Conversion Technologies	TTCE	6	0	Oferta de 18 ECTS em UC de opção esta AC
Opções-Todas as áreas científicas do IST/Options-All scientific áreas of IST	OL	0	0	Oferta de 24 ECTS em UC de opção esta AC
Todas as áreas científicas do IST/All scientific áreas of IST	DISS	30		A Dissertação é desenvolvida em AC do IST em domínios relacionados com os objetivos do curso
-	-		36	Elenco UCs opção e Minors é fixado anualmente pelo Órgão Legal e Estatutariamente competente do IST
(9 Items)		84	36	

4.3 Plano de estudos

Mapa III - Área de Especialização em Energia - 1º Ano / 1º Semestre; 1st Year / 1st Semester

4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável): Área de Especialização em Energia

4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable): Specialization Area in Energy

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)
Transmissão de Calor / Heat Transfer	TTCE	Semestral	168	T-28; PL-21	6	Área de formação principal / Main training area
Vibrações e Ruído / Vibrations and Noise	PMME	Semestral	168	T-28; PL-21	6	Área de formação principal / Main training area
Energia e Sustentabilidade/ Energy and Sustainability	AE	Semestral	168	TP-49	6	Área de formação principal / Main training area
Aerodinâmica / Aerodynamics	TTCE	Semestral	168	TP-42; PL-7	6	Opção Especialidade 1 - Escolher 6 ECTS / Option Speciality 1 - Choose 6 ECTS

Ecologia Industrial / Industrial ecology	AE	Semestral	168	TP-49	6	Opção Especialidade 1 - Escolher 6 ECTS / Option Speciality 1 - Choose 6 ECTS
Microfluídica e Nanofluidos / Microfluidics and Nanofluids	TTCE	Semestral	168	TP-42; PL-7	6	Opção Especialidade 1 - Escolher 6 ECTS / Option Speciality 1 - Choose 6 ECTS
Opção Livre ou Minor IST ou Espec Secundária/Free Option or Minor IST or Secondary Specialization	OL	Semestral	168	n.a.	6	Escolher 6 ECTS em UC do mapa opcionais/Choose 6 ECTS in UC from the optional map

(7 Items)

Mapa III - Área de Especialização em Energia - 1º Ano / 2º Semestre; 1st year / 2nd Semester

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

Área de Especialização em Energia

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

Specialization Area in Energy

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)
Combustão / Combustion	TTCE	Semestral	168	TP-42; PL-7	6	Área de formação principal / Main training area
Energias Renováveis / Renewable Energies	TTCE	Semestral	168	TP-42; PL-7	6	Área de formação principal / Main training area
Complementos de Transmissão de Calor / Advanced Heat Transfer	TTCE	Semestral	168	TP-42; PL-7	6	Opção Especialidade 2 - Escolher 6 ECTS / Option Specialty 2 - Choose 6 ECTS
Turbulência em Fluidos / Turbulence in Fluids	TTCE	Semestral	168	TP-42; PL-7	6	Opção Especialidade 2 - Escolher 6 ECTS / Option Specialty 2 - Choose 6 ECTS
Opção Livre ou Minor IST ou Espec Secundária/Free Option or Minor IST or Secondary Specialization	OL	Semestral	336	n.a.	12	Escolher 12 ECTS em UC do mapa opcionais/Choose 12 ECTS in UC from the optional map

(5 Items)

Mapa III - Área de Especialização em Energia - Opção Livre/Minor IST/Especialidade Secundária (Escolher 18 ECTS) - 1º Ano / 1º e 2º Semestre; 1st year / 1st and 2nd Semester

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

Área de Especialização em Energia - Opção Livre/Minor IST/Especialidade Secundária (Escolher 18 ECTS)

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

Specialization Area in Energy - Free Option/Minor IST/Secondary Speciality (Choose 18 ECTS)

4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:

1º Ano / 1º e 2º Semestre; 1st year / 1st and 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)
Projeto de Componentes Mecânicos/ Machine Components Design	PMME	Semestral	168	TP-49	6	Especialidade Secundária-Produção- Opção a)18ECTS/For Secondary Specialty-Production, Option a)18ECTS
Dinâmica de Sistemas Mecânicos / Dynamics of Mechanical Systems	MEC	Semestral	168	TP-42; PL-7	6	Especialidade Secundária-Produção- Opção a)18ECTS/For Secondary Specialty-Production, Option a)18ECTS
Gestão da Produção / Production Management	TMGI	Semestral	168	TP-49	6	Especialidade Secundária-Produção- Opção a)18ECTS/For Secondary Specialty-Production, Option a)18ECTS
Máquinas-Ferramenta e Comando Numérico / Machine Tools and Numerical Control	TMGI	Semestral	168	TP-35; PL-14	6	Especialidade Secundária-Produção- Opção a)18ECTS/For Secondary Specialty-Production, Option a)18ECTS
Sistemas Inteligentes / Intelligent Systems	CAII	Semestral	168	T-28; PL-21	6	Especialidade secundária-Sistemas- Opção b)18ECTS/For Secondary specialty - Systems - Option b)18ECTS
Robótica de Manipulação / Manipulater Robots	CAII	Semestral	168	TP-28; PL-21	6	Especialidade secundária-Sistemas- Opção b)18ECTS/For Secondary specialty - Systems - Option b)18ECTS
Controlo Integrado da Produção / Integrated Control of Production Systems	CAII	Semestral	168	T-28; PL-21	6	Especialidade secundária-Sistemas- Opção b)18ECTS/For Secondary specialty - Systems - Option b)18ECTS
Automação Avançada / Advanced Automation	CAII	Semestral	168	T-28; PL-21	6	Especialidade secundária-Sistemas- Opção b)18ECTS/For Secondary specialty - Systems - Option b)18ECTS
Optimização e decisão / Optimization & Decision	CAII	Semestral	168	T-28; PL-21	6	Especialidade secundária-Sistemas- Opção b)18ECTS/For Secondary specialty - Systems - Option b)18ECTS
Minor 1	OL	Semestral	168	n.a.	6	Para Minor IST - Opção c)escolher 18 ECTS / For Minor IST - Option c)choose 18 ECTS
Minor 2	OL	Semestral	168	n.a.	6	Para Minor IST - Opção c)escolher 18 ECTS / For Minor IST - Option c)choose 18 ECTS
Minor 3	OL	Semestral	168	n.a.	6	Para Minor IST - Opção c)escolher 18 ECTS / For Minor IST - Option c)choose 18 ECTS
Opção livre 1/Free Option 1	OL	Semestral	168	n.a.	6	Plano formação pessoal-Opção d)escolher 18ECTS / For Personal training plan - Option d)choose 18ECTS
Opção livre 2/Free Option 2	OL	Semestral	168	n.a.	6	Plano formação pessoal-Opção d)escolher 18ECTS / For Personal training plan - Option d)choose 18ECTS
Opção livre 3/Free Option 3	OL	Semestral	168	n.a.	6	Plano formação pessoal-Opção d)escolher 18ECTS / For Personal training plan - Option d)choose 18ECTS

(15 Items)**Mapa III - Área de Especialização em Energia - 2º Ano / 1º Semestre; 2nd Year / 1st Semester****4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):**

Área de Especialização em Energia**4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):
Specialization Area in Energy****4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:
2º Ano / 1º Semestre; 2nd Year / 1st Semester****4.3.3 Plano de Estudos / Study plan**

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Projeto Mecânico e Desenvolvimento de Produto / Product Development and Mechanical Design	PMME	Semestral	168	S-7; OT-42	6	Área de formação principal
Mecânica de Fluidos Computacional / Computational Fluid Mechanics	TTCE	Semestral	168	TP-49	6	Área de formação principal
Gestão de Sistemas de Energia / Energy Systems Management	AE	Semestral	168	TP-49	6	Área de formação principal
Energia em Edifícios e Climatização / Energy and Air-Conditioning in Buildings	TTCE	Semestral	168	TP-49	6	Opção Especialidade 3 - Escolher 6 ECTS / Option Specialty 3 - Choose 6 ECTS
Motores / Engines	TTCE	Semestral	168	TP-42; PL-7	6	Opção Especialidade 3 - Escolher 6 ECTS / Option Specialty 3 - Choose 6 ECTS
Tecnologias Energéticas Emergentes / Emerging Energy Technologies	TTCE	Semestral	168	TP-42	6	Opção Especialidade 3 - Escolher 6 ECTS / Option Specialty 3 - Choose 6 ECTS
Turbomáquinas / Turbomachinery	TTCE	Semestral	84	TP-17.5; PL-7	3	Opção Especialidade 4 - Escolher 3 ECTS / Option Specialty 4 - Choose 3 ECTS
Frio Industrial / Industrial Refrigeration	TTCE	Semestral	84	TP-24.5	3	Opção Especialidade 4 - Escolher 3 ECTS / Option Specialty 4 - Choose 3 ECTS
Métodos Experimentais para a Análise de Sistemas Energéticos / Experimental Measurements for the Analysis of Energy Systems	AE	Semestral	84	TP-10.5 PL-14	3	Opção Especialidade 4 - Escolher 3 ECTS / Option Specialty 4 - Choose 3 ECTS
Actividades Extracurriculares I / Extracurricular Activities I	OL	Semestral	84	n.a.	3	Opção Especialidade 4 - Escolher 3 ECTS / Option Specialty 4 - Choose 3 ECTS
Actividades Extracurriculares II / Extracurricular Activities II	OL	Semestral	84	n.a.	3	Opção Livre e)escolher 3ECTS / Free Option e) choose 3 ECTS
Opção Livre	OL	Semestral	84	n.a.	3	Opção Livre e)escolher 3ECTS / Free Option e) choose 3 ECTS

(12 Items)**Mapa III - Área de Especialização em Energia - 2º Ano / 2º Semestre; 2nd Year / 2nd Semester****4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):
Área de Especialização em Energia**

4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):
Specialization Area in Energy

4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:
2º Ano / 2º Semestre; 2nd Year / 2nd Semester

4.3.3 Plano de Estudos / Study plan

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica / Master Dissertation (1 Item)	DISS	Semestral	840	OT-28	30	

Mapa III - Área de Especialização em Produção - 1º Ano / 1º Semestre; 1st Year / 1st Semester

4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):
Área de Especialização em Produção

4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):
Specialization Area in Production

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)
Transmissão de Calor / Heat Transfer	TTCE	Semestral	168	T-28; PL-21	6	Área de formação principal / Main training area
Vibrações e Ruído / Vibrations and Noise	PMME	Semestral	168	T-28; PL-21	6	Área de formação principal / Main training area
Comportamento Mecânico dos Materiais / Mechanical Behavior of Materials	PMME	Semestral	168	TP-42; PL-7	6	Área de formação principal / Main training area
Tecnologia de Maquinagem / Metal Cutting Technology	TMGI	Semestral	168	TP-42; PL-7	6	Área de formação principal / Main training area
Opção Livre ou Minor IST ou Espec Secundária/Free Option or Minor IST or Secondary Specialization (5 Items)	OL	Semestral	168	n.a.	6	Escolher 6ECTS em UC do mapa opcionais/Choose 6ECTS in UC from the optional map

Mapa III - Área de Especialização em Produção - 1º Ano / 2º Semestre; 1st Year / 2nd Semester

4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):
Área de Especialização em Produção

4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):
Specialization Area in Production

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)
Dinâmica de Sistemas Mecânicos / Dynamics of Mechanical Systems	MEC	Semestral	168	TP-42; PL-7	6	Área de formação principal / Main training area
Projeto de Componentes Mecânicos / Machine Components Design	PMME	Semestral	168	TP-49	6	Área de formação principal / Main training area
Tecnologia de Enformação Plástica / Metal Forming Technology	TMGI	Semestral	168	TP-42; PL-7	6	Área de formação principal / Main training area
Máquinas-Ferramenta e Comando Numérico / Machine Tools and Numerical Control	TMGI	Semestral	168	TP-35; PL-14	6	Opção Especialidade 1 - Escolher 6 ECTS / Option Specialty 1 - Choose 6 ECTS
Estruturas Finas / Thin Structures	MEC	Semestral	168	TP-42	6	Opção Especialidade 1 - Escolher 6 ECTS / Option Specialty 1 - Choose 6 ECTS
Otimização em Sistemas de Engenharia Mecânica / Optimization in Mechanical Engineering Systems	MEC	Semestral	168	TP-49	6	Opção Especialidade 1 - Escolher 6 ECTS / Option Specialty 1 - Choose 6 ECTS
Opção Livre ou Minor IST ou Espec Secundária/Free Option or Minor IST or Secondary Specialization	OL	Semestral	168	n.a.	6	Escolher 6ECTS em UC do mapa opcionais/Choose 6ECTS in UC from the optional map

(7 Items)**Mapa III - Área de Especialização Produção - Opção Livre/Minor IST/Especialidade secundária (Escolher 18 ECTS) - 1º Ano / 1º e 2º Semestre e 2º Ano 1º Semestre; 1st Year / 1st and 2nd Sem and 2nd Year 1st Sem****4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):****Área de Especialização Produção - Opção Livre/Minor IST/Especialidade secundária (Escolher 18 ECTS)****4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):****Specialization Area in Production - Free Option/Minor IST/Secondary Speciality (Choose 18 ECTS)****4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:****1º Ano / 1º e 2º Semestre e 2º Ano 1º Semestre; 1st Year / 1st and 2nd Sem and 2nd Year 1st Sem****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)
Energia e Sustentabilidade/ Energy and Sustainability	AE	Semestral	168	TP-49	6	Especialidade secundária-Energia-Opção a)18ECTS / For Secondary specialty - Energy - Option a)18ECTS
Gestão de Sistemas de Energia / Energy Systems Management	AE	Semestral	168	TP-49	6	Especialidade secundária-Energia-Opção a)18ECTS / For Secondary specialty - Energy - Option a)18ECTS
Energias Renováveis / Renewable Energies	TTCE	Semestral	168	TP-42; PL-7	6	Especialidade secundária-Energia-Opção a)18ECTS / For Secondary specialty - Energy - Option a)18ECTS
Motores / Engines	TTCE	Semestral	168	TP-42; PL-7	6	Especialidade secundária-Energia-Opção a)18ECTS / For Secondary specialty - Energy - Option a)18ECTS

Automação Avançada / Advanced Automation	CAII	Semestral	168	T-28; PL-21	6	Especialidade secundária-Sistemas- Opção b)18ECTS/For Secondary specialty - Systems - Option b)18ECTS
Optimização e decisão / Optimization & Decision	CAII	Semestral	168	T-28; PL-21	6	Especialidade secundária-Sistemas- Opção b)18ECTS/For Secondary specialty - Systems - Option b)18ECTS
Sistemas Inteligentes / Intelligent Systems	CAII	Semestral	168	T-28; PL-21	6	Especialidade secundária-Sistemas- Opção b)18ECTS/For Secondary specialty - Systems - Option b)18ECTS
Robótica de Manipulação / Manipulater Robots	CAII	Semestral	168	T-28; PL-21	6	Especialidade secundária-Sistemas- Opção b)18ECTS/For Secondary specialty - Systems - Option b)18ECTS
Controlo Integrado da Produção / Integrated Control of Production Systems	CAII	Semestral	168	T-28; PL-21	6	Especialidade secundária-Sistemas- Opção b)18ECTS/For Secondary specialty - Systems - Option b)18ECTS
Minor 1	OL	Semestral	168	n.a.	6	Para Minor IST - Opção c)18ECTS / For Minor IST - Option c)18eCTS
Minor 2	OL	Semestral	168	n.a.	6	Para Minor IST - Opção c)18ECTS / For Minor IST - Option c)18eCTS
Minor 3	OL	Semestral	168	n.a.	6	Para Minor IST - Opção c)18ECTS / For Minor IST - Option c)18eCTS
Opção livre 1/Free Option 1	OL	Semestral	168	n.a.	6	Para Plano formação pessoal - Opção d)18ECTS / For Personal training plan - Option d)18ECTS
Opção livre 2/Free Option 2	OL	Semestral	168	n.a.	6	Para Plano formação pessoal - Opção d)18ECTS / For Personal training plan - Option d)18ECTS
Opção livre 3/Free Option 3	OL	Semestral	168	n.a.	6	Para Plano formação pessoal - Opção d)18ECTS / For Personal training plan - Option d)18ECTS

(15 Items)**Mapa III - Área de Especialização em Produção - 2º Ano / 1º Semestre; 2nd Year / 1st Semester****4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):****Área de Especialização em Produção****4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):****Specialization Area in Production****4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:****2º Ano / 1º Semestre; 2nd Year / 1st Semester****4.3.3 Plano de Estudos / Study plan**

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Projeto Mecânico e Desenvolvimento de Produto / Product Development and Mechanical Design	PMME	Semestral	168	S-7; OT-42	6	Área de formação principal / Main training area
Gestão da Produção / Production Management	TMGI	Semestral	168	TP-49	6	Área de formação principal / Main training area
Micro e Nano Mecânica / Micro and Nano Mechanics	MEC	Semestral	84	TP-21	3	Opção Especialidade 2 - Escolher 3 ECTS / Option Specialty 2 - Choose 3 ECTS

Tribologia / Tribology	PMME	Semestral	84	TP-24.5	3	Opção Especialidade 2 - Escolher 3 ECTS / Option Specialty 2 - Choose 3 ECTS
Metrologia e Normalização / Metrology and Standardization	TMGI	Semestral	84	TP-14; PL-7	3	Opção Especialidade 2 - Escolher 3 ECTS / Option Specialty 2 - Choose 3 ECTS
Manutenção, Qualidade e Segurança / Maintenance, Quality and Safety	PMME	Semestral	84	TP-24,5	3	Opção Especialidade 2 - Escolher 3 ECTS / Option Specialty 2 - Choose 3 ECTS
Actividades Extracurriculares I / Extracurricular Activities I	OL	Semestral	84	n.a.	3	Opção Especialidade 2 - Escolher 3 ECTS / Option Specialty 2 - Choose 3 ECTS
Tecnologias Aditivas e Não Convencionais / Additive Manufacturing and Non-Conventional Technologies	TMGI	Semestral	168	TP-42 PL-7	6	Opção Especialidade 3 - Escolher 6 ECTS / Option Specialty 3 - Choose 6 ECTS
Materiais Compósitos Laminados / Laminated Composite Materials	PMME	Semestral	168	TP-49	6	Opção Especialidade 3 - Escolher 6 ECTS / Option Specialty 3 - Choose 6 ECTS
Tecnologia de Polímeros / Polymer Processing	TMGI	Semestral	168	TP-49	6	Opção Especialidade 3 - Escolher 6 ECTS / Option Specialty 3 - Choose 6 ECTS
Actividades Extracurriculares II / Extracurricular Activities II	OL	Semestral	84	n.a.	3	Opção Livre e) escolher 3ECTS/ Free Option e)choose 3ECTS
Opção Livre / Free Option	OL	Semestral	84	n.a.	3	Opção Livre e) escolher 3ECTS/ Free Option e)choose 3ECTS
Opção Livre ou Minor IST ou Espec Secundária/Free Option or Minor IST or Secondary Specialization	OL	Semestral	168	n.a.	6	Escolher 6ECTS em UC do mapa opcionais/Choose 6ECTS in UC from the optional map

(13 Items)

Mapa III - Área de Especialização em Produção - 2º Ano / 2º Semestra; 2nd Year / 2nd Semester

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

Área de Especialização em Produção

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

Specialization Area in Production

4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:

2º Ano / 2º Semestra; 2nd Year / 2nd Semester

4.3.3 Plano de Estudos / Study plan

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica / Master Dissertation	DISS	Semestral	840	OT-28	30	

(1 Item)

Mapa III - Área de Especialização em Sistemas - 1º Ano / 1º Semestre; 1st Year / 1st Semester

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

Área de Especialização em Sistemas

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

Specialization Area in Systems

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)
Transmissão de Calor / Heat Transfer	TTCE	Semestral	168	T-28; PL-21	6	Área de formação principal / Main training area
Vibrações e Ruído / Vibrations and Noise	PMME	Semestral	168	T-28; PL-21	6	Área de formação principal / Main training area
Identificação de Sistemas / Systems Identification	CAII	Semestral	168	TP-42; PL-7	6	Área de formação principal / Main training area
Automação Avançada / Advanced Automation	CAII	Semestral	168	T-28; PL-21	6	Área de formação principal / Main training area
Opção Livre ou Minor IST ou Espec Secundária/Free Option or Minor IST or Secondary Specialization	OL	Semestral	168	n.a.	6	Escolher 6ECTS em UC do mapa opcionais/Choose 6ECTS in UC from the optional map

(5 Items)

Mapa III - Área de Especialização em Sistemas - 1º Ano / 2º Semestre; 1st Year / 2nd Semester**4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):****Área de Especialização em Sistemas****4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):****Specialization Area in Systems****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)
Dinâmica de Sistemas Mecânicos / Dynamics of Mechanical Systems	MEC	Semestral	168	TP-42; PL-7	6	Área de formação principal / Main training area
Controlo Ótimo / Optimal control	CAII	Semestral	168	TP-42; PL-7	6	Área de formação principal / Main training area
Robótica de Manipulação / Manipulator Robots	CAII	Semestral	168	TP-28; PL-21	6	Área de formação principal / Main training area
Visão Computacional / Computational Vision	CAII	Semestral	168	TP-28; PL-21	6	Opção Especialidade 1 - Escolher 6 ECTS / Option Specialty 1 - Choose 6 ECTS
Optimização e decisão / Optimization & Decision	CAII	Semestral	168	TP-28; PL-21	6	Opção Especialidade 1 - Escolher 6 ECTS / Option Specialty 1 - Choose 6 ECTS
Otimização em Sistemas de Engenharia Mecânica / Optimization of Mechanical Engineering Systems	MEC	Semestral	168	TP-49	6	Opção Especialidade 1 - Escolher 6 ECTS / Option Specialty 1 - Choose 6 ECTS
Opção Livre ou Minor IST ou Espec Secundária/Free Option or Minor IST or Secondary Specialization	OL	Semestral	168	n.a.	6	Escolher 6ECTS em UC do mapa opcionais/Choose 6ECTS in UC from the optional map

(7 Items)

Mapa III - Área de Especialização em Sistemas - Opção Livre/Minor IST/Especialidade secundária (Escolher 18 ECTS) - 1º Ano / 1º e 2º Sem., 2º Ano / 1º Sem.; 1st Year / 1st and 2nd Sem., 2nd Year / 1st Sem.

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

Área de Especialização em Sistemas - Opção Livre/Minor IST/Especialidade secundária (Escolher 18 ECTS)

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

Specialization Area in Systems - Free Option/Minor IST/Secondary Speciality (Choose 18 ECTS)

4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:

1º Ano / 1º e 2º Sem., 2º Ano / 1º Sem.; 1st Year / 1st and 2nd Sem., 2nd Year / 1st Sem.

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)
Energia e Sustentabilidade / Energy and Sustainability	AE	Semestral	168	TP-49	6	Especialidade secundária-Energia- Opção a)18ECTS / For Secondary specialty - Energy - Option a)18ECTS
Gestão de Sistemas de Energia / Energy Systems Management	AE	Semestral	168	TP-49	6	Especialidade secundária-Energia- Opção a)18ECTS / For Secondary specialty - Energy - Option a)18ECTS
Energias Renováveis / Renewable Energies	TTCE	Semestral	168	TP-42; PL-7	6	Especialidade secundária-Energia- Opção a)18ECTS / For Secondary specialty - Energy - Option a)18ECTS
Motores / Engines	TTCE	Semestral	168	TP-42; PL-7	6	Especialidade secundária-Energia- Opção a)18ECTS / For Secondary specialty - Energy - Option a)18ECTS
Projeto de Componentes Mecânicos / Machine Components Design	PMME	Semestral	168	TP-49	6	Especialidade secundária-Produção, Opção b)18ECTS/For Secondary specialty-rodution, Option b)18ECTS
Gestão da Produção / Production Management	TMGI	Semestral	168	TP-49	6	Especialidade secundária-Produção, Opção b)18ECTS/For Secondary specialty-rodution, Option b)18ECTS
Máquinas-Ferramenta e Comando Numérico / Machine Tools and Numerical Control	TMGI	Semestral	168	TP-35; PL-14	6	Especialidade secundária-Produção, Opção b)18ECTS/For Secondary specialty-rodution, Option b)18ECTS
Tribologia / Tribology	PMME	Semestral	84	TP-24,5	3	Especialidade secundária-Produção, Opção b)18ECTS/For Secondary specialty-rodution, Option b)18ECTS
Metrologia e Normalização / Metrology and Standardization	TMGI	Semestral	84	TP-14; PL-7	3	Especialidade secundária-Produção, Opção b)18ECTS/For Secondary specialty-rodution, Option b)18ECTS
Manutenção, Qualidade e Segurança / Maintenance, Quality and Safety	PMME	Semestral	84	TP-24,5	3	Especialidade secundária-Produção, Opção b)18ECTS/For Secondary specialty-rodution, Option b)18ECTS
Minor 1	OL	Semestral	168	n.a.	6	Para Minor IST - Opção c)18ECTS / For Minor IST - Option c)18ECTS
Minor 2	OL	Semestral	168	n.a.	6	Para Minor IST - Opção c)18ECTS / For Minor IST - Option c)18ECTS
Minor 3	OL	Semestral	168	n.a.	6	Para Minor IST - Opção c)18ECTS / For Minor IST - Option c)18ECTS

Opção Livre 1 / Free Option 1	OL	Semestral	168	n.a.	6	Plano formação pessoal - Opção d)18ECTS / For Personal training plan - Option d)18ECTS
Opção Livre 2 / Free Option 2	OL	Semestral	168	n.a.	6	Plano formação pessoal - Opção d)18ECTS / For Personal training plan - Option d)18ECTS
Opção Livre 3/ Free Option 3	OL	Semestral	168	n.a.	6	Plano formação pessoal - Opção d)18ECTS / For Personal training plan - Option d)18ECTS

(16 Items)**Mapa III - Área de Especialização em Sistemas - 2º Ano / 1º Semestre; 2nd Year / 1st Semester****4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):****Área de Especialização em Sistemas****4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):****Specialization Area in Systems****4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:****2º Ano / 1º Semestre; 2nd Year / 1st Semester****4.3.3 Plano de Estudos / Study plan**

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Projeto Mecânico e Desenvolvimento de Produto / Product Development and Mechanical Design	PMME	Semestral	168	S-7; OT-42	6	Área de formação principal / Main training area
Projeto de Sistemas Mecatrónicos / Design of Mechatronic Systems	CAII	Semestral	168	OT14	6	Área de formação principal / Main training area
Robótica Móvel Avançada / Advanced Mobile Robotics	CAII	Semestral	168	T-28; PL-21	6	Opção Especialidade 2 - Escolher 6 ECTS / Option Specialty 2 - Choose 6 ECTS
Sistemas Inteligentes / Intelligent Systems	CAII	Semestral	168	T-28; PL-21	6	Opção Especialidade 2 - Escolher 6 ECTS / Option Specialty 2 - Choose 6 ECTS
Controlo Integrado da Produção / Integrated Control of Production Systems	CAII	Semestral	168	T-28; PL-21	6	Opção Especialidade 2 - Escolher 6 ECTS / Option Specialty 2 - Choose 6 ECTS
Motores / Engines	TTCE	Semestral	168	TP-42; PL-7	6	Opção Especialidade 2 - Escolher 6 ECTS / Option Specialty 2 - Choose 6 ECTS
Controlo Não Linear / Nonlinear Control	CAII	Semestral	84	TP-24,5	3	Opção Especialidade 3 - Escolher 3 ECTS / Option Specialty 3 - Choose 3 ECTS
Actividades Extracurriculares I / Extracurricular Activities I	OL	Semestral	84	n.a.	3	Opção Especialidade 3 - Escolher 3 ECTS / Option Specialty 3 - Choose 3 ECTS
Actividades Extracurriculares II / Extracurricular Activities II	OL	Semestral	84	n.a.	3	Opção Livre e)escolher 3ECTS / Free Option e)choose 3ECTS
Opção Livre / Free Option	OL	Semestral	84	n.a.	3	Opção Livre e)escolher 3ECTS / Free Option e)choose 3ECTS
Opção Livre ou Minor IST ou Espec Secundária/Free Option or Minor IST or Secondary Specialization	OL	Semestral	168	n.a.	6	Escolher 6ECTS em UC do mapa opcionais/Choose 6ECTS in UC from the optional map

(11 Items)

Mapa III - Área de Especialização em Sistemas - 2º Ano / 2º Semestre; 2nd Year / 2nd Semester**4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):***Área de Especialização em Sistemas***4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):***Specialization Area in Systems***4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:***2º Ano / 2º Semestre; 2nd Year / 2nd Semester***4.3.3 Plano de Estudos / Study plan**

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica / Master Dissertation (1 Item)	DISS	Semestral	840	OT-28	30	

4.4. Unidades Curriculares**Mapa IV - Controlo Integrado da Produção****4.4.1.1. Designação da unidade curricular:***Controlo Integrado da Produção***4.4.1.1. Title of curricular unit:***Integrated Control of Production Systems***4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:***CAII***4.4.1.3. Duração:***Semestral***4.4.1.4. Horas de trabalho:***168.0***4.4.1.5. Horas de contacto:***49.0***4.4.1.6. ECTS:***6.0***4.4.1.7. Observações:***<sem resposta>***4.4.1.7. Observations:***<no answer>***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***João Miguel da Costa Sousa, 49h***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:**

<sem resposta>

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

Esta unidade curricular introduz os conceitos fundamentais relacionados com os sistemas de produção, através de uma combinação teórica e laboratorial. Aplica os conceitos teóricos fornecidos a uma Célula Flexível de Produção laboratorial. Pretende-se assim estudar métodos de modelação e análise de sistemas de produção, técnicas de simulação para este tipo de sistemas e metodologias de planeamento de tarefas (operações), bem como de alocação de recursos e tarefas.

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

This course introduces the fundamental concepts of manufacturing systems through a combination of theoretical and laboratorial work, by applying the theoretical concepts to a Flexible Manufacturing Cell. The course will give a good theoretical and experimental background on modeling, analysis, design, control, simulation, and planning of resource and task allocation in production systems (manufacturing and services).

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Introdução a modelos de manufactura e serviços. Definição de controlo integrado da produção. Sistemas de manufactura. Trabalhos, máquinas e recursos. Modelos de sistemas na área dos serviços. Actividades e recursos em serviços. Planeamento e escalonamento em sistemas de manufactura. Escalonamento de máquinas e job shop. Máquina única e máquinas paralelas. Shifting bottleneck para job shop. Escalonamento de sistemas de montagem flexíveis. Sequenciação de sistemas de montagem flow shop e com estações de trabalho. Flexible flow shop. Escalonamento por lotes. Planeamento e escalonamento em cadeias de abastecimento. Planeamento e escalonamento na área dos serviços. Escalonamento por intervalos, reservas e escalonamento temporal. Escalonamento temporal em desportos e lazer. Planeamento, escalonamento e horários em transportes. Simulação por eventos discretos e por multi-agentes. Implementação de sistemas de produção utilizando simulação. Software para gerar planeamento e escalonamento.

4.4.5. Syllabus:

Introduction to manufacturing and service models. Definition of integrated control of production systems. Manufacturing models. Jobs, machines and resources. Service models. Activities and resources in service settings. Project planning and scheduling. Machine scheduling and job shop scheduling. Single machine and parallel machine models. Job shop and mathematical programming. Shifting bottleneck heuristic. Scheduling of flexible assembling machines. Flow shop problems. Flow shop with working stations. Flexible flow shop. Economic lot scheduling. Planning and scheduling in supply chains. Planning and scheduling in services. Interval scheduling, reservations and timetabling. Planning and scheduling in sports and entertainment. Timetabling in transportation. Simulation. Discrete-event simulation and simulation using multi-agents. Workforce scheduling. Systems design and implementation using simulation software. System architectures. Software for planning and scheduling.

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 (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%) e projecto (50%). Nota mínima 9,5.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Exam (50%) and project (50%). Minimum grade in both: 9,5.

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:

"Scheduling: Theory, Algorithms, and Systems", Pinedo, Michael L., 2016, Springer; Notas de apoio à unidade curricular: Controlo Integrado da Produção , JMC Sousa, 2020, IST; "Planning and Scheduling in Manufacturing and Services", Pinedo, Michael L, 2009, Springer, 2009.; "Automation, Production Systems and Computer Integrated Manufacturing", M. P. Groover, 2015, Pearson Education

Mapa IV - Gestão da Produção

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Gestão da Produção

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Production Management

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

TMGI

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168.0

4.4.1.5. Horas de contacto:

49.0

4.4.1.6. ECTS:

6.0

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

Paulo Miguel Nogueira Peças, 98h

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):

Permitir aos estudantes de engenharia a aquisição de conhecimentos na área da função produção/operações e desenvolver competências de gestão operacional. Em concreto:

- Compreender as dinâmicas de competitividade associadas com os sistemas de produção atuais e futuros (da produção em massa à individualização em massa da Indústria 4.0)*
- Ter capacidade para conceber, modelar e analisar sistemas de produção, e avaliar o seu desempenho, tendo por base o pensamento Lean e a filosofia de Melhoria Contínua*
- Ter capacidade para definir procedimentos operacionais que asseguram eficiência e eficácias elevadas, promovendo os zero defeitos e a contínua eliminação de desperdícios*
- Gerir e resolver problemas de planeamento, escalonamento e controlo da produção, tendo em consideração a eficiência de recursos, o prazo de entrega e o lead time, e o envolvimento/crescimento das pessoas (boas práticas de liderança))*

- 4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):**
To present an overview of the production/operations function, that will allow students to acquire knowledge associated to the management of current manufacturing systems. Particularly:
- *To understand the competitive dynamics associated to current and future manufacturing.*
 - *To be able to design, model and analyse production systems, and assess its performance, based on Link Thinking and Continuous Improvement philosophy.*
 - *To be able to define operational procedure fostering high efficiency and effectiveness standards, promoting zero defects and the continuous elimination of defects.*
 - *To manage and solve planning, production scheduling and control problems, including resources efficiency, delivery time and lead time, and also assertive leadership practices.)*
- 4.4.5. Conteúdos programáticos:**
1. *Evolução dos sistemas de produção (da 1ª à 4ª Revolução Industrial).*
 2. *Factores de competitividade: custo, tempo, qualidade, inovação, flexibilidade, ambiente.*
 3. *Pensamento e Produção Lean: Princípios e Pilares, os 3M e Fluxo de valor, a Melhoria Contínua (ciclo de Deming-PDCA), as ferramentas Lean (SMED, Kanban, etc.), A3 Problem-Solving e 6 Sigma.*
 4. *Engenharia dos métodos: Métodos e Tempos, Indicadores de desempenho (KPI), Gestão Visual.*
 5. *Engenharia de Produção: Tipos de planeamento e controlo da produção (sistema push e sistema pull), escalonamento, a produção just-in-time, a produção sincronizada, Produção em linha e célula, o nivelamento da produção (Heijunka), sistemas homem-máquina, curvas de experiência.*
- 4.4.5. Syllabus:**
1. *Production Systems evolution (from the 1st to the 4th Industrial revolutions).*
 2. *Competitiveness factors: Cost, Time, Quality, Innovation, Flexibility and Environment.*
 3. *Lean Thinking and Manufacturing: Principles and Pilars, 3Ms, Value Stream, Continuous Improvement (PDCA), Lean Tools (SMED, Kanban, etc.), A3 Problem-Solving and 6 Sigma.*
 4. *Methods Engineering: methods*, Key Process Indicators, Visual Management.*
 5. *Production systems design: Types of production planning and control (pull and push systems), scheduling, just-in-time, synchronized production, line and cell production, production levelling (Heidjunka), machine-operator models and learning curves.*
- 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):**
Realização de trabalho de grupo em empresa industrial, aplicando a metodologia A3 Problem-Solving num problema sugerido pela empresa (40%). Exame final escrito obrigatório (60%) baseado na resolução de problemas.
- 4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):**
Group work in industrial environment, with the application of A3 Problem-Solving method in a problem proposed by the company (40%). Final written exam (60%).
- 4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**
A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos 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:**
"Gestão de Operações", Henriques E., Peças P., 2003, AEIST.; "Production and Operations Management ", Richard B. Chase, Nicholas J. Aquilano, F. Robert Jacobs, 1998, 8th edition, Irwin Publishers.; "Methods, standards, and work

design", Niebel & Freivalds, 1999, WCB/McGraw-Hill; "Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation", Womack & Jones, 2003, Free Press.

Mapa IV - Identificação de Sistemas

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Identificação de Sistemas

4.4.1.1. Title of curricular unit:

System Identification

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

CAII

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168.0

4.4.1.5. Horas de contacto:

49.0

4.4.1.6. ECTS:

6.0

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

ist14135, Jorge Manuel Mateus Martins, 49h

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

<sem resposta>

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

O aluno será exposto a exemplos reais de sistemas de controlo em engenharia considerando variação no tempo dos parâmetros, ruído e incerteza. O aluno adquirirá competências de modelação e identificação de processos determinísticos e estocásticos, contínuos e discretos no tempo, em que esses aspetos são relevantes. São utilizadas ferramentas no ambiente MATLAB/Simulink, sendo realizado um trabalho experimental.

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

The student will be exposed, through examples of control systems in engineering, to the technical limitations of modeling and control versed so far in their studies, which does not include time varying parameters, noise and uncertainty, and acquire complementary skills on modeling and identification of deterministic and stochastic systems, in continuous and discrete time domain. All these studies will use MATLAB / Simulink tools and laboratory experiments.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Análise de sistemas de controlo em engenharia: ruído e incerteza; limitações e degradação de desempenho; modelos contínuos e discretos variantes no tempo; a necessidade de identificar. Modelação e identificação de sistemas determinísticos: incerteza no modelo; identificação nos domínios do tempo (método da desconvolução) e da frequência (método de Bode e de Levy); identificação em anel fechado. Sinais estocásticos: caracterização de ruído e de sinais estocásticos no domínio do tempo (método da correlação) e da frequência; estacionaridade e ergodicidade;

funções de correlação e de covariância; espectro; estimação. Modelação e identificação de sistemas estocásticos: modelação e análise; filtragem, simulação e predição; identificação no domínio do tempo (modelos ARMAX, BJ) e da frequência; estimação por mínimos quadrados e mínimos quadrados recursivos; identificação em anel fechado; controlo de variância mínima.

4.4.5. Syllabus:

Analysis of control systems in engineering: noise and uncertainty, limitations and performance degradation; time varying continuous and discrete models, necessity to identify. Modelling and identification of deterministic systems: model uncertainty, identification in time (deconvolution method) and frequency domains (Bode and Levy methods), identification in closed loop. Stochastic signals: characterization of noise and stochastic signals in time (correlation method) and frequency domains, stationarity and ergodicity of stochastic processes, correlation functions and covariance, spectrum, estimation. Modeling and identification of stochastic systems: modeling and analysis, filtering, simulation and prediction, identification in the time (ARMAX and BJ models) and frequency domains, least squares and recursive least squares estimation; closed-loop identification; minimum variance control.

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 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 (Trabalho Laboratorial e testes) compatível com a redução significativa do peso de avaliação por exames. Avaliação por Exame ou dois testes de duração 1 hora com hipótese de repetição de um dos testes na época de exame (50%). Projecto de Laboratório com dois relatórios entregues (50%). Nota mínima: 9.5 valores (em 20) em cada componente (exame, cada teste e cada relatório de projeto).

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The teaching methodologies aim at promoting learning based on problem solution and projects, strengthening the practical component, active learning, autonomous work and student responsibility. The evaluation method incorporates elements of continuous evaluation in active learning (laboratory project and two tests) compatible with a significant reduction of the weight of the exam. Evaluation by Exam or two tests of duration 1 hour with the possibility to repeat one of the tests in the exam period (50%). Laboratory Project with the delivery of two reports (50%). Minimum mark: 9.5 (out of 20) in each component (exam, each test and each project report).

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:

"System Identification: theory for the user", L. Ljung, 1999, Prentice-Hall; "Random Data: Analysis and Measurement Procedures", J. S. Bendat and A. G. Piersol, 2010, Wiley.; "Time Series Analysis: Forecasting and Control", G. E. Box, G. M. Jenkins and G. C. Reinsel, 2008, Wiley.

Mapa IV - Robótica de Manipulação

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Robótica de Manipulação

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Manipulater Robots

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

CAII

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168.0

4.4.1.5. Horas de contacto:

49.0

4.4.1.6. ECTS:

6.0

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

ist14135, Jorge Manuel Mateus Martins, 49h

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

<sem resposta>

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

O objetivo desta unidade curricular é dotar o estudante com os conceitos fundamentais associados ao projeto de robôs manipuladores, nomeadamente o planeamento de trajetórias e o controlo de posição e força de robôs manipuladores. A formação teórica do aluno é complementada com a operação de robôs manipuladores em laboratório e ao desenvolvimento de problemas aplicados a várias áreas no domínio da engenharia mecânica e através da realização de um projeto experimental.

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

The purpose of this course is to provide the student with the fundamental concepts associated with the design of robot manipulators, namely the planning of trajectories and the control of position and force of robot manipulators. The theoretical training of the student is complemented by the operation of robot manipulators in the laboratory and the development of problems applied to various areas in the field of mechanical engineering and through the realization of an experimental project.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Introdução: estruturas de manipuladores, robôs industriais de campo e de serviços. Revisão de conceitos: cinemática de manipuladores (posição e orientação de corpos rígidos, cadeia cinemática aberta e fechada, cinemática direta, espaço de juntas e de trabalho), calibração cinemática, cinemática inversa; centro remoto de rotação; cinemática diferencial e estática (Jacobiano geométrico e analítico, redundância, singularidades, cinemática diferencial inversa, estática) dualidade cineto- estática, elipsóides de manipulabilidade. Planeamento de trajetórias: caminhos e trajetórias, trajetórias no espaço de juntas e no espaço operacional. Atuadores e sensores: atuadores de junta, servomotores, sensores internos e externos. Arquitectura de controlo. Dinâmica de manipuladores: escalonamento dinâmico de trajetórias, dinâmica no espaço operacional, elipsóide de manipulabilidade. Controlo de movimento e de interação. Aplicações e desafios atuais.

4.4.5. Syllabus:

Introduction: structures of manipulators, industrial, field and service robots; Revisions of concepts: manipulator kinematics (rigid body position and orientation, open and closed kinematic chain, direct kinematics, joint and work space), kinematic calibration, inverse kinematics; remote center of rotation; differential and static kinematics (geometric and analytical Jacobian, redundancy, singularities, inverse differential kinematics, static) kinetico-static duality, manipulability ellipsoids; Trajectory planning: paths and trajectories, trajectories in the joint space, trajectories in the operational space; Actuators and sensors: joint actuators, servomotors, internal and external sensors; Control architecture; Manipulator dynamics: dynamic trajectory scaling, dynamic working space model, dynamic manipulability ellipsoid; Motion control; Interaction Control; Industrial applications and current challenges.

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 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 (Trabalho Laboratorial) compatível com a redução significativa do peso de avaliação por exames. Avaliação por Exame Final (50%) e avaliação contínua por Trabalho Laboratorial com entrega de dois relatórios (50%). Nota mínima de 9.5 valores (em 20) em cada componente.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):
Evaluation by final exam (50%) and continuous evaluation through a Laboratory Project with the delivery of two reports (50%). Minimum mark of 9.5 (out of 20) in each component.

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

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

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:
"Robotics - Modelling, Planning and Control", B. Siciliano, L. Sciavicco, L. Villani and G. Oriolo, 2009, Springer Verlag; "Introduction to Robotics: Mechanics and Control", John Craig, 2018, Peason. ; "Robot Modeling and Control", M. Spong, S. Hutchinson and M. Vidyasagar, 2005, Wiley. ; "Modeling, Identification and Control of Robots", W. Khalil and E. Dombre, 2004, Kogan Page Science.; "Medical Robotics", Achim Schweikard and Floris Ernst, 2015, Springer International Publishing.

Mapa IV - Turbulência em Fluidos

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:
Turbulência em Fluidos

4.4.1.1. Title of curricular unit:
Turbulence in Fluids

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

4.4.1.3. Duração:**Semestral****4.4.1.4. Horas de trabalho:****168.0****4.4.1.5. Horas de contacto:****49.0****4.4.1.6. ECTS:****6.0****4.4.1.7. Observações:****<sem resposta>****4.4.1.7. Observations:****<no answer>****4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):****ist30274, Carlos Frederico Neves Bettencourt da Silva, 49h****4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:****<sem resposta>****4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

Introduzir a teoria e as aplicações de escoamentos turbulentos em engenharia, e dar conhecimentos que permitem i) identificar os principais fenómenos e consequências da turbulência em sistemas e equipamentos industriais, ii) estimar e calcular quantidades de interesse resultantes da turbulência, e os seus efeitos em sistemas e equipamentos industriais, iii) escolher as melhores abordagens para modelar e simular escoamentos turbulentos em aplicações de engenharia.

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

Introduce the theory and engineering applications of turbulent flows, and to provide knowledge that allows i) the identification of the main consequences of turbulent motion in industrial and engineering systems, ii) the estimation and computation of quantities of interest arising from the turbulence dynamics and, iii) to choose the best modelling and simulation approaches for particular engineering applications.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Equações de Navier-Stokes, aproximação de Boussinesq, taxa de dissipação de energia, teoremas Helmholtz e Kelvin; Instabilidades de Kelvin-Helmholtz e de Tollmien-Schlichting, sistemas dinâmicos e caos, equações de Lorenz; cascata de energia de Richardson-Kolmogorov, escalas da turbulência, lei da taxa de dissipação; Equações de Reynolds e tensões de Reynolds, problema de fecho, viscosidade turbulenta; Simulação numérica direta e das grandes escalas, modelos de fecho em um ponto, métodos de medição num ponto; Escoamentos parietais, Balanço da energia cinética, camada limite convectiva, soluções clássicas para camadas de corte livres turbulentas; Modelo de $k-\epsilon$, modelos de fecho de segunda ordem, limitações dos modelos de fecho num ponto; Equações de Navier-Stokes filtradas, modelo de Smagorinsky; Equação de Kármán-Howarth, teoria clássica da turbulência, lei de Obukhov; Lei de Richardson, transporte inercial, equação de difusão, difusividade turbulenta.

4.4.5. Syllabus:

Navier-Stokes equations, Boussinesq approximation, dissipation rate, theorems of Helmholtz and Kelvin; Kelvin-Helmholtz and Tollmien-Schlichting instabilities, dynamic systems and chaos, Lorenz equations; The energy cascade of Richardson-Kolmogorov, the scales of turbulence, the dissipation law; Reynolds equations and Reynolds stresses, closure problem, turbulent viscosity; Direct and large-eddy simulations, one point closures, measurement of turbulent flows; Wall flows, kinetic energy budget, convective boundary layer, classical solutions for free shear flows; $k-\epsilon$ model, second order models, limitations of one point closures; Filtered Navier-Stokes equations, Smagorinsky model; Kármán-Howarth equation, the classical theory of turbulence, Obukhov's law; Richardson's law, inertial transport, Diffusion equation, turbulent diffusivity.

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

Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 6.2.1.4, qualquer especialista na matéria poderá

constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 6.2.1.5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.

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

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

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Trabalho Computacional (25%), trabalho experimental (25%), exame final (50%).

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):

Computational work (25%), experimental work (25%), exam (50%).

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

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

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

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

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

"Turbulence: Introduction to Theory and Applications of Turbulent Flows", Frans T. M. Nieuwstadt, Bendiks J. Boersma e Jerry Westerweel, 2016, Springer; "Turbulence", Geneviève Comte-Bellot, Christophe Bailly, 2015, Springer

Mapa IV - Microfluídica e Nanofluidos

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Microfluídica e Nanofluidos

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Microfluidics and Nanofluids

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

TTCE

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168.0

4.4.1.5. Horas de contacto:

49.0

4.4.1.6. ECTS:

6.0

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

Viriato Sérgio de Almeida Semião, 36h

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

ist428175, Sohel Murshed, 12h

ist151143, Gonçalo Nuno Guerreiro de Jesus Silva, 8h

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

Pretende-se familiarizar o aluno com a descrição do transporte de massa, quantidade de movimento e energia a múltiplas escalas, da micro à nanoescala, e com a compreensão das diferenças entre transporte de líquidos e gases à nanoescala, microescala e macroescala através de soluções particulares. Em simultâneo, pretende-se que o aluno retenha a evidência da falha da hipótese do contínuo a escalas muito pequenas e fique familiarizado com os modelos atomísticos requeridos para interações moleculares. Os alunos devem ainda ficar familiarizados com as soluções de projecto para as inerentes dificuldades dos processos de difusão, mistura e separação a pequenas escalas. Pretende-se ainda que os alunos se familiarizem com o projecto e técnicas de fabrico de micro-total analysis systems (μ TAS) e lab-on-a-chip (LOC), manipulação de fluidos incluindo nanofluids e potenciais aplicações de microfluidica e nanofluidica ao projecto de órgãos artificiais e melhoria de administração de drogas.

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

To familiarize the student with the description of transport of mass, momentum and energy at multiple scales, from micro to nanoscale, and the understanding of the differences between liquid and gaseous transport at nanoscale, microscale and macroscale by obtaining particular solutions. It is simultaneously intended that student retains the evidence of the breakdown of the continuum approach at very small scales and gets familiarized with required atomistic models for molecular interactions. Moreover, students must be familiarized with the design solutions for the inherent difficulties related to diffusion, mixing and separation processes at small scales. It is also intended to familiarize the students with the design and fabrication techniques of micro-total analysis systems (μ TAS) and lab-on-a-chip (LOC), fluid manipulation including nanofluids and potential applications of microfluidics and nanofluidics to artificial organs design and drug delivery improvement.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Micro e nanofluidica: fronteira da física, engenharia e biologia.

O contínuo e leis de escala. Rarefacção: falha do contínuo. Teoria cinética de gases, livre percurso médio, interação molecular, coeficientes de acomodação e modelos de colisão. Equação de Boltzmann, número de Knudsen e regimes de escoamento.

Microfluidica. Equações de transporte, números adimensionais, soluções particulares. Mistura e separação.

Fenómenos específicos da microescala. Transferência de calor. Correlações para convecção em líquidos. Convecção em gases, camada de Knudsen, escorregamento e salto de temperatura, modelos. Escoamentos de biofluidos e aplicação a órgãos artificiais. Plataformas microfluidicas, microfabrico, métodos experimentais.

Nanofluidica. Equações regentes, dinâmica molecular e resultados experimentais. Escoamentos em membranas nanoporosas e nanotubos de carbono. Aplicação à administração de drogas e detecção de toxinas e patógenos.

Nanofluidos. Aplicação a fenómenos de transporte.

4.4.5. Syllabus:

Micro and nanofluidics: frontier of physics, engineering and biology.

The continuum and scaling laws. Rarefaction: continuum break-down. Kinetic theory of gases, mean free path, molecular interaction, accommodation coefficients and collision models. Boltzmann equation, Knudsen number and flow regimes.

Microfluidics. Transport equations, non-dimensional parameters, particular solutions. Mixing and separation.

Microscale specific phenomena. Heat transfer. Correlations for liquids convection. Convection for gases, Knudsen layer, slip and temperature jump, modelling. Biofluid flows and application to artificial organs. Microfluidic platforms, microfabrication, experimental methods.

Nanofluidics. Governing equations, molecular dynamics and experimental results. Nanoporous membranes and carbon nanotube flows. Application to drug delivery and pathogen and toxin detection.

Nanofluids. Application to transport phenomena.

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

Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 4, qualquer especialista na matéria poderá constatar

que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.

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

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

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

1 trabalho individual, monografia ou código computacional (70%), 1 exame (30%).

As metodologias de ensino pretendem fomentar a aprendizagem baseada em trabalhos ou projectos, reforçando-se a componente prática, a aprendizagem activa, o trabalho autónomo e a responsabilização do estudante, conjugada com transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização de aulas e tutoriais. O modelo de avaliação incorpora elementos de avaliação contínua no âmbito da aprendizagem ativa (projectos) compatível com a redução significativa do peso de avaliação por exames ($\leq 30\%$). Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

1 project, monography or computational work (70%), 1 exam (30%).

The teaching methodologies intend to promote the learning by the student based on the practical works and projects, reinforcing the practical component, the active learning, the autonomous work and the student responsibility, together with the transfer of theoretical and practical concepts through the use of lectures and tutorials. The assessment model incorporates elements of continuous assessment (projects) compatible with the remarkable reduction of the weight of the exams in the final mark ($\leq 30\%$). This approach will allow to fulfil the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.

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

Os métodos de ensino foram concebidos de modo a que os alunos possam desenvolver um conhecimento abrangente, assegurando a conformidade com os objetivos da unidade curricular. A realização de trabalhos práticos permite o confronto com problemas reais. Ao mesmo tempo, a metodologia de ensino conterà também transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização de aulas. 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 were designed viewing the development of a vast knowledge by the students, making sure that this knowledge is in accordance with the desired outcomes of the UC. The project or computational work permits the student's exposition to real-life problems. Simultaneously, the methodology involves also the learning of theoretical and practical concepts by using lectures for that. This approach 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:

"Theoretical Microfluidics", H. Bruus, 2008, Oxford University Press, Oxford, UK.; "Heat Transfer and Fluid Flow in Minichannels and Microchannels", S.G. Kandlikar, S. Garimella, D. Li, S. Colin, M.R. King, 2006, Elsevier Ltd, Oxford, UK.; "Rarefied Gas Dynamics", M.N. Kogan, 1969, Springer, New York, USA.; "Handbook of Nanophysics: Principles and Methods", K.D. Slatter, 2011, CRC Press, Boca Raton.

Mapa IV - Máquinas-Ferramenta e Comando Numérico

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Máquinas-Ferramenta e Comando Numérico

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Machine Tools and Numerical Control

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

TMGI

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:**168.0****4.4.1.5. Horas de contacto:****49.0****4.4.1.6. ECTS:****6.0****4.4.1.7. Observações:****<sem resposta>****4.4.1.7. Observations:****<no answer>****4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):****Pedro Alexandre Rodrigues Carvalho Rosa, 49h****4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:****<sem resposta>****4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

Esta unidade curricular apresenta um conjunto de temas relacionados com as máquinas-ferramenta e a programação de controlo numérico. Abordam-se os avanços tecnológicos e os aspetos associados às ferramentas e aos sistemas auxiliares que, pela sua importância e disseminação no domínio da produção industrial, merecem maior relevo. O programa oferece uma visão completa do tema que permitirá ao futuro engenheiro a tomada de decisões exigidas na prática profissional, em particular: (i) a classificação de equipamentos no domínio da aplicação industrial para que seja capaz de selecionar, instalar e utilizar as principais máquinas-ferramenta, (ii) a elaboração da preparação de trabalho e a programação assistida por computador tendo em consideração as características das máquinas e dos processos de fabrico e (iii) a conceção e projeto de ferramentas para as principais tecnologias de fabrico.

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

This course covers diverse fields and topics related to machine tools and numerical control programming. It addresses the latest technological advances and aspects related to tools and auxiliary systems, whose importance and dissemination in manufacturing industry deserve greater emphasis. The course syllabus provides a complete overview of all relevant aspects that will enable students to make decisions required in professional practice, in particular: (i) classification of machine tools in order to allow selection, installation and utilization of key technologies, (ii) work preparation and computer assisted part programming taking into consideration the characteristics of the machines and the manufacturing processes and (iii) project and design of tools for key manufacturing technologies. Students are also expected to practice their knowledge in a real production situation taking into consideration the concepts of 'design for manufacturing'.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1. Classificação das máquinas-ferramenta.**
- 2. Máquinas-ferramenta para processos de (i) enformação plástica, (ii) maquinagem e (iii) fabrico não convencional.**
- 3. Máquinas-ferramenta de comando numérico.**
- 4. Programação direta e assistida de máquinas-ferramenta de comando numérico.**
- 5. Planeamento de processos de fabrico e preparação de trabalho.**
- 6. Instalação, manutenção e reparação de máquinas-ferramenta e ferramentas.**
- 7. Conceção e projeto de ferramentas para enformação plástica, corte e processamento de polímeros.**
- 8. Ferramentas monobloco e progressivas para linhas de produção.**

4.4.5. Syllabus:

- 1. Classification of the machine tools.**
- 2. Machine tools for (i) metal forming, (ii) machining and (iii) non-conventional manufacturing processes.**
- 3. Numerical control machine tools.**
- 4. Programming of CNC-machine tools.**
- 5. Process planning and machine tool setting up.**
- 6. Installation, maintenance and repair of machine tools and tools.**
- 7. Project and design of tools for metal forming, blanking and polymer processing.**

8. Monoblock and progressive tools for production lines.

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 cumprimento 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 specialist in the field can reach to the conclusion that all syllabus topics (point 5) aim to provide students with the required knowledge and skills to achieve the learning outcomes described in point 4.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):
1 exame (50% da classificação final) e 2 trabalhos (25% + 25% da classificação final).

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):
1 exam (50% of the final classification) and 2 works (25% + 25% of the final classification).

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:
"Fascículos Máquinas-Ferramenta", Rosa P.A.R, 2019, IST; "Machining Technology: Machine Tools and Operations", Youssef H.A. et al, 2008, CRC Press. ISBN 9781420043396 ; "Progressive dies: principles and practices of design and construction", Editor Peterson D. A. , 1994, SME-Society of Manufacturing Engineers and FTA-Forming Technologies Association.; "Metalworking: Bulk Forming. Metals Handbook", Editor S.L. Semiatin, 2005, American Society for Metals (ASM) Vol14A. ISBN: 9781627081856 ; "Metalworking: Sheet Forming. Metals Handbook", Editor S.L. Semiatin, 2006, American Society for Metals (ASM) Vol14B. ISBN: 9781627081863 ; "Machining. Metals Handbook", Editor Joseph R. Davis, 1999, American Society for Metals (ASM) Vol16. ISBN: 9780871700223

Mapa IV - Tecnologias Energéticas Emergentes

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:
Tecnologias Energéticas Emergentes

4.4.1.1. Title of curricular unit:
Emerging Energy Technologies

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

4.4.1.3. Duração:
Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:
168.0

4.4.1.5. Horas de contacto:
42.0

4.4.1.6. ECTS:

6.0

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):*ist12272, Pedro Jorge Martins Coelho, 42h***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:**

<sem resposta>

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

Apresentar tecnologias energéticas emergentes para além das fontes primárias de energia. Descrever o papel do hidrogénio nos sistemas de energia emergentes e os problemas relacionados com a sua produção, armazenamento e transporte. Descrever os conceitos fundamentais das baterias e células de combustível, bem como os princípios termodinâmicos, a conversão electroquímica, os processos de transporte e a gestão térmica desses equipamentos. Apresentar os conceitos básicos de armazenamento de energia e descrever diferentes métodos de armazenamento de energia.

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

Present emerging energy technologies other than the primary energy sources. Describe the role of hydrogen in emerging energy systems and the related production, storage and transportation problems. Describe the fundamental concepts of batteries and fuel cells along with the thermodynamic principles, electrochemical conversion, transport processes and thermal management issues. Present the basic concepts of energy storage and describe several energy storage systems.

4.4.5. Conteúdos programáticos:**1. Hidrogénio**

Propriedades do hidrogénio. Produção de hidrogénio. Armazenamento do hidrogénio. Transporte do hidrogénio. Vantagens e desvantagens do hidrogénio. Conversão do hidrogénio.

2. Baterias

Conceitos básicos. Tecnologia de baterias. Tipos de baterias. Fenómenos de transporte em baterias. Gestão térmica de baterias. Aplicações de baterias.

3. Células de combustível

Conceitos básicos. Tipos de células de combustível. Electroquímica e termodinâmica para células de combustível. Fenómenos de transporte em células de combustível. Pilhas de combustível e aplicações.

4. Sistemas de armazenamento de energia

Conceitos gerais. Armazenamento de energia mecânica. Armazenamento de energia térmica. Armazenamento de energia termomecânica. Armazenamento de energia electroquímica. Baterias secundárias. Hidrogénio para armazenamento de energia. Supercondensadores para armazenamento e conversão de energia.

4.4.5. Syllabus:**1. Hydrogen**

Properties of hydrogen. Production of hydrogen. Storage of hydrogen. Transportation of hydrogen. Pros and cons for hydrogen. Hydrogen conversion overview.

2. Batteries

Basic concepts. Battery technologies. Types of batteries. Transport phenomena in batteries. Thermal management of batteries. Applications of batteries.

3. Fuel cells

Basic concepts. Types of fuel cells. Electrochemistry and thermodynamics for fuel cells. Transport phenomena in fuel cells. Fuel cell systems and applications.

4. Energy storage systems

General concepts. Mechanical energy storage. Thermal energy storage. Thermomechanical energy storage.

Electrochemical energy storage. Secondary batteries. Hydrogen for energy storage. Supercapacitors for energy storage and conversion.

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

Os conteúdos programáticos abrangem os principais tópicos das tecnologias energéticas e aplicações teórico-práticas

da matéria lecionada, permitindo ao aluno rever e aprofundar conhecimentos antecedentes, bem como adquirir novos conhecimentos úteis à sua atividade como profissional de engenharia mecânica. As bases teóricas, os conceitos essenciais e exemplos de aplicação visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.

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

The programme encompasses the main topics of the addressed energy technologies, theoretical and practical applications, allowing the students to revise and deepen previous knowledge and acquire new knowledge useful to mechanical engineers. The theoretical background, the key concepts and the application examples enable the students to acquire the knowledge and the competencies and skills to reach the learning outcomes.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

4 mini-testes (25% cada um).

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

4 minitests (25% each one).

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 exemplos de aplicação. 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 examples of application, 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 Energy Storage", O. S. Burheim, 2017, Academic Press; "Hydrogen, Batteries and Fuel Cells", B. Sundén, 2019, Academic Press; "Storing Energy", T. M. Letcher, 2016, Elsevier; "Hydrogen and Fuel Cells: Emerging Technologies and Applications", B. Sørensen and G. Spazzafumo, 2018, Academic Press, 3rd Edition

Mapa IV - Motores

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Motores

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Engines

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

TTCE

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168.0

4.4.1.5. Horas de contacto:

49.0

4.4.1.6. ECTS:

6.0

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

2583, João Eduardo de Barros Teixeira Borges, 39h

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

2038, Gil Domingos Marques, 10h

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

Explicar o funcionamento de motores de combustão interna, turbinas de gás, e motores elétricos. Compreender a influência dos vários parâmetros de projecto no desempenho dos motores de combustão interna e motores híbridos. Conhecer as restrições impostas por questões ambientais, e possíveis soluções.

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

Explain the working principle of internal combustion engines, gas turbines, and electric motors. Understand the influence of design parameters on the performance of internal combustion engines and hybrid engines. Know the restrictions imposed by environmental issues, and possible solutions.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Parte I – Equipamentos

Motores de Combustão Interna: Funcionamento. Parâmetros de projeto e funcionamento. Combustão em motores de Explosão. Detonação Combustão em motores Diesel. Sobre-alimentação.

Turbinas de Gás: Funcionamento e constituintes.

Princípios básicos de motores elétricos. Campo girante. Motor de indução. Circuito equivalente e características. Motor síncrono. Classificação, circuito equivalente e características. Ajuste de velocidade por variação de frequência.

Sistemas de Armazenamento de Energia: Potência específica e energia específica. Gestão e reciclagem de baterias.

Parte II – Motores e o Ambiente: tecnologias híbridas e operação

Poluição: Controlo das emissões na fase de projeto e durante a operação. Equipamentos de pós-tratamento. Emissões associadas ao fabrico e reciclagem dos equipamentos: análise de ciclo de vida.

Estratégias para a descarbonização: mobilidade ecológica e sustentável. Análise TTW (“tank-to-wheel”), WTT (“well-to-tank”) e WTW (“well-to-wheel”).

4.4.5. Syllabus:

Part I - Equipments

Internal Combustion Engines: Working principle. Design and operational parameters. Combustion in SI engines. Knock. Combustion in Diesel engines. Forced induction.

Gas Turbines: Working principles and components.

Basic principles of electric motors. Rotating field. Induction motor. Equivalent circuit and characteristics. Synchronous motor Classification, equivalent circuit and characteristics. Speed adjustment by frequency variation.

Energy Storage Systems: Specific power and specific energy. Battery management and recycling.

Part II - Engines and the Environment: hybrid technologies and operation.

Pollution: Control of emissions at the design phase and during operation. Aftertreatment equipment. Emissions associated with the manufacture and recycling of equipment: life cycle analysis.

Decarbonisation strategies: ecological and sustainable mobility. Tank-to-wheel (TTW), well-to-tank (WTT) and well-to-wheel (WTW) analysis.

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

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

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

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

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As metodologias de ensino pretendem fomentar a aprendizagem baseada em exposições teóricas, em resolução de

problemas, em trabalho laboratorial e em trabalho autónomo dos alunos.

Método de avaliação: Dois mini-testes com peso de 40%. Relatório do ensaio laboratorial com peso de 10%.

Um exame final com peso de 50%

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Teaching methodologies aim to promote learning based on theoretical expositions, problem solving, laboratorial work and autonomous work by students.

Evaluation method: Two mini-tests with 40 weight%. Lab test report weighing 10%.

A final exam weighing 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:

"Internal Combustion Engine Fundamentals", Heywood J. B., 1988, McGraw-Hill Book Co.; "Internal Combustion Engines – Applied Thermosciences", Ferguson C. R. and Kirkpatrick A.T., 2016, J. Wiley, 3rd Edition; "Motores de Combustão Interna", Martins J., 2006, Edições Técnicas (2ª Edição); "Electric Machines and Drives", Gordon R. Slemon, 1992, Addison-Wesley Series in Electrical Engineering, Chap. 3, Chap. 5, Chap. 6

Mapa IV - Mecânica de Flúidos Computacional

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Mecânica de Flúidos Computacional

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Computational Fluid Mechanics

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

TTCE

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168.0

4.4.1.5. Horas de contacto:

49.0

4.4.1.6. ECTS:

6.0

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

ist11668, José Carlos Fernandes Pereira, 84 h

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

Ist14442, José Manuel Da Silva Chaves Ribeiro Pereira, 14 h

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

Adquirir fundamentos de métodos de discretização, principalmente de (DF) diferenças finitas e (VF) volume finito para a solução das equações de Navier-Stokes e de Euler. Prática computacional de solução de escoamentos invíscidos ou viscosos em geometrias complexas. Capacidade de conceber, realizar, testar e aplicar algoritmos de cálculo baseados no método de volume finito para a solução de problemas de escoamentos incompressíveis ou compressíveis e perceber e controlar as fontes de imprecisão numérica de modo a saber aumentar a precisão dos cálculos. Prática de software comercial Star CC+ e ANSYS Fluent, OpenFOAM.

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

To acquire fundamentals of discretization methods, mainly finite difference (DF) and finite volume (VF) for the solution of the Navier-Stokes and Euler equations. Computational practice of solution of inviscid or viscous flows in complex geometries. Ability to design, perform, test and apply finite volume method-based calculation algorithms to solve incompressible or compressible flow problems and to understand and control numerical inaccuracy sources in order to increase the accuracy of calculations. Star CC + and ANSYS Fluent OpenFOAM commercial software practice.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Natureza matemática das equações que governam os escoamentos de fluidos; características; Método das Diferenças Finitas e método dos Volume Finitos; Discretização de equações elípticas; Métodos iterativos para a solução de sistemas de equações; Discretização temporal, Consistência, Estabilidade e Convergência; Teorema de Lax, Estabilidade de não linear, Condições de estabilidade não lineares: preservação da monotonicidade, variação total decrescente e , diagramas para equações de conservação não linear de Sweby e de variáveis normalizadas; Discretização de equações Hiperbólicas, leis de Conservação e Problema de Riemann; Métodos para geração de malhas estruturadas curvilíneas algébricas e diferenciais; Geração de malhas não-estruturadas. Método do volume finito em malhas não estruturadas; Algoritmos para solução das equações de Navier-stokes; Separação de fluxo e solucionadores de Riemann para as equações de Euler. Verificação e Validação.

4.4.5. Syllabus:

Mathematical nature of the equations governing fluid flows; characteristics; Finite Difference Method and Finite Volume Method; Discretization of elliptic equations; Iterative methods for solving linear systems of equation; Temporal discretization, Consistency, Stability and Convergence; Lax theorem, Nonlinear stability, preservation of monotonicity, Total Variation Decreasing and diagrams for nonlinear conservation equations of Sweby and Normalized Variables; Discretization of hyperbolic equations, Conservation Laws and Riemann Problem; Methods for generating algebraic and differential curvilinear structured meshes; Generation of unstructured meshes; Finite volume method in unstructured meshes; Algorithms for the solution of the Navier-Stokes equations; Riemann solvers for the Euler equations; Verification & Validation.

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

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

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

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

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Mini-Teste (MT): em duas aulas, no início de Outubro e de Dezembro, com um peso de 20% para a nota final.

Problemas : Um conjunto de 3 problemas computacionais (PC) para serem resolvidos por um grupo de 4 alunos com apresentação final e com um peso de 40% para a nota final.

Exame final (Ex), a nota tem um peso de 40%

Nota final:

$$Nf = 0.2 MT + 0.40 PC + 0.40 EX$$

A nota mínima no exame é de 7.5 valores

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Mini-Test (MT): in two classes, at the beginning of October and December, with a weight of 20% for the final grade.

Problems: A set of 3 computational problems (PC) to be solved by a group of 4 students with a final presentation and with a weight of 40% for the final grade.

Final exam: (Ex) contributes with a weight of 40% to the final exam.

Final grade:

$$Nf = 0.2 MT + 0.40 PC + 0.40 EX$$

The minimum grade in the exam is 7.5 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 Finite Volume Method in Computational Fluid Dynamics An Advanced Introduction with OpenFOAM" and Matlab", F. Moukalled • L. Mangani, M. Darwish, 2016, Springer; "Computational Methods for Fluid Dynamics", Ferziger, J.H. and Peric, M., 2002, Springer, 3th edition; "An Introduction to Computational Fluid Dynamics: The Finite Volume Method", H. Versteeg, W. Malalasekera, 2007, Prentice Hall; 2 edition; "Computational of Internal & External Flows", C. Hirsch, 2007, 2nd Edition, Butterworth-Heinemann; "Numerical Methods for Conservation Laws", R.J. LeVeque, 1990, Birkhauser, Basel; "Fundamentals of Computational Fluid Dynamics", H. Lomax, T.H. Pulliam and D.W. Zingg, 2001, Springer, Berlin

Mapa IV - Tecnologia de Maquinagem

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Tecnologia de Maquinagem

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Metal Cutting Technology

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

TMGI

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168.0

4.4.1.5. Horas de contacto:

49.0

4.4.1.6. ECTS:

6.0

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

Pedro Alexandre Rodrigues Carvalho Rosa, 98h

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

<sem resposta>

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

Este curso apresenta as mais recentes tecnologias e técnicas de maquinaria que permitem dotar os alunos do conhecimento e das competências necessárias para abordar e solucionar os desafios industriais atuais. Uma maior ênfase é colocada na compreensão e caracterização da influência do mecanismo de remoção de material e dos parâmetros operativos na produção e na qualidade do produto. Abordam-se as tecnologias de maquinaria convencionais e não-convencionais que, pela sua importância e disseminação industrial merecem maior relevo. Inclui-se ainda uma vertente de seleção de tecnologias e de cálculo das condições económicas de maquinaria.

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

This course introduces the latest machining technologies and techniques to provide students with the knowledge and skills needed to address and solve industrial challenges. The main focus is on understanding and characterisation of the influence of material removal mechanism and process parameters on production and product quality. Technology evaluation and selection are introduced and illustrated by industrial case studies as well as the machining economics.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1.Introdução aos processos de maquinaria convencional, aplicações e terminologia;**
- 2.Principais processos e operações de corte por arranque de apra: (i) torneamento, (ii) fresagem, (iii) furação;**
- 3.Ferramentas de corte: (i) geometria, (ii) materiais do substrato e revestimentos de ferramentas, (iii) desgaste, avarias e tempo de vida;**
- 4.Tecnologias de acabamento e de ultra-precisão: (i) polimento por escoamento abrasivo, (ii) maquinaria por ultra-sons;**
- 5.Introdução aos processos de maquinaria não convencional: (i) electroerosão e (ii) erosão eletroquímica;**
- 6.Qualidade dos componentes maquinados: (i) rigor geométrico e dimensional, (ii) integridade superficial;**
- 7.Seleção do processo e determinação das condições económicas de corte;**
- 8.Enquadramento ambiental.**

4.4.5. Syllabus:

- 1.Introduction to conventional machining technologies, applications and terminology.**
- 2.Conventional machining technologies and typical cutting operations: (i) turning, (ii) milling, (iii) drilling;**
- 3.Cutting tools: (i) geometry, (ii) surface coating and substrate materials, (iii) wear, failure and tool life;**
- 4.Finishing and ultra-precision technologies: (i) AFM, (ii) USM;**
- 5.Introduction to non-conventional machining technologies: (i) EDM, (ii) ECM;**
- 6.Machined products quality: (i) geometrical and dimensional accuracy, (ii) superficial integrity; 7. Technology selection and machining economics;**
- 8.Environmental topics.**

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

Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 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 cumprimento 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 specialist in the field can reach to the conclusion that all syllabus topics (point 5) aim to provide students with the required knowledge and skills to achieve the learning outcomes described in point 4.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

1 exame (50% da classificação final) e 1 projecto experimental/numérico (50% da classificação final).

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

1 final exam (50% of the final classification) and 1 experimental/numerical based work (50% of the final classification).

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:

"Metal Machining: Theory and Applications", Childs T.H.C et al., 2000, Elsevier. ISBN 034069159 ; "Manufacturing Processes 1 – Cutting", Klocke F., 2011, Springer. ISBN 9783643119781 ; "Manufacturing Processes 2 – Grinding", Honing and Lapping. Klocke F., 2009, Springer. ISBN 9783540922582 ; "Advanced Analysis of Nontraditional Machining", Editors H.Hocheng e Hung Yin Tsai, 2013, Springer. ISBN 978-1-4614-4053-6 ; "Fascículos Tecnologia da Maquinagem", Rodrigues J.M.C., 2017, IST; "Machining. Metals Handbook", Editor Joseph R. Davis, 1999, American Society for Metals (ASM) Vol16. ISBN: 9780871700223; "Friction, Lubrication, and Wear Technology. Metals Handbook", Editor George E. Totten, 2017, American Society for Metals (ASM) Vol18. ISBN: 9781627081412; "Metal Cutting (4th Edition)", Trent E.M. and Wright P.K., 2000, Butterworth.

Mapa IV - Robótica Móvel Avançada

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Robótica Móvel Avançada

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Advanced Mobile Robotics

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

CAII

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168.0

4.4.1.5. Horas de contacto:

49.0

4.4.1.6. ECTS:

6.0

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

Paulo Jorge Coelho Ramalho Oliveira, 49h

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

<sem resposta>

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

O objectivo principal é dotar os alunos da capacidade para a resolução de problemas com alguma complexidade em sistemas robóticos móveis avançados. Para atingir esse objectivo propõe-se o estudo de metodologias de modelação dos sistemas robóticos, efetua-se a definição de vários problemas de posicionamento, fusão sensorial, navegação, condução e geração de trajetórias e sintetizam-se soluções com base em metodologias atuais e ricas. Estas validam-se em ambiente de simulação (e.g. MATLAB/Simulink) e implementam-se em veículos robóticos móveis a disponibilizar aos alunos.

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

This course aims to provide students with the ability to solve problems with some complexity in advanced mobile robotic systems. To achieve this goal, it is proposed to study modeling methodologies of robotic systems, to define various problems of positioning, sensor fusion, navigation, driving and trajectory generation and to synthesize solutions based on current and rich methodologies. These are validated in a simulation environment (e.g. MATLAB / Simulink) and implemented in mobile robotic vehicles to be made available to students.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Motivação. Configurações comuns. Aplicações típicas e desafios. Arquitetura funcional dos robôs, organização dos sistemas instalados a bordo. A cinemática e dinâmica dos sistemas robóticos. Exemplos em 2D e 3D. Sensores inerciais de movimento. Método dos mínimos quadrados para problemas não lineares. Sistemas de Posicionamento global. Sistema GPS e os seus erros. Sistemas de navegação lineares: introdução à filtragem de Wiener. O sistema de navegação como um problema de estimação e fusão sensorial. Os filtros complementares. Interpretação no domínio do tempo e da frequência. Fusão sensorial. Sistemas de navegação não-lineares: introdução à filtragem de Kalman estendida. Arquitetura dos sistemas de navegação. Sistemas de controlo e condução: seguimento de trajetórias e de caminhos. Aplicações de controlo óptimo. Análise e síntese de soluções. Outras abordagens e problemas em robótica móvel.

4.4.5. Syllabus:

Motivation. Common configurations. Typical applications and challenges. Functional architecture of robots, organization of systems installed onboard. The kinematics and dynamics of robotic systems. Examples in 2D and 3D. Inertial motion sensors. Nonlinear least squares method. Global Positioning Systems and errors characterization. Linear navigation systems: introduction to Wiener filtering. The navigation system as a problem of estimation and sensor fusion. Complementary filters. Interpretation in the domain of time and frequency. Sensor fusion. Nonlinear navigation system: introduction to extended Kalman filtering. Navigation systems architecture. Systems synthesis. Control and guidance systems: path and trajectory tracking. Applications of optimal control. Analysis and synthesis of solutions. Other approaches and problems in mobile robotics.

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):

Três trabalhos de laboratório (cada com 20% da nota final). A nota é determinada pela avaliação dos relatórios e desempenho individual em discussão oral no final do semestre. Exame final 40% da nota final.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Three laboratory assignments (each one corresponds to 20% of the final grade). Grading is based on the evaluation of the reports and individual performance in oral examination at the end of semester. Final Exam (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:

*"Introduction to Autonomous Mobile Robots", Siegwart R., Nourbakhsh I., e Scaramuzza D., 2011, MIT Press;
"Probabilistic Robotics", Thrun S., Burgard W., e Fox D., 2006, MIT Press;
"Where am I? Sensors and Methods for Mobile Robot Positioning", Borenstein J., Everett H., e Feng L., 1996, Editado e compilado por J. Borenstein;
"Introduction to Random Signals and Applied Kalman Filtering", ----, 1997, John Wiley & Sons;*

“Advanced Mobile Robotis”, Oliveira, Paulo et al, 2020, in press

Mapa IV - Transmissão de Calor

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:
Transmissão de Calor

4.4.1.1. Title of curricular unit:
Heat Transfer

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

4.4.1.3. Duração:
Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:
168.0

4.4.1.5. Horas de contacto:
49.0

4.4.1.6. ECTS:
6.0

4.4.1.7. Observações:
<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:
<no answer>

4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):
Viriato Sérgio de Almeida Semião, 84h

4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:
ist148033, Miguel Abreu de Almeida Mendes, 42 h
ist428175, Sohel Murshed, 70 h
ist155597, Jorge Emanuel Pereira Navalho, 28 h

4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):
Realçar a importância dos fenómenos de transferência de calor.
Estabelecer as equações fundamentais, as condições de fronteira e definir as hipóteses simplificativas adequadas para diferentes problemas típicos de condução, convecção e radiação.
Descrever métodos de resolução desses problemas, utilizando exemplos práticos de engenharia, através de métodos rigorosos ou aproximados.

4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):
Highlight the relevance of heat transfer phenomena.
Write the equations and boundary conditions, as well as simplifying assumptions, needed to solve typical conduction, convective and radiative transfer problems.
Describe solution methods to solve those problems using practical engineering examples by means of approximate or rigorous methods.

4.4.5. Conteúdos programáticos:
Modos e mecanismos de transmissão de calor. Leis fundamentais da condução, convecção e radiação.
Conceitos fundamentais de condução de calor. Equação de condução do calor. Condução unidimensional. Alhetas.

Condução em regime não estacionário. Corpos com gradientes internos de temperatura desprezáveis. Sólido semi-infinito. Corpos com gradientes internos de temperatura não desprezáveis.
Conceitos fundamentais de convecção de calor. Convecção forçada em escoamentos exteriores e interiores e convecção natural. Correlações empíricas para geometrias diversas.
Permutadores de calor: tipos e função. Coeficiente global de transmissão de calor. Método da média logarítmica da diferença de temperatura e do método epsilon-NTU.
Radiação térmica: conceitos fundamentais. Propriedades radiativas das superfícies. Corpos negros e corpos cinzentos. Leis de Planck, Stefan-Boltzmann, Wien e Kirchhoff. Fatores de forma. Trocas de calor por radiação entre superfícies em meios não participantes.

4.4.5. Syllabus:

Heat transfer modes and mechanisms. Fundamentals laws of conduction, convection and radiation.
Fundamentals concepts of heat conduction. Heat conduction equation. One dimensional conduction. Extended surfaces. Unsteady heat conduction. Bodies with negligible spatial thermal gradients. Semi-infinite solids. Bodies with internal spatial thermal gradients.
Fundamental concepts of convection. Forced convection in external flows and internal flows and free convection. Empirical correlations for several geometries.
Heat exchangers: type and functions. Global heat transfer coefficient. Logarithmic mean temperature difference and epsilon-NTU methods.
Thermal radiation: fundamental concepts. Radiative properties of surfaces. Black and grey bodies. Planck, Stefan-Boltzmann, Wien and Kirchhoff laws. Shape factors. Heat exchange between diffuse surfaces in non-participating media.

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

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

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

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

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Trabalho experimental (20%) + Trabalhos computacionais (30%) + Problemas (20%) + Exame (30%).
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, conjugada com transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização de algumas aulas e tutoriais. O modelo de avaliação incorpora elementos de avaliação contínua no âmbito da aprendizagem ativa (projectos) compatível com a redução significativa do peso de avaliação por exames ($\leq 30\%$). Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Experimental work (20%) + Computational works (30%) + Problems (20%) + Exam (30%).
The teaching methodologies intend to promote the learning by the student based on the resolution of problems and projects, reinforcing the practical component, the active learning, the autonomous work and the student responsibility, together with the transfer of theoretical and practical concepts through the use of some lectures and tutorials. The assessment model incorporates elements of continuous assessment (projects) compatible with the remarkable reduction of the weight of the exams in the final mark ($\leq 30\%$). This approach will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.

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 Heat and Mass Transfer", F.P. Incropera, D.P. de Witt, T.L. Bergman e A.S. Lavine, 2018, John Wiley & Sons, 8ª Edição; "Introduction to Heat Transfer", F.P. Incropera, D.P. de Witt, T.L. Bergman e A.S. Lavine, 2011, John Wiley & Sons, 6ª Edição; "Heat and Mass Transfer: Fundamentals and Applications", Y.A. Cengel and A.J. Ghajar, 2019, McGraw-Hill, 6th Edition; "Heat Transfer", J. Holman, 2009, Mc-Graw Hill, 10th Edition; "A Heat Transfer", John H. Lienhard IV e John H. Lienhard V, 2019, Textbook, 5th Edition

Mapa IV - Dinâmica de Sistemas Mecânicos**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

Dinâmica de Sistemas Mecânicos

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Dynamics of Mechanical Systems

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:

49.0

4.4.1.6. ECTS:

6.0

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

ist12060, Jorge Alberto Cadete Ambrósio, 49 horas

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

<sem resposta>

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

Apresentar formulações computacionais para a análise cinemática e dinâmica de sistemas mecânicos. Introduzir métodos computacionais e algoritmos para a construção sistemática das equações cinemáticas e dinâmicas. Utilizar programas de análise cinemática e dinâmica existentes e adquirir a capacidade de desenvolver e integrar novos subprogramas associados a novas juntas e elementos de força. Explorar a utilização de programas disponíveis como ferramentas de projecto e adquirir a capacidade de desenvolver e construir modelos de sistemas mecânicos para aplicação na análise, controlo e projeto mecânico e mecatrónico.

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

To present computational formulations for the kinematic and dynamic analysis of mechanical systems. To introduce computational methods and algorithms for the systematic construction of the kinematic and dynamic equations. To use kinematic and dynamic analysis codes and acquire the knowledge to develop and integrate new sub-programs associated to new kinematic joints and force elements. To explore the use of existing computational codes and tools for mechanical design and acquire the ability to develop models for mechanical systems to be applied in the analysis, control and mechanical and mechatronic design.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Introdução: Conceitos de mecanismo, junta, corpo rígido e flexível; Análise 2D e 3D; Análise cinemática, cinemática inversa, dinâmica direta e inversa; Síntese de mecanismos.

Cinemática planar: Coordenadas, constrangimentos e juntas; Equações de posição, velocidade e aceleração; Juntas cinemáticas; Revisão de métodos numéricos; Coordenadas relativas; Coordenadas Lagrangeanas vs. Cartesianas. Matriz Jacobiana analítica e numérica.

Dinâmica Planar: Equações do movimento; Vector de forças; Elementos de força; Forças nas constrangimentos; Multiplicadores de Lagrange; Sistema de equações de movimento; Equilíbrio estático; Métodos Numéricos para ODE. Estabilização dos constrangimentos. Coordenadas relativas.

Análise dinâmica Tridimensional: Grandes rotações; Coordenadas Relativas ; Parâmetros de Denavit-Hartenberg; Equações Cinemáticas; Componentes analíticas e numéricas; Equações do movimento. Aplicações em biomecânica, dinâmica de veículos, robótica e projeto de máquinas e mecanismos.

4.4.5. Syllabus:

Introduction: Concept of mechanism; joints and rigid and flexible body; 2D and 3D analysis; Kinematic analysis; Inverse kinematics; Forward and inverse dynamics; Synthesis.

Planar kinematics: Coordinates, constraints and joints; Position, velocity and acceleration equations; Kinematic joints; Review of numerical methods; Relative coordinates; Lagrangean vs Cartesian coordinates; Analytical and numerical Jacobian matrix.

Planar dynamics: Equations of motion; Force vector; Fore elements; Constraint forces; Lagrange multipliers; System of equations of motion; Static equilibrium; Numerical methods for ODE; Constraint stabilization; Relative coordinates; Spatial Dynamics; Large rotations; Relative coordinates; Denavit-Hartenberg parameters; Kinematic equations; Analytical and numerical components; Equations of motion; Applications to biomechanics, vehicle dynamics, robotics and mechanical and mechatronic design.

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 de casa (5%); Projeto de cinemática (35%); Projeto de dinâmica (30%); Exame final (30%).

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Homeworks (5%); Kinematics project (35%); Dynamics project (30%); Final exam (30%).

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

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

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

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

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

"Computer Aided Analysis of Mechanical Systems", P. Nikravesh, 1988, Prentice-Hall Publishers, Englewood Cliffs, New-Jersey. (ISBN 0131642200, 9780131642201); Dynamics of Mechanical Systems, Class notes (under construction), J. Ambrósio, 2020, ----

Mapa IV - Complementos de Transmissão de Calor**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

Complementos de Transmissão de Calor**4.4.1.1. Title of curricular unit:*****Advanced Heat Transfer*****4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:*****TTCE*****4.4.1.3. Duração:*****Semestral*****4.4.1.4. Horas de trabalho:*****168.0*****4.4.1.5. Horas de contacto:*****49.0*****4.4.1.6. ECTS:*****6.0*****4.4.1.7. Observações:*****<sem resposta>*****4.4.1.7. Observations:*****<no answer>*****4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):*****ist428175, Sohel Murshed, 40 horas*****4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:*****ist151143, Gonçalo Nuno Guerreiro de Jesus Silva, 9 horas*****4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):*****Descrever os mecanismos físicos de emissão e absorção de radiação e de scattering, Introduzir a equação de transferência de calor por radiação. Descrever métodos de cálculo computacional para resolver problemas de radiação em meios participantes. Apresentar as propriedades radiativas dos gases e partículas e descrever métodos simples para estimar essas propriedades.******Apresentar os fundamentos da transmissão de calor com mudança de fase. Apresentar correlações empíricas para estimar o coeficiente de convecção em processos de ebulição livre, ebulição forçada, condensação em película e condensação em gota.******Apresentar os fundamentos da transmissão de calor em meios porosos. Introduzir as equações de transporte macroscópico em meios porosos. Definir propriedades efectivas e apresentar métodos para a sua estimativa.******Descrever conceitos básicos de dimensionamento de permutadores, os fundamentos de permutadores de calor compactos e de técnicas de aumento da taxa de transmissão de calor.*****4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):*****Describe the physical mechanisms of radiative emission, radiative absorption and scattering. Introduce the radiative transfer equation. Describe computational methods to solve radiative heat transfer problems in participating media.******Present the radiative properties of gases and particles and describe simple methods to estimate these properties.******Present the fundamentals of heat transfer with phase change. Describe the physical mechanisms and present empirical correlations to estimate the convective heat transfer coefficient in processes of pool boiling, forced boiling, film condensation and dropwise condensation.******Present the fundamentals of heat transfer in porous media. Introduce the macroscopic transport equations in porous media. Define effective properties of porous media and present methods to estimate them.******Introduce the fundamental concepts of heat exchangers design, the fundamentals of compact heat exchangers and heat transfer augmentation.*****4.4.5. Conteúdos programáticos:*****Radiação térmica em meios participantes. Emissão, absorção e scattering. Equação da transferência de calor por***

radiação. Métodos numéricos.

Propriedades radiativas dos gases: fundamentos. Modelos de linha-a-linha, modelos de bandas e modelos globais. Gráficos de Hottel e correlações de Leckner. Propriedades radiativas de partículas: fundamentos. Teoria de Mie. Teoria simplificadas.

Regimes de ebulição. Mecanismos físicos e correlações empíricas para ebulição em convecção forçada e ebulição livre: Condensação em película e condensação em gotas: mecanismos físicos e correlações empíricas.

Transmissão de calor em meios porosos. Caracterização morfológica. Regimes de escoamento e lei de Darcy-Forchheimer. Equações de transporte macroscópico. Propriedades efectivas dos meios porosos.

Permutadores de calor. Dimensionamento, perda de carga e potência de bombagem. Resistência de depósito.

Permutadores de calor compactos. Técnicas de aumento da taxa de transmissão de calor.

4.4.5. Syllabus:

Thermal radiation in participating media. Emission, absorption and scattering. Radiative transfer equation. Numerical methods.

Radiative properties of gases: fundamentals. Line-by-line, band models and global models: an overview. Hottel charts and Leckner's correlations. Radiative properties of particles: fundamentals. Mie theory. Simplified theories.

Boiling modes. Forced convection and pool boiling: physical mechanisms and empirical correlations. Film and dropwise condensation: physical mechanisms and empirical correlations.

Heat transfer in porous media. Morphological characterization. Flow regimes and Darcy-Forchheimer law. Macroscopic transport equations. Effective properties of porous media.

Heat exchangers design, pressure drop and pumping power. Fouling. Compact heat exchangers. Heat transfer augmentation.

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

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

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

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

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Trabalho computacional (15%) + Trabalho laboratorial (15%) + 1 mini-teste (20%) + 1 exame (50%).

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Computational (15%) work + Laboratorial work (15%) + 1 minitest (20%) + 1 exam (50%).

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

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

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

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

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

"Fundamentals of Heat and Mass Transfer", T.L Bergman, A.S. Lavine F.P. Incropera and D.P. de Witt, 2018, John Wiley & Sons, 8ª Edição; "Radiative Heat Transfer", M.F. Modest, 2013, Academic Press, 3rd Edition; "Heat Exchangers: Selection, Rating, and Thermal Design", S. Kakaç, H. Liu and A. Pramuanjaroenkij, 2012, CRC Press, 3rd Edition; "Principles of Heat Transfer in Porous Media", M. Kaviany, 1991, Springer-Verlag

Mapa IV - Tecnologia de Polímeros

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Tecnologia de Polímeros

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Polymer Processing

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

TMGI

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168.0

4.4.1.5. Horas de contacto:

49.0

4.4.1.6. ECTS:

6.0

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

ist13787, Inês da Fonseca Pestana Ascenso Pires, 21 h

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

ist13722, Barbara Perry Pereira Alves Gouveia, 21 h

ist13379, Paulo Miguel Nogueira Peças, 7 h

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

O principal objetivo desta unidade curricular é a compreensão das características dos materiais poliméricos e dos fundamentos associados ao fabrico desta classe de materiais. O programa permitirá que os alunos adquiram um conjunto de conhecimentos e competências em diferentes técnicas de processamento de materiais poliméricos que vão desde as mais convencionais, como a moldação por injeção, até às mais inovadoras, como o fabrico aditivo de componentes poliméricos. É dada uma especial atenção à simulação numérica do processo de moldação por injeção

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

The main objective is the understanding of the characteristics of polymeric materials and of the associated processing technologies. This course will enable the students to acquire a set of knowledge and competences on different polymer processing technologies. The processes to be delivered range from the conventional ones, like injection moulding, to the more innovative, such as additive manufacturing. A special focus will be given to the numerical simulation of the injection moulding process.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. Natureza e propriedades básicas de diferentes tipos de materiais poliméricos.

2. Comportamento viscoelástico dos materiais poliméricos e modelos reológicos associados.

3. Relação entre as propriedades do material polimérico e os processos de fabrico.

4. Tecnologias de processamento de materiais poliméricos: Extrusão, Moldação por Injeção, Moldação por Sopro, Termoformação e Moldação Rotacional.

5. Identificação e análise de diferentes tecnologias de processamento tendo em consideração o tipo de componente polimérico a fabricar.

6. Influência das condições do processamento na qualidade e microestrutura de componentes obtidos por moldação por injeção.

7. Simulação numérica do processo de moldação por injeção de componentes poliméricos.

8. Fabrico aditivo de materiais poliméricos.

9. Processos de soldadura aplicados a materiais poliméricos.

4.4.5. Syllabus:

- 1. Basic nature and properties of different polymers.**
- 2. Viscoelastic behaviour of polymeric materials and rheological models.**
- 3. Relation of the polymeric material properties with key process parameters and process conditions.**
- 4. Polymer processing technologies: Extrusion, Injection Moulding, Blow moulding, Thermoforming and Rotational moulding.**
- 5. Identification and analysis of different processing technologies according to the type of polymer components to produce.**
- 6. Operating principles and process conditions that influence production, quality and microstructure.**
- 7. Application of numerical simulation to injection moulding of polymer parts.**
- 8. Additive manufacturing of polymeric materials.**
- 9. Welding of polymers.**

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

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

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

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

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Trabalho de natureza computacional (80% classificação) e um exame escrito ou oral (20% classificação).

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

One computational work (80% of the final classification) and one exam or oral examination (20% of the final classification).

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:

"Plastics: Materials and Processing", Brent Strong, 2006, 3rd Edition, Prentice Hall.; "Moldflow Design Guide: A Resource for Plastics Engineers", Jay Shoemaker, 2006, Hanser.; "Plastic Part Design for Injection Molding: An Introduction", Malloy R.A., 2010, Hanser Pub.; "Standards, Quality Control, and Measurement Sciences in 3D Printing and Additive Manufacturing", Chee Kai Chua, Chee How Wong and Wai Yee Yeong, 2017, Academic Press.

Mapa IV - Ecologia Industrial**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

Ecologia Industrial

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Industrial Ecology

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

AE

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:**168.0****4.4.1.5. Horas de contacto:****49.0****4.4.1.6. ECTS:****6.0****4.4.1.7. Observações:****<sem resposta>****4.4.1.7. Observations:****<no answer>****4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):****ist12361, Paulo Ferrão, 49h****4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:****<sem resposta>****4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

A disciplina apresenta um conjunto de métodos quantitativos que promovem uma visão holística da interação entre os produtos e serviços que caracterizam uma sociedade de consumo e o ambiente, recorrendo aos conceitos de ciclo de vida de produto e de metabolismo da economia. Pretende-se que o aluno ganhe competências para a conceção de novos produtos e serviços que contribuam para o desenvolvimento sustentável

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

The course presents a set of quantitative methods that promote a holistic view of the interaction between products and services that characterize a consumer society and the environment, making use of the concepts of product life cycle and economy metabolism. Students will acquire skills for the design of new products and services that contribute to sustainable development.

4.4.5. Conteúdos programáticos:***Ecologia Industrial – princípios e aplicações******Avaliação do ciclo de vida – teoria e aplicação com recursos a programas informáticos******Ecodesign de produtos e serviços******Rótulos ecológicos e certificação ambiental de produtos e serviços******Quadros económicos de entradas e saídas******Avaliação do ciclo de vida baseada em quadros económicos de entradas e saídas******Avaliação económica de projetos de investimento******Análise de Fluxo de Materiais – teoria e casos de estudo******Metabolismo da Economia, Metabolismo Urbano******Gestão de Resíduos******Economia circular – fundamentos e políticas******Modelos de negócio emergentes em Ecologia Industrial*****4.4.5. Syllabus:**

Industrial ecology - principles and practice
Life cycle assessment - theory and application using computer programs
Ecodesign of products and services
Eco-labels and environmental certification of products and services
Economic Input-Output tables
Life cycle assessment based on economic input-output tables
Economic evaluation of investment projects
Material Flow Analysis - theory and case studies
Economy Metabolism, Urban Metabolism
Waste Management
Circular Economy - Fundamentals and Policies
Emerging Business Models in Industrial Ecology

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

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

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):
1 Exame (50% da classificação final) + Avaliação de projeto (50% da classificação final).

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):
1 Exam (50% of the final classification) + Project evaluation (50% of the final classification).

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:
Slides provided by the faculty., ----, ----, ----; "Ecologia Industrial: Princípios e ferramentas", Paulo Ferrão , 2009, Coleção ensino da ciência e tecnologia. IST PRESS; "Taking Stock of Industrial Ecology", Roland Clift, Angela Druckman (eds.) , ----, Springer

Mapa IV - Optimização e Decisão

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:
Optimização e Decisão

4.4.1.1. Title of curricular unit:
Optimization & Decision

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

4.4.1.3. Duração:
Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168.0

4.4.1.5. Horas de contacto:

49.0

4.4.1.6. ECTS:

6.0

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

Susana Margarida da Silva Vieira, 49h

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

<sem resposta>

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

A disciplina tem por objectivos fornecer as bases dos sistemas de optimização e decisão. Os alunos deverão ganhar competências na formulação de problemas de optimização típicos. Para além das técnicas tradicionais de optimização, os alunos serão capazes de utilizar meta-heurísticas para optimização, incluindo as mais modernas inspiradas em agentes biológicos.

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

The main objective of this discipline is to supply the students with the basics of optimization and decision theory. The students must learn how to formulate typical optimization problems. Beyond the traditional techniques, meta-heuristics will also be addressed, including the most recent meta-heuristics inspired in biologic agents.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Introdução aos problemas de optimização em engenharia. Modelação de problemas de optimização. Programação linear: simplex, problema dual e análise de sensibilidade. Problemas de transporte e atribuição. Modelação de optimização de redes. Programação dinâmica determinística e probabilística. Programação inteira. Programação binária. Algoritmos de branch-and-bound para programação inteira e programação inteira mista (MIP). Programação não-linear. Tipos de problemas de programação não-linear. Programação Quadrática. Problemas de optimização convexos e não-convexos. Introdução às meta-heurísticas. Tabu search. Simulated Annealing. Algoritmos genéticos. Algoritmos baseados em colónias de formigas, Particle Swarm Optimization. Aplicação a problemas do tipo caixeiro-viajante e knapsack, entre outros. Teoria da decisão. Decisão com experimentação e decisão sem experimentação. Árvores de decisão. Teoria da utilidade. Aplicações práticas de análise de decisão.

4.4.5. Syllabus:

Introduction to optimization problems in Engineering. Modeling optimization problems. Linear Programming: simplex, duality theory and sensitivity analysis. The transportation and assignment problems. Network optimization models. Deterministic and probabilistic dynamic programming. Integer programming. Binary integer programming. Branch-and-bound algorithms for integer programming and mixed integer programming (MIP). Nonlinear programming. Types of nonlinear programming problems. The Karush-Kuhn-Tucker (KKT) conditions for constrained optimization. Quadratic Programming. Convex and non-convex programming. Metaheuristics. Tabu search. Simulated annealing. Genetic algorithms. Ant colony optimization. Particle Swarm Optimization. Application to the traveling salesman problem, knapsack problems and others. Decision analysis. Decision making with and without experimentation. Decision trees. Utility theory. Practical application of decision analysis.

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

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

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

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

(point 5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 4.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Exame final (50%) e trabalho prático com apresentação final (50%).

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Final Exam (50%) and final project with oral presentation (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 Operations Research", F. Hillier and G. Lieberman, 2015, 10th Edition. McGrawHill, 2015.; "Practical Methods of Optimization", R. Fletcher, 2000, 2nd Edition, John Wiley; "Swarm Intelligence", J. Kennedy, R. C. Eberhart and Y. Shi, 2002, Morgan Kaufmann Publishers; "Ant Colony Optimization", Marco Dorigo and Thomas Stützle, 2004, The MIT Press

Mapa IV - Energia e Sustentabilidade

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Energia e Sustentabilidade

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Energy and Sustainability

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

AE

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168.0

4.4.1.5. Horas de contacto:

49.0

4.4.1.6. ECTS:

6.0

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

ist12361, Paulo Ferrão, 49h

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

<sem resposta>

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

Este curso tem como objetivo fornecer uma perspetiva holística dos sistemas de energia e do seu relacionamento com os consumidores, discutindo o papel para a sustentabilidade de políticas energéticas cientificamente informadas em diferentes níveis, de nacional a regional e urbano.

É adotada uma perspetiva do ciclo de vida como base para a quantificação dos inventários de emissões de gases de efeito estufa, discutindo-se as orientações do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC). Este curso fornece uma estrutura analítica quantitativa para avaliar as soluções de energia limpa, num contexto de engenharia, económico e social, com ênfase na satisfação das necessidades regionais e globais de energia do século XXI, com recurso a sistemas neutros em carbono.

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

This course is intended to provide a holistic perspective of energy systems and their relationship with the consumers, focusing on scientifically informed sustainable energy policies at different levels, from national to regional and urban. A life cycle perspective is adopted to provide the basis for the quantification of greenhouse gas emission inventories, discussing the guidance provided by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). This course provides a quantitative analytical framework for evaluating clean energy pathways, within an engineering, economic and social context, with emphasis on meeting 21st-century regional and global energy needs with carbon neutral systems.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Discussão dos princípios e estratégias de desenvolvimento sustentável.

Caracterização do uso de energia nos transportes, na construção e na indústria pelo mundo. Análise dos recursos dos sistemas de energia atuais e emergentes, incluindo recursos energéticos, sistemas de conversão, tecnologias e formas de uso final de energia.

Discussão dos princípios e do método de análise do ciclo de vida e avaliação de protocolos globais para inventários de emissões de gases de efeito estufa.

Análise dos fatores tecnológicos, sociais e económicos que influenciam a eficiência energética de sistemas de energia, incluindo a análise de custo do ciclo de vida, a avaliação económica de projetos, a regulamentação ambiental ou os incentivos económicos.

O impacto de novos modelos de mobilidade na procura de energia e na sua intensidade carbónica. Tendências tecnológicas no desenvolvimento de cidades e edifícios neutros em carbono, e seus desafios e oportunidades.

Tendências de evolução tecnológica

4.4.5. Syllabus:

Discussion of the principles and strategies of sustainable development.

Characterization of the use of energy in transport, building and manufacturing across the world. Analysis of key features of current and emerging energy systems, including energy resources, conversion, end-use technologies and practices with impact in energy consumption.

Life cycle analysis and of global protocols for greenhouse gas emission inventories.

Analysis of the technological, social and economic factors that influence systemic energy efficiency, including life cycle cost analysis, economic evaluation of projects, environmental regulations and economic incentives.

The impact of new mobility models on energy demand and carbon intensity. Technology trends in the development of carbon neutral cities and buildings, challenges and opportunities. Technology trends in digital manufacturing and the circular economy. Analysis of energy business challenges and opportunities for the electricity.

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

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

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

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

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

1 Exame (50% da classificação final) + Avaliação de projeto (50% da classificação final).

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

1 Exam (50% of the final classification) + Project evaluation (50% of the final classification) .

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:

Elementos de apoio disponibilizados pelo Docente, ----, ----, IST; "Key world energy statistics", ----, 2018, IEA; "Putting CO2 to Use - Creating value from emmissions", ----, 2019, IEA; "Energy prices and taxes for OECD countries", ----, 2019, IEA; "IPCC Reports", ----, ----, ----; "Sustainable Development Goals", ----, ----, ----

Mapa IV - Manutenção, Qualidade e Segurança**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

Manutenção, Qualidade e Segurança

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Maintenance, Quality and Safety

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

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):

Virgínia Isabel Monteiro Nabais Infante, 8,5h

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

ist13458, José Jorge Lopes da Cruz Fernandes, 8h

ist153478, António Ramos Andrade, 8h

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

O principal objetivo da disciplina "Manutenção, Qualidade e Segurança" é apresentar os conceitos, técnicas e estratégias, versando os temas fundamentais de Manutenção, Qualidade e Segurança. É pretendido que o aluno adquira conhecimento numa vasta gama de áreas relacionadas com a Gestão da Manutenção e a Segurança dos Equipamentos. Assim, esta disciplina visa: - Fornecer o conceito de Manutenção e os conceitos de Segurança e Disponibilidade associados aos equipamentos objecto de manutenção. - Fornecer os conceitos estatísticos fundamentais de forma a identificar os métodos de análise mais adequados ao estudo e avaliação da Fiabilidade. - Actuar na área da Gestão da Manutenção com base em modelos estatísticos de apoio à tomada de decisão. - Mostrar como se organiza a manutenção em termos de documentação e de circuitos de ordem de trabalho e como se calculam os seus custos. - Aplicar métodos de metrologia à análise de parâmetros da qualidade.

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

The main objective of the "Maintenance, Quality and Safety" course is to introduce the concepts and strategies of the reliability, quality and maintenance subjects. Graduates gain a thorough knowledge of both theoretical and practical aspects of maintenance engineering and equipment's safety. Graduates will be able to: - build and enhance the specialist skills needed to optimize the maintenance of industrial assets and to develop critical thinking, problem solving and communication skills in a multi-disciplinary engineering maintenance team encourage a cross-disciplinary and pro-active approach to the solution of maintenance problems. Apply metrology methods to the analysis of quality parameters (Examples: calculate calibration uncertainties; define calibration certificate acceptance record) and establish requirements and procedures for statistical process control and sampling.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Princípios gerais de Fiabilidade, Disponibilidade, Manutenibilidade e Segurança; Conceito de avaria. Taxa de avarias. Análise de ocorrência de avarias e diagrama de Pareto. Função de risco. Fiabilidade de componentes. Curva da banheira. Disponibilidade; Análise e Prevenção da Falha; Manutenção. Tipos, Níveis e Organização da Manutenção. Classificação e codificação dos equipamentos. Planificação e planeamento. Técnicas de Manutenção - Políticas de manutenção. Manutenção preventiva, sistemática, corretiva, baseada na condição e preditiva. Previsão e Otimização da manutenção. Seleção de uma estratégia ótima de manutenção. Políticas de substituições de equipamentos. Peças de reserva, gestão de stocks de equipamentos de reserva e gestão de recursos humanos e frotas. Custos de Manutenção e Indisponibilidade e sua otimização. LCC. Normas ISO 14001 (ambiente), ISO 45001 (segurança) e ISO 9001 (qualidade). Metrologia. Calibrações e incertezas. Controlo estatístico do processo. Amostragem.

4.4.5. Syllabus:

General Principles of Reliability, Availability, Maintainability and Safety; Breakdown concept. Failure rate. Failure analysis and Pareto diagram. Risk function. Reliability of components. Bathtub curve. Availability; Analysis and Prevention of Failures; Maintenance. Types, Levels and Organization of Maintenance. Classification and codification of equipment. Maintenance Planning. Maintenance Techniques - Maintenance Policies. Preventive, systematic, corrective, condition-based and predictive maintenance. Prediction and maintenance optimization. Selecting an optimal maintenance strategy. Equipment replacement policies. Spare parts, reserve equipment inventory management, and human resources and fleet management. Maintenance Costs and Unavailability and its optimization. LCC. ISO 14001 (environment), ISO 45001 (safety) and ISO 9001 (quality) standards. Metrology. Calibrations and uncertainties. Statistical process control. Sampling.

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

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

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

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

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

**1 Teste + 1 Projeto industrial
Teste - 50% da nota final
Projeto Industrial - 50%**

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

1 Test + 1 Industrial Project**Test worth 50% of the final grade****Industrial Project worth 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:

"Introduction to Reliability Engineering", E.E. Lewis, 1987, John Wiley & Sons; "RCMII – reliability-centred Maintenance", John Moubray, ----, Butterworth-Heinemann Ltd., London; "Quality Control and Total Quality Management", P L Jain, 2001, McGrawHill

Mapa IV - Tribologia

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Tribologia

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Tribology

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

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):

ist12093, Eduardo Joaquim Anjos de Matos Almas, 24.5 horas/semestre

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 desta unidade curricular é transmitir aos alunos conhecimentos fundamentais de Tribologia. É uma área

multidisciplinar, que inclui o estudo do atrito, do desgaste e da lubrificação. O enfoque será dado à sua relação com o comportamento tribológico de componentes mecânicos com superfícies interactuantes. No final, os alunos deverão ter adquirido a capacidade de fazer a análise, a selecção ou o dimensionamento de sistemas elementares como as chumaceiras hidrodinâmicas e as chumaceiras de rolamentos.

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

The objective of this curricular unit is to transmit fundamental knowledge of Tribology to students. It is a multidisciplinary area, which includes the study of friction, wear and lubrication. The focus will be on its relationship to the tribological behaviour of mechanical components with interacting surfaces. At the end, students should have acquired the ability to analyze, select or design elementary systems such as hydrodynamic bearings and rolling element bearings.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1- *Introdução: Considerações gerais; Selecção de chumaceiras.*
- 2- *Caracterização geométrica das superfícies: Textura; Relação do regime de lubrificação com a rugosidade das superfícies.*
- 3- *Atrito: Atrito de escorregamento sólido, de rolamento, viscoso e de escorregamento lubrificado; Curvas de Stribeck.*
- 4- *Desgaste: Desgaste por adesão, por abrasão, por fadiga superficial, por erosão e por corrosão; Equação de Archard.*
- 5- *Lubrificação: Viscosidades dinâmica e cinemática; Classificações ISO e SAE; Relações viscosidade-temperatura e viscosidade-pressão; Índice de viscosidade; Relações densidade-temperatura e densidade-pressão; Lei de Petroff; As observações de Beauchamp Tower; Teoria de Osborne Reynolds.*
- 6- *Chumaceiras radiais de escorregamento: Projecto de chumaceiras hidrodinâmicas; Número de Sommerfeld; Gráficos de Raimondi-Boyd.*
- 7- *Chumaceiras de rolamento: Vida dos rolamentos; Capacidades de carga estática e dinâmica; Cargas equivalentes; Cálculo ampliado de vida.*

4.4.5. Syllabus:

- 1- *Introduction: General considerations; Bearing selection.*
- 2- *Geometric characterization of surfaces: Texture; Lubrication regime relation to surface roughness.*
- 3- *Friction: Dry sliding, rolling, viscous fluid and lubricated sliding friction; Stribeck curves.*
- 4- *Wear: Adhesive, Abrasive, Pitting, Erosive and Corrosive wear; Archard's equation.*
- 5- *Lubrication: Dynamic and kinematic viscosities; ISO and SAE classifications; Viscosity-temperature and viscosity-pressure relations; Viscosity index; Density-temperature and density-pressure relations; Petroff's law; Beauchamp Tower's experiments; Osborne Reynolds theory.*
- 6- *Journal bearings: Hydrodynamic bearings design; Sommerfeld number; Raimondi-Boyd charts.*
- 7- *Rolling-contact bearings: Bearing life; Static and basic dynamic load rating; Equivalent loads; Adjusted rating life.*

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

O objectivo desta unidade curricular é transmitir aos alunos novos conhecimentos na área multidisciplinar da Tribologia aplicada ao projecto e manutenção de sistemas mecânicos. Em coerência com este objectivo, o conteúdo programático inclui como tópicos principais o atrito, o desgaste, a lubrificação e o projecto e selecção de chumaceiras de escorregamento e de rolamento. Pretende-se com este programa que os alunos adquiram a capacidade de fazer a análise, a selecção ou o dimensionamento de sistemas tribológicos simples.

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

This curricular unit aims to provide the students with new knowledge in the multidisciplinary area of Tribology applied to design and maintenance of mechanical components. Consistent with this objective the syllabus includes, as main topics, friction, wear, lubrication and design and selection of sliding and rolling bearings. Through this syllabus it is intended that the students acquire the ability to analyse, select or design simple tribological systems.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A avaliação tem duas componentes:

- 1- *Avaliação Contínua (50% da Nota Final): Realização de um Projecto em grupo;*
- 2- *Avaliação por Exame Final (50% da Nota Final): Exame escrito individual.*

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The grading comprises two parts:

- 1- *Midterm Assessment (50% of Final Grade): Execution of a Group Project;*
- 2- *Assessment by Final Exam (50% of the Final Grade): Individual Written Exam.*

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

Nas aulas é feita a apresentação e demonstração dos conceitos fundamentais e a aplicação da teoria à resolução de

exercícios que irão permitir a compreensão dos conhecimentos técnicos no domínio da Tribologia. A participação dos alunos é incentivada através do convite à apresentação de sugestões quanto ao modo de resolução dos problemas, da análise crítica dos resultados obtidos e ainda do esclarecimento imediato de qualquer dúvida surgida. O exame é constituído por um conjunto de problemas práticos para aferição dos conhecimentos teóricos adquiridos e do desembaraço na sua aplicação. O objectivo do projecto de grupo é desenvolver nos alunos a capacidade de trabalho em grupo e de pesquisa autónoma.

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

During classes the presentation and demonstration of the fundamental concepts are made, as well as the application of theory to the solution of exercises enabling the understanding of the technical knowledge in the field of Tribology. Student participation is encouraged through the call for suggestions on how to solve problems, critical analysis of the results obtained and also the immediate clarification of any doubts that may arise. The exam consists on a set of practical problems to assess the amount of theoretical knowledge acquisition and the skill in its application. The objective of the group project is to develop the students' ability to work as a team and to do independent research.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

"Applied Tribology: Bearing Design and Lubrication", Michael M. Khonsari and E. Richard Booser, 2017, 3rd Edition-Wiley. ; "Fundamentals of Tribology", Ramsey Gohar and Homer Rahnejat, 2018, 3rd Edition-World Scientific Publishing Co. ; "Fundamentals of Fluid Film Lubrication", Bernard J. Hamrock, Steven R. Schmid and Bo O. Jacobson, 2004, 2nd Edition

Mapa IV - Projecto Mecânico e Desenvolvimento de Produto

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Projecto Mecânico e Desenvolvimento de Produto

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Product Development and Mechanical Design

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

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):

Marco Alexandre de Oliveira Leite, 122,5 h

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

Artur Jorge Da Cunha Barreiros, 122,5 h

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

No final da unidade curricular, o aluno saberá:

- *perceber toda a envolvente do processo de desenvolvimento de produto, desde os primeiros esboços até à produção, passando pela análise financeira do produto;*
- *compreender a arquitectura de produto e utilizar técnicas de decomposição;*
- *projectar um produto em equipa usando técnicas de projecto para X;*
- *Implementar metodologias estruturadas de gestão de projectos de forma a aumentar a eficiência e eficácia do desenvolvimento;*
- *Compreender o papel da prototipagem em ambiente de desenvolvimento de produto;*
- *Comunicar com todos os intervenientes no processo;*

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

At the end of the course unit the student will:

- *understand the full scope of the product development process, from initial ideas to production, including the financial analysis of the product;*
- *understand product architecture and use decomposition techniques;*
- *design a product as a team utilizing design for X techniques;*
- *implement structured project management methodologies to increase development efficiency and effectiveness;*
- *understand the role of prototyping in a product development environment;*
- *communicate with all stakeholders in the process;*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. *O que é um produto?*
2. *O papel da criatividade no desenvolvimento de produto*
3. *O processo de desenvolvimento de produto*
4. *Arquitectura de produto*
5. *Projecto para X*
 - a. *Projecto para fabrico e montagem*
 - b. *Projecto para avaliação de riscos em projecto.*
 - c. *Projecto para o ambiente*
 - d. *Projecto para a manutenção*
 - e. *Projecto para a sustentabilidade*
 - f. *Projecto para a cadeia de abastecimento*
 - g. *Projecto para o ciclo de vida*
6. *Prototipagem*
7. *Avaliação de custos do produto*
 - a. *margem de contribuição*
 - b. *custo de produção*
 - c. *custo completo*
8. *Análise de equilíbrio e viabilidade económica da produção*
9. *Gestão e avaliação de projectos*
10. *Discussão dos projectos finais*

4.4.5. Syllabus:

1. *What is a product?*
2. *The role of creativity in product development*
3. *The product development process*
4. *Product architecture*
5. *Design for X*
 - a) *Design for manufacturing and assembly*
 - b) *Design for risk management*
 - c) *Design for the environment*
 - d) *Design for maintenance*
 - e) *Design for sustainability*
 - f) *Design for supply chain*
 - g) *Design for life cycle*
6. *Prototyping*
7. *Estimating product costs: contribution margin, production cost, and full cost.*
8. *Equilibrium analysis and economic viability of production.*
9. *Project management and evaluation.*
10. *Discussion of final projects*

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

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

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

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

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Avaliação por projecto realizado em grupo. Apresentações intercalares e final. Relatório final.

Componente de avaliação de grupo:60% que inclui:

(RFG) Relatório final:30%

(AIG) Apresentações intercalares:10%

(AFG) Apresentação final:20%

Componente de avaliação individual:40% que inclui:

(II)Items individuais no relatório final:30%

(CI) Contribuição individual:10%

As notas superiores a 16 valores e entre 8 e 12 valores serão sujeitas a oral.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Assessment is done by group project. Mid-term and a final presentation before a jury. Final report.

Final grade calculation:

Group assessment component:60% including:

(RFG) Final Report:30%

(AIG) Mid term Presentations:10%

(AFG) Final presentation:20%

Individual assessment component:40% including:

(II) Individual items in final report:30%

(CI) Individual contribution:10%

The grades above 16 points and between 8 and 12 points will be subject to oral examination.

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

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

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

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

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

"Product Design and Development", Karl Ulrich, Steven Eppinger, 2020, 7th edition, McGraw Hill. ; "Engineering Design: A Project-Based Introduction", Clive L. Dym, 2013, 4th Edition, Wiley; "Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling", Harold Kerzner, 2017, 12th edition, Wiley; "Principles of Corporate Finance", Richard Brealey, Stewart Myers, Franklin Allen, 2019, 13th edition, McGraw-Hill Education

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

Comportamento Mecânico dos Materiais

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Mechanical Behavior of 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

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):

Virgínia Isabel Monteiro Nabais Infante, 42h

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

ist13987, Luís Filipe Galvão dos Reis, 42h

ist30577, Pedro Miguel Gomes Abrunhosa Amaral, 14h

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

Fornecer conhecimentos sobre o Comportamento Mecânico dos Materiais na perspectiva do utilizador e projectista de equipamentos mecânicos. Apresentar os principais procedimentos dos ensaios mecânicos de materiais e as metodologias de previsão de vida e influência dos defeitos em situações de fractura, fadiga e fluência.

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

Provide the student with knowledge about mechanical behavior of materials as a user and designer of mechanical equipments. Present the most relevant experimental procedures for mechanical testing of materials, the methods for life prediction and the influence of defects on the onset of fatigue, fracture and creep failure.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Modos de falha em materiais e estruturas.

Fratura frágil e dúctil.

Concentração de tensões.

Colapso plástico.

Tensão de colapso plástico para diferentes condições de carregamento.

Mecânica da fratura linear elástica (MFLE): parâmetros K e G.

Resistência residual.

Tenacidade à fractura.

Filosofias de design: falha segura, vida segura, extensão de vida, tolerância a danos.

Métodos experimentais para MFLE.

MFLE e o método da curva R.

Mecânica da fratura elástico-plástica (MFEP): integral J e CTOD.

Código R6.

Tribologia: Atrito e Desgaste.

Fadiga com o método da deformação local, LCF

Projeto de fadiga e fadiga de carga de amplitude variável.

Fadiga e corrosão sob tensão.

Previsão de vida à fadiga.

Fadiga em juntas soldadas.

Relaxação de tensões e fluência: Mecanismos de fluência, fadiga por fluência a alta temperatura, dano por fluência.

4.4.5. Syllabus:

Failure modes in materials and structures.

Brittle and ductile fracture.

Stress concentration.

Toughness.

Plastic collapse.

Plastic collapse stress for elementary loading conditions.

Linear elastic fracture mechanics (LEFM): K and G parameters.

Residual strength.

Fracture toughness.

Design philosophies: Fail safe, Safe life, Life extension, Damage tolerance.

Experimental methods for LEFM.

LEFM and R curve method.

Elastic-plastic fracture mechanics (EPFM): J integral and CTOD.

R6 code.

Tribology: Friction and Wear.

Fatigue with the local strain method, LCF

Fatigue design and variable amplitude loading fatigue.

Fatigue and stress corrosion cracking.

Fatigue life prediction.

Fatigue in welded joints.

Creep and stress relaxation: Creep mechanisms, Creep-fatigue at high temperature, Creep damage.

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, Caso de estudo e laboratórios

1 Exame + 2 Labs. + Paper (caso de estudo)

Exame - 50% da nota final

2 Lab. - 30%

1 Caso de estudo - 20%

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Exam, Case study and Labs

1 Exam + 2 Lab. + Paper (case study)

Exam worth 50% of the final grade

2 Lab. worth 30%

1 Case study worth 20%.

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

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

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

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

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

"Mechanical Behavior of Materials", Dowling, Norman E. , 2012, ----; "Fracture Mechanics - Fundamentals and Appls", T. Anderson, 2005, Taylor & Francis

Mapa IV - Micro e Nano Mecânica

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Micro e Nano Mecânica

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Micro and Nano Mechanics

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:****84.0****4.4.1.5. Horas de contacto:****21.0****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):****ist13506, Nuno Miguel Rosa Pereira Silvestre, 21 h****4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:****<sem resposta>****4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

As micro e nanotecnologias têm vindo a assumir um papel fundamental no projecto e desenvolvimento de novos produtos, designadamente nos associados diretamente à área da Engenharia Mecânica. Esta UC pretende providenciar conhecimentos (i) sobre o comportamento mecânico dos materiais ao nível da micro-escala (e.g. grãos) e da nano-escala (e.g. moléculas e átomos), (ii) sobre alguns métodos de análise mecânica de estruturas moleculares e atómicas. Complementarmente a outras UCs (Mecânica dos Sólidos e Mecânica dos Flúidos), o principal objectivo desta UC é dar a conhecer as diferenças existentes sobre o comportamento mecânico, leis constitutivas e interações entre partículas (grãos, moléculas, átomos) da nossa escala (macro) para a escala atómica.

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

Micro and nanotechnologies have been playing a key role in the design and development of new products, namely those directly associated with the area of Mechanical Engineering. This course aims to provide knowledge (i) on the mechanical behaviour of materials at the microscale (e.g. grain level) and nanoscale (e.g. molecules and atoms level) and also (ii) on methods of mechanical analysis of molecular and atomic structures. In addition to other UCs (Solid Mechanics and Fluid Mechanics), the main objective of this UC is to make known the differences between our scale (macro) and the atomic scale, regarding the mechanical behaviour of solids, their constitutive laws and the interactions between particles (grains, molecules, atoms).

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Conceitos fundamentais em micromecânica dos sólidos: escalas das estruturas e dos materiais. Elementos de volume representativo (RVEs) e células periódicas de unidade. Homogeneização e determinação de propriedades efetivas. Campos de tensão e tensão médios e macro. Localização: cálculo de micro campos de tensão e deformação. Modelação computacional em micromecânica. Comportamento de materiais à nanoescala. Interações atómicas não lineares. Diferenças na mecânica do contínuo (macro e micro). Campos de força interatómicos que governam as interações em nanoescala. Interações fortes (ligações covalentes) e fracas (de Van der Waals). Bases dos métodos de (i) mecânica molecular, (ii) elementos finitos atomísticos e (iii) dinâmica molecular. Avaliação das propriedades dos materiais em nanoescala. Mecanismos de falha de material. Modelação e simulação do comportamento mecânico de diferentes materiais na nanoescala, como metais, grafeno, nanotubos e nanocompósitos.

4.4.5. Syllabus:

Fundamental concepts in micromechanics in solid mechanics: Structural and material scales. Representative Volume Elements (RVEs) and Periodic Unit Cells. Averaging: Homogenization and Determination of Effective Properties.

Average and macro strain and stress fields. Localization: computation of stress and strain micro fields. Computational modelling in micromechanics. Behaviour of materials at nanoscale. Nonlinear interactions between its components, i.e., the atoms. Differences to continuum mechanics (macro and micro). Interatomic force-fields that govern the interactions at nanoscale. Both strong (bonded) and weak (non-bonded) interactions. Basis of molecular mechanics method, atomistic finite element method, and molecular dynamics method. Assessment of materials properties at nanoscale. Material failure mechanisms. Modelling and simulation of the mechanical behaviour of different materials at nanoscale, such as metals, graphene, nanotubes and nanocomposites.

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 é efectuada através de um único projecto de grupo (2-3 alunos) realizado com base no desenvolvimento de um programa computacional e na utilização de um programa de cálculo automáticos existente (e.g. elementos finitos atomístico). Neste projecto, pretende-se que o aluno execute a modelação de materiais, realize a simulação do material submetido a diferentes solicitações e saiba extrair as propriedades mecânicas relevantes à micro e/ou nano-escala.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment): The grading is based on a project made by 2-3 students and based on the development of a computational program and use of an existing software (e.g. atomistic finite elements). In this project, it is intended that the students develop the material modelling, perform the simulation of the material submitted to different actions and know how to extract the mechanical properties relevant to micro and/or nanoscale.

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 Micromechanics and Nanomechanics", Shaofan Li and Gang Wang , 2008, World Scientific.; "Multiscale Materials Modeling for Nanomechanics", Weinberger, Christopher R., Tucker, Garritt J. , 2016, Springer.; "Advanced Computational Nanomechanics", Silvestre, Nuno , 2016, John Wiley & Sons; Some chapters of other books deemed relevant for different parts of the course contents.

Mapa IV - Sistemas Inteligentes

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:
Sistemas Inteligentes**

**4.4.1.1. Title of curricular unit:
Intelligent Systems**

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

**4.4.1.3. Duração:
Semestral**

4.4.1.4. Horas de trabalho:**168.0****4.4.1.5. Horas de contacto:****49.0****4.4.1.6. ECTS:****6.0****4.4.1.7. Observações:****<sem resposta>****4.4.1.7. Observations:****<no answer>****4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):****Susana Margarida da Silva Vieira, 49h****4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:****<sem resposta>****4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

A disciplina tem por objectivos formar os alunos nos fundamentos da teoria dos sistemas inteligentes. Fornecer os princípios básicos da lógica vaga (fuzzy) e da sua aplicação à modelação, controlo e decisão qualitativas. Introdução dos formalismos da modelação e controlo por redes neuronais, assim como da teoria subjacente aos sistemas neuro-fuzzy, optimização fuzzy e deep learning aplicado a redes neuronais e modelação fuzzy.

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

To train students in the fundamentals of the theory of intelligent systems. Provide the basic principles of fuzzy logic (fuzzy) and its application to modelling, control and qualitative decision. Introduction to modelling and control by neural networks and to the theory underlying the neuro-fuzzy systems, fuzzy optimization and deep learning applied to neural networks and fuzzy modelling.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Soft computing. Conjuntos fuzzy: operações, relações, composição fuzzy, inferência e sistemas fuzzy. Modelos fuzzy baseados em regras. Modelo linguístico (Mamdani) e Takagi-Sugeno. Identificação com fuzzy clustering. Interpretabilidade de modelos fuzzy. Redes neuronais: definições, arquitecturas básicas; aprendizagem, redes multi-camada e redes neuronais baseadas em funções radiais. Aprendizagem. Redes recorrentes. Modelação dinâmica e estática com redes neuronais. Aprendizagem profunda. Redes neuro-fuzzy: sinergias da combinação das duas metodologias de modelação. Controlo fuzzy clássico. Controlo baseado em modelos. Controlo preditivo. Controlo por modelo interno linear e não linear. Controlo fuzzy inverso. Controlo com funções objectivo fuzzy. Algoritmo de branch-and-bound aplicado a controlo preditivo. Filtros preditivos fuzzy. Controlo com redes neuronais. Teoria da decisão fuzzy. Optimização fuzzy. Aplicações a problemas de modelação, decisão e controlo em engenharia.

4.4.5. Syllabus:

Introduction to soft computing. Fuzzy sets. Fuzzy operations, fuzzy relations and compositional rule of inference. Fuzzy systems. Rule based fuzzy models: linguistic (Mamdani) and Takagi-Sugeno. Dynamic systems identification using fuzzy clustering. Interpretability of fuzzy models. Artificial neural networks: definitions, basic architectures and learning. Multi-layer perceptron. Radial basis function networks. Recurrent networks. Dynamic modelling using neural networks. Neuro-fuzzy systems: synergies of the combination of the two modelling methodologies. Deep learning. Classic fuzzy control. Model-based control. Predictive control. Linear and nonlinear internal model control. Inverse fuzzy control. Control with fuzzy objective function. Formulation from the perspective of fuzzy decision theory. Branch-and-bound algorithm for predictive control. Fuzzy predictive filters. Control with neural networks. Applications to decision and control problems in engineering.

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

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

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

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

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Exame final (50%), projeto em sala de aula (20%), trabalho prático/projeto com apresentação final (30%).

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Final exam (50%), project based learning in the classroom (20%) final project with oral presentation (30%).

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

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

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

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

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Neuro-Fuzzy and Soft Computing: A Computational Approach to Learning and Machine Intelligence., J.-S. Jang, C.-T. Sun and E. Mizutani. , 1997, Prentice Hall, New Jersey, 1997.; Fuzzy Decision Making in Modeling and Control, J.M.C. Sousa and U. Kaymak, 2002, World Scientific Pub. Co; "Neural Networks and Learning Machines", S. Haykin, 2009, 3rd edition, Prentice Hall; "Fuzzy Control: Fundamentals, Stability and Design of Fuzzy Controllers", K. Michels, F. Klawonn, R. Kruse and A. Nürnberger, 2006, Springer; "Fuzzy Modeling for Control", R. Babuska, 1998, Kluwer Academic Publishers

Mapa IV - Energias Renováveis**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

Energias Renováveis

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Renewable Energies

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

TTCE

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168.0

4.4.1.5. Horas de contacto:

49.0

4.4.1.6. ECTS:

6.0

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

Luís Manuel de Carvalho Gato, 98 h

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 curso visa proporcionar aos alunos conhecimentos gerais sobre as Energias Renováveis. O programa é multidisciplinar e trata os princípios físicos e as tecnologias recentes. O currículo incide na produção de energia eléctrica, biocombustíveis e aplicações térmicas.

O curso inclui duas áreas principais:

- Fundamentos: leis físicas e a cadeia de conversão de energia renovável.***
- Tecnologia: as principais tecnologias do sector de energia renovável.***

Ao concluir o curso, os alunos serão capazes de:

- Compreender o sector de energia renovável sob diferentes perspectivas.***
- Compreender os fundamentos científicos e os princípios de projeto de engenharia dos sistemas de energia renovável.***
- Avaliar e comparar diferentes tecnologias de energia renovável.***

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

The course aims to provide students with general knowledge about Renewable Energy. The program is multidisciplinary and covers physical principles and technologies. The curriculum focuses on electric energy production, biofuels and thermal applications.

The course includes two main areas:

- Fundamentals: physical laws and the renewable energy conversion chain.***
- Technology: the main technologies in the renewable energy sector.***

Upon completion of the course, students will be able to:

- Understand the renewable energy sector from different perspectives.***
- Understand the scientific fundamentals and engineering design principles of renewable energy systems.***
- Evaluate and compare different renewable energy technologies.***

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Consumo de energia. Combustíveis fósseis e alterações climáticas. Energias renováveis, desenvolvimento sustentável e políticas energéticas.

Centrais hidroeléctricas. Recurso hídrico. Turbinas hidráulicas. Centrais reversíveis. Aspectos económicos e ambientais.

Energia eólica. Recurso. Aerodinâmica de turbinas. Cadeia de conversão de energia. Aproveitamentos eólicos offshore. Aspectos económicos e ambientais.

Energias dos oceanos: marés; correntes marítimas; diferencial térmico; ondas. Recurso energético e tipos de sistemas para o seu aproveitamento.

Energia solar. O movimento relativo da Terra e do Sol. Conversão fotovoltaica. Centrais fotovoltaicas. Aproveitamentos solares térmicos. Aspectos económicos e ambientais.

Energia geotérmica. Recurso. Tipos de centrais para produção de energia eléctrica. Bomba de calor geotérmica.

Biomassa. Fontes de biomassa: culturas e resíduos. Produção de electricidade e calor. Produção de combustíveis.

Energias renováveis intermitentes e armazenamento.

4.4.5. Syllabus:

Energy consumption. Fossil fuels and climate change. Renewable energies and sustainable development. Renewable energy policies.

Hydropower. Water resource. Hydraulic turbines. Pumped plants. Economic and environmental aspects.

Wind energy. Resource. Turbine aerodynamics. Energy conversion chain. Offshore wind farms. Economic and environmental aspects.

Ocean energies: tides; ocean currents; thermal differential; waves. Energy resource and systems. Current situation and prospects.

Solar energy. The relative motion of the earth and the sun. Resource. The principle of photovoltaic conversion.

Photovoltaic uses. Solar thermal uses. Current situation and prospects. Economic and environmental aspects.

Geothermal Energy. Resource. Power stations for electricity production. District heating. Geothermal heat pumps.

Biomass. Biomass as fuel. Biomass sources: crops and residues. Electricity and heat production. Production of fuels.

Intermittence of renewable energy and storage.

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 classificação é composta por um exame (E), dois minitests (T1 e T2) e um trabalho de laboratório (L).

A nota final (FG) é calculada usando

$$FG = 0,5 \times E + 0,2 \times (T1 + T2) + 0,1 \times L.$$

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The grading is composed of an exam (E), two mini tests (T1 and T2) and one laboratory work (L).

The final grade (FG) is computed as

$$FG = 0.5 \times E + 0.2 \times (T1 + T2) + 0.1 \times L.$$

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:

"Renewable Energy: Power for a Sustainable Future", G. Boyle, 2012, Oxford University Press, Third Edition, (ISBN 0199545332).; "Fundamentals of Renewable Energy Processes", Aldo V. da Rosa, 2012, Academic Press, Third Edition, (ISBN 0123972191).; "Sustainable Energy: Choosing Among Options", J.W. Tester, E.M. Drake, M.J. Driscoll, M.W. Golay, W.A. Peters, 2012, MIT Press, (ISBN 0262017474); "Renewable Energy Resources", J. Twidell, T. Weir, 2015, Taylor & Francis, Third Edition, (ISBN 0415584388).; "Principles of Solar Engineering", D.Y. Goswami, F. Kreith, J.F. Kreider, 2000, Taylor & Francis, 2000 (ISBN 1560327146); "Sustainable Energy – without the hot air", D.J.C. MacKay, 2011, UIT, Cambridge, UK, (ISBN 9780954452933).

Mapa IV - Vibrações e Ruído

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Vibrações e Ruído

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Vibrations and Noise

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

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):

ist12042, Nuno Manuel Mendes Maia, 42 h

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

*ist13915, Miguel Pedro Tavares da Silva, 49 h**ist145699, Hugo Filipe Diniz Policarpo, 49 h*

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

- *Proporcionar as bases do fenómeno vibratório, a fim de que os alunos possam interpretar correctamente a realidade física, nas mais variadas facetas;*
- *Consolidar os fundamentos alicerçados na física e na matemática que na altura em que a matéria é ministrada os alunos já devem possuir, através do aprofundamento das matérias teóricas bem como da resolução de problemas;*
- *Procurar tanto quanto possível, através de problemas práticos, que os alunos adquiram os conhecimentos suficientes para abordarem a solução de problemas da vida real;*
- *Fornecer conhecimentos básicos na área do ruído.*

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

- *To teach the basis of the vibratory phenomenon, to correctly interpret the physical reality, in its various aspects;*
- *To consolidate the fundamentals learnt in Physics and Mathematics, through a deeper study of the subjects and through the resolution of problems;*
- *To seek as much as possible that the students obtain enough knowledge to address practical problems of real life;*
- *To teach basic knowledge in the area of noise.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Revisão de conceitos básicos: Tipos de solicitações; Discretização; Elementos de um sistema; Movimento harmónico; Representação vectorial; Sistema de 1 GDL; Resposta livre e forçada.

Formulação das equações de movimento: Trabalhos virtuais; D'Alembert; Hamilton; Equações de Lagrange.

Transmissibilidade: Modelos de amortecimento; Aquisição de dados experimentais; Identificação de parâmetros;

Resposta dinâmica a forças periódicas e não periódicas.

Sistemas discretos de múltiplos GDL: Vibração livre; Modos de vibração; Solicitações harmónicas; Análise modal;

Quociente de Rayleigh; Solicitações não periódicas

Sistemas contínuos: Vibração de elementos estruturais; Métodos aproximados.

Vibrações em contexto industrial: Controlo de condição de máquinas; Aquisição de dados em estruturas complexas;

Análise de resultados; Modificação de sistemas para melhoria da resposta dinâmica; Exposição humana às vibrações.

Introdução ao ruído: Níveis sonoros; Medição e controlo; Cancelamento activo ruído.

4.4.5. Syllabus:

Review of basic concepts: Dynamic forces; Discretization; System elements; Harmonic motion; Vector representation; 1 DoF system; Free and forced response.

Formulation: Principle of virtual work; D'Alembert's; Hamilton's; Lagrange equations. Transmissibility: Damping models; Acquisition of experimental data; Identification of parameters; Dynamic response for periodic and non-periodic loading.

Discrete systems for multiple DoF: Free vibration; Vibration modes; Harmonic loading; Modal analysis; Rayleigh Quotient; Non-periodic loading.

Continuous systems: Vibration of structural elements; Approximate methods.

Industrial vibrations: Condition monitoring; Data acquisition in complex structures; Analysis of results; Modification of systems to improve dynamic response; Human exposure to vibrations. Introduction to noise: Sound levels; Measurement and control; Noise active cancellation

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

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

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

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

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

2 trabalhos de laboratório (com entrega de relatório), com peso de 20%

2 mini-testes, com peso de 20%

Exame final, com peso de 60%. Nota mínima de 9,5 valores no exame. Prova oral se a nota final for superior a 17 valores.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

2 Lab. reports (20%)

2 mini-tests (20%)

Final exam (60%). There is a minimum of 9,5 in the exam. Oral exam if the final mark is higher than 17.

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:

"Mechanical Vibrations", S. S. Rao, 0000, 3ª edição, Ed. Addison-Wesley; "Introdução à Dinâmica Analítica", Nuno M. M. Maia, 2000, 2000, IST Press (in portuguese); "Apontamentos de Vibrações e Ruído", Júlio M. Montalvão e Nuno M. M. Maia, 1996, Edição AEIST, 1996 (in portuguese)

Mapa IV - Automação Avançada

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Automação Avançada

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Advanced Automation

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

CAII

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168.0

4.4.1.5. Horas de contacto:

49.0

4.4.1.6. ECTS:

6.0

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

João Miguel da Costa Sousa, 49h

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

<sem resposta>

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

Os alunos devem tomar conhecimento e desenvolver projectos em automação avançada. Esta consiste numa implementação bem sucedida e interligada das seguintes tecnologias: Business Process Management (BPM), Robotic Process Automation (RPA), análise de dados e modelação baseada em dados.

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

The students must get acquainted and develop projects in advanced automation, which consists of a successful and interconnected implementation of the following technologies: Business Process Management (BPM), Robotic Process Automation (RPA), Data Analysis and Data Modeling.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Introdução à Automação Avançada: implementação e interligação de: 1) Business Process Management, 2) Robotic Process Automation, 3) análise e modelação de dados. BPM: tecnologias de automação de processos; Coordenação eficiente de pessoas, sistemas e dados; Infraestruturas de processos operacionais e de negócios; simulação. RPA: tecnologia para redução da intervenção humana em tarefas repetitivas. Análise de dados para engenharia mecânica: compreensão, preparação e modelação de dados. Ligação e integração entre sistemas para a automação avançada. APIs para automação avançada: integração baseada em Simple Object Access Protocol Representational State Transfer. BPM e RPA utilizando Unified Modeling Language (UML) e bases de dados. Bases de dados relacionais, modelos relacionamento/entidade e a sua relação com UML e bases de dados noSQL. Integração baseada em fog e cloud computing para automação. Exemplos de aplicação: otimização de processos industriais, manutenção preditiva, etc.

4.4.5. Syllabus:

Introduction to Advanced Automation: implementation and interconnection of: 1) Business Process Management, 2) Robotic Process Automation, 3) Data Analysis and Data Modeling, 4) interconnection of the 3 previous. BPM: Process automation technology. Efficient coordination of people, systems and data. Operational and business process infrastructures. BPM in simulation. RPA: Technology to reduce human intervention in repetitive tasks. Data understanding, data preparation and data modeling. Connection and integration Advanced Automation. Software for Advanced Automation. API for integration based on Simple Object Access Protocol and on Representational State Transfer. BPM and RPA using Unified Modeling Language (UML) and databases. Relational databases, basic query structures, entity-relationship model and its relation with UML, and noSQL databases. Integration based on fog and cloud computing for automation. Applications: optimization industrial processes, predictive maintenance, etc.

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

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

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

Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (point 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%) e projecto (50%). Os projectos integrarão fog e cloud computing para automação, sendo desenvolvido com a utilização de Application Programming Interfaces (API) baseados em serviços web, tais como SOAP ou REST.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Exam (50%) and project (50%). Projects will integrate fog and cloud computing for automation, and will be developed using Application Programming Interfaces (API) based on web services such as SOAP or REST.

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 Business Process Management”, Dumas, M., La Rosa, M., Mendling, J., Reijers, 2018, H, Springer; “Learning Robotic Process Automation: Create Software Robots and Automate Business Processes with the Leading RPA Tool – UiPath”, Alok M. Tripathi, 2018, Packt Publications; “The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction”, Trevor Hastie, Robert Tibshirani, and Jerome Friedman, 2009, Springer; “Database Systems Concepts”, Silbserchatz, H. Korth, S. Sudarshan, 2006, McGraw-Hill; “Designing Data-Intensive Applications: The Big Ideas Behind Reliable, Scalable, and Maintainable Systems”, Martin Kleppmann., 2017, O'Reilly Media; “Learning XML”, Erik T. Ray, 2003, 2nd Edition, O'Reilly Media; “Guide to Intelligent Data Analysis: How to Intelligently Make Sense of Real Data. Series”, M. Berthold, C. Borgelt, F. Höppner and F. Klawonn, 2010, Texts in Computer Science. Springer

Mapa IV - Gestão de Sistemas de Energia**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

Gestão de Sistemas de Energia

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Energy Systems Management

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

AE

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168.0

4.4.1.5. Horas de contacto:

49.0

4.4.1.6. ECTS:

6.0

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

Carlos Augusto Santos Silva, 49 h

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

ist12361, Paulo Ferrão, 49 h

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

*Dotar os alunos com os conceitos necessários para a modelação, conceção e otimização do funcionamento de um sistema de energia a diferentes escalas temporais e espaciais;
Realizar a análise integrada de toda a cadeia dos sistemas energéticos, desde a procura, conversão e armazenamento até à geração.
Implementar gestão dos sistemas de energia, com base na digitalização dos sistemas de energia, da gestão ativa da procura, com a integração de sistemas de armazenamento, a implementação de programas de eficiência energética e a aplicação de novos modelos de negócio no sector da gestão de energia.*

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

*Understand the concepts to model, design and optimize an energy system at different time and spatial resolution.
Perform an integrated analysis of the energy system chain, from the demand, conversion, storage and the supply
Manage energy systems, based on the digitalization of energy systems, the implementation of demand management strategies, the integration of storage systems, the implementation of energy efficiency measures and the application of new business models.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1 – Introdução aos sistemas de energia. Revisão de conceitos e definições. Ferramentas de representação de sistemas de energia.*
- 2 – Modelação de serviços de energia em diferentes sectores (edifícios, transportes, indústria, agricultura).*
- 3 – Introdução às ferramentas de análise de sistemas de energia (simulação e otimização).*
- 4 – Aplicação de ferramentas a múltiplas escalas espaciais e temporais.*
- 5 - Modelação física de sistemas de sistemas de energia: modelos de balanço de energia, modelos de equações diferenciais, modelos equivalentes.*
- 6 – Modelação com base em dados de sistemas de energia (estatísticos, aprendizagem máquina).*
- 7 – Algoritmos de gestão de energia para otimização do consumo de energia, emissões, custo.*
- 8 - Mercados de energia, contratos de energia e novos modelos de negócio*
- 9 – Desenvolvimento de ferramenta de gestão de energia (diferentes aplicações)*

4.4.5. Syllabus:

- 1 – Introduction to energy systems. Review of concepts and definitions. Tools to represent energy systems.*
- 2 – Modeling energy services in different sectors (buildings, transports, industry, agriculture).*
- 3 – Introduction to tools to analyze energy systems (simulation and optimization).*
- 4 – Application of the tools to different spacial and time scales.*
- 5 - Physical modeling of energy systems:energy balance models, differential equation models, equivalent models.*
- 6 – Data driven modeling of energy systems (statistical modeling, machine learning models).*
- 7 –Energy management algorithms to optimize energy demand, emissions and costs.*
- 8 - Energy markets, energy contracts and financing and new business models*
- 9 – Development of na energy management tool (different applications)*

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

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

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

The syllabus covers the main topics of energy systems management and the theoretical and practical applications of the subject, allowing the student to review and deepen background knowledge, as well as acquire new knowledge useful to his activity as an engineer in the energy area. The learning is enabled through autonomous research. Theoretical bases, essential concepts and application examples are provided, and students are asked to study the contents and solve application exercises and develop a project.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

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

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Individual computational project (40%), presentation (10%) and two mini-tests (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 do estudo autónomo e discussão em sala de aula, bem como a elaboração de projectos individuais de síntese da matéria. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliar 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 autonomous study and discussion in the classroom, as well as the elaboration of individual projects for the synthesis of the subject. This approach will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:
"Sustainable Energy - Without the Hot Air", David JC MacKay, 2009, UIT Cambridge; "Renewable Energy Systems, A Smart Energy Systems Approach to the Choice and Modeling of 100% Renewable Solutions", Henrik Lund, ----, Academic Press, ISBN: 9780124095953

Mapa IV - Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:
Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica

4.4.1.1. Title of curricular unit:
Mechanical Engineering Master Thesis

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

4.4.1.3. Duração:
Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:
840.0

4.4.1.5. Horas de contacto:
28.0

4.4.1.6. ECTS:
30.0

4.4.1.7. Observações:
<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:
<no answer>

4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):
ist30274, Carlos Frederico Neves Bettencourt da Silva, 28h

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

ist13408, Edgar Caetano Fernandes, 28h
ist13093, Paulo Jorge Coelho Ramalho Oliveira, 28h
ist12462, Carlos Baptista Cardeira, 28h
ist13786, João Orlando Marques Gameiro Folgado, 28h
ist13987, Luís Filipe Galvão dos Reis, 28h
ist11915, Rui Manuel Dos Santos Oliveira Baptista, 28h
Outro(s) Orientador(es) Científico(s) da Dissertação, 28h

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

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

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

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

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

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

4.4.5. Conteúdos programáticos:

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

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

4.4.5. Syllabus:

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

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

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

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

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

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

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

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

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

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

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

A metodologia de ensino basear-se-á 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:

Depende do tópico da dissertação, ----, ----, ----

Mapa IV - Aerodinâmica

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Aerodinâmica

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Aerodynamics

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

TTCE

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168.0

4.4.1.5. Horas de contacto:

49.0

4.4.1.6. ECTS:

6.0

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

Luís Rego da Cunha de Eça, 49 h

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 objetivo principal da unidade curricular é transmitir aos alunos os conhecimentos teóricos e práticos necessários para o estudo das características aerodinâmicas de superfícies sustentadoras e de corpos não fuselados. Assim, pretende-se nesta disciplina que o aluno utilize as noções básicas adquiridas nas unidades curriculares de Mecânica dos Fluidos I e II para analisar escoamentos de interesse prático, mas que simultaneamente tome contacto com métodos numéricos actualmente disponíveis para o estudo de superfícies sustentadoras.

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

This main goal of this course is to transmit to the students the basic theories for the study of the aerodynamic characteristics of lifting surfaces and bluff bodies. The basic notions of Fluid Mechanics are used to interpret the flow around geometries of practical interest and the course also describes different numerical methods available for the study of finite wings.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Objectivos da Aerodinâmica e equações fundamentais. Camada limite incompressível tridimensional. Transição de regime laminar para turbulento. Escoamento incompressível de fluido ideal: potencial de velocidade; transformação conforme. Superfícies sustentadoras: perfis alares em fluido ideal; perfis alares em fluido real; asas finitas. Corpos não fuselados.

4.4.5. Syllabus:

Fundamental equations and goals of Aerodynamics. Incompressible three-dimensional boundary layers, transition from laminar to turbulent flow. Ideal flow of an incompressible fluid: velocity potential, conformal mapping. Lifting surfaces: airfoils in ideal flow, airfoils in viscous flow, finite wings. Bluff bodies.

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 é composta por três elementos: Exame final escrito (50%); trabalho prático (numérico ou experimental) para a determinação das características aerodinâmicas de um perfil alar (25%); apresentação dos exercícios propostos para as aulas de problemas (25%). A nota final é obtida a partir da média ponderada das notas do exame e trabalho prático. A apresentação de exercícios nas aulas de problemas pode contribuir para o aumento da nota final até 2 valores. A nota mínima no exame escrito para aprovação na unidade curricular é de 10 valores.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The evaluation is composed of three elements: Written exam (50%); practical assignment (numerical or experimental) for the determination of the aerodynamic characteristics of an airfoil (25%); presentation of the exercises proposed for the problem classes (25%). The final grade is obtained from a weighted average of the written exam and practical assignment. Presentation of exercises in the problems classes may contribute with 2 extra marks for the final grade. Approval in this course requires a minimum of 10 marks in the written 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:

"Aerodinâmica Incompressível: Fundamentos", Vasco de Brederode, 2018, IST Press, 2ª Ed.; Aerodinâmica Incompressível: Exercícios, Luís Eça, 2015, IST Press; "Fluid Flow, A First Course in Fluid Mechanics", Sabersky R.H., Acosta A.J., Hauptmann E.G, Gates E.M., 1999, Prentice Hall, 4th Edition; "Boundary Layer Theory", Schlichting H., 1979, McGraw-Hill, 7th Edition; "Aerodynamics of the Airplane", Schlichting K., Truckenbrodt E., Ramm H.J., 1979, McGraw-Hill

Mapa IV - Tecnologia de Enformação Plástica

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Tecnologia de Enformação Plástica

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Metal Forming Technology

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

TMGI

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, L-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):

Paulo António Firme Martins, ist12470, 84 h

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

Maria Beatriz Cipriano de Jesus Silva, ist14189, 14 h

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

Esta unidade curricular tem por objetivo fornecer competências avançadas nos domínios da conceção, projeto e dimensionamento de processos e ferramentas industriais de enformação plástica. Para tal, são identificados os principais limites de enformabilidade e as principais abordagens teóricas e experimentais utilizadas na sua caracterização e determinação. É fornecida uma perspetiva de utilizador sobre as principais formulações de elementos finitos utilizadas na simulação processos de enformação plástica de modo a desenvolver nos alunos competências de utilização qualificada de programas comerciais. O acoplamento termo-electro-mecânico construído com base na formulação de escoamento plástico é analisado em detalhe. Na parte final da unidade curricular são estudados um

conjunto de processos industriais de enformação plástica na massa e de chapa tendo em consideração os conhecimentos entretanto adquiridos ao nível da enformabilidade e da simulação numérica.

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

The course aims to provide advanced skills for the project and design of metal forming processes and tooling. Formability limits and the theoretical and experimental methods and procedures for its determination are comprehensively analysed. A user's perspective on the main existing finite element formulations to analyse metal forming processes is given so that students can recognize the pitfalls of the existing formulations, identify the possible sources of errors and understand the routes for validating their numerical results. Special attention is paid to thermo-electric-mechanical coupling built upon the finite element flow formulation. Selected bulk and sheet metal forming industrial processes are studied taking into consideration the above mentioned knowledge on formability limits and finite element modelling.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1. Enformabilidade. Instabilidade plástica e fratura. Critérios de dano. Ensaios experimentais. Representação dos limites de enformabilidade no espaço das extensões principais e no espaço da triaxialidade.**
- 2. Simulação numérica de processos de enformação plástica. Perspectiva de utilizador sobre as formulações quasi-estáticas e dinâmicas. Precisão, fiabilidade e validade dos programas de elementos finitos para processos de enformação plástica.**
- 3. Formulação de escoamento plástico. Princípio variacional. Acoplamento termo-electro-mecânico. Constrangimentos. Discretização. Implementação computacional.**
- 4. Processos de enformação plástica na massa. Forjamento. Extrusão. Trefilagem. Laminagem.**
- 5. Processos de enformação plástica de chapa. Flexão em domínio plástico. Quinagem. Calandragem. Fluo-torneamento. Estampagem. Estampagem incremental.**

4.4.5. Syllabus:

- 1. Formability. Plastic instability and fracture. Ductile damage. Experimental characterization. Representation in principal strain space and in stress triaxiality space.**
- 2. Numerical simulation of metal forming processes. User's perspective on quasi-static and dynamic formulations. Accuracy, reliability and validity of finite element computer programs for metal forming processes.**
- 3. Finite element flow formulation. Variational principle. Thermo-electric-mechanical coupling. Constraints. Discretization. Computer implementation.**
- 4. Bulk metal forming processes. Forging. Extrusion. Drawing. Rolling.**
- 5. Sheet metal forming processes. Bending. Roll bending. Fluoturning. Deep drawing. Incremental sheet forming.**

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

O conteúdo programático abrange conceitos de enformabilidade e de simulação numérica indispensáveis à aquisição de competências avançadas no domínio da conceção, projeto e dimensionamento de processos e ferramentas industriais de enformação plástica. O conteúdo desta unidade curricular é muito importante para atividade profissional dos engenheiros mecânicos especialistas em produção capacitando-os, ainda, para outras aprendizagens por intermédio de pesquisa autónoma. São fornecidas as bases teóricas e efetuados exemplos de aplicação prática e laboratorial solicitando-se aos alunos o estudo dos conteúdos teóricos, a resolução de exercícios e a realização de um trabalho experimental e/ou de simulação numérica que integre os conhecimentos adquiridos na unidade curricular.

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

This course covers the key topics on formability and numerical modelling that are needed to acquire advanced knowledge on project and design of metal forming processes and tooling. The course contents is very important for the professional careers of mechanical engineers with a specialization in production and will enable them to acquire additional knowledge through autonomous learning. Theoretical basis are provided and examples of practical application and laboratory work are carried out. Students are asked to study the theoretical contents, to solve the application exercises and to perform an experimental and/or numerical simulation work that integrates the entire knowledge acquired in the course.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As metodologias de ensino pretendem apoiar a aprendizagem da componente teórica com a resolução de problemas e a realização de ensaios laboratoriais. O trabalho de natureza experimental e/ou computacional reforça a componente prática aplicada a processos de fabrico reais bem como o trabalho autónomo e a responsabilização dos estudantes. A metodologia de avaliação desta unidade curricular é a seguinte: 1 exame (60% classificação) e 1 trabalho de natureza experimental e/ou computacional (40% classificação).

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Teaching methodologies are design to support the acquisition of theoretical knowledge with problem solving and laboratory tests. The experimental and/or numerical simulation work reinforces the applicability to real manufacturing

processes as well as the autonomous work and accountability of the students. The evaluation methodology in this course is the following: 1 exam (60% of the final classification) and 1 experimental/numerical based work (40% of the final classification).

4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:
A metodologia de ensino baseia-se na transferência de conceitos teóricos e práticos complementados com ensaios laboratoriais de modo a que os alunos possam desenvolver um conhecimento abrangente e compatível com os objetivos da unidade curricular. A resolução de exercícios e a realização de um trabalho experimental e/ou de simulação numérica permitirá confrontar os alunos com problemas de engenharia associados a processos de enformação plástica reais.

4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:
The teaching methodology is based on the acquisition of theoretical and practical knowledge complemented with laboratory tests so that students can develop a comprehensive and broad understanding that is compatible with the objectives of the course. The resolution of exercises and the experimental and/or numerical simulation work will enable students to face engineering problems associated with real metal forming processes.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

"Cold and Hot Forging: Fundamentals and Applications", Altan T., Ngaile G., Shen G., 2004, ASM International.; "Mechanics of Sheet Metal Forming", Marciniak Z, Duncan J.L., Hu S.J., 2002, Butterworth-Heinemann.; "Metal Forming: Mechanics and Metallurgy", Hosford W.F., Caddell R.M., 2011, Cambridge University Press; "Modelling of thermo-electro-mechanical manufacturing processes with applications in metal forming and resistance welding", Nielsen C.V., Zhang W., Alves L.M., Bay N., Martins P.A.F, 2012, Springer.; "Sheet Metal Forming. Fundamentals", Altan T., Tekkaya A.E, 2012, ASM International; "Sheet Metal Forming. Processes and Applications", Altan T., Tekkaya A.E, 2012, ASM International.; "Tecnologia Mecânica – Tecnologia da Deformação Plástica" Vols I e II, Rodrigues J.M.C., Martins P.A.F., 2005, Escolar Editora.; "Tecnologia Mecânica – Tecnologia da Deformação Plástica" Vol III, Gouveia B., Rodrigues J.M.C., Martins P.A.F., 2011, Escolar Editora.

Mapa IV - Energia em Edifícios e Climatização

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:
Energia em Edifícios e Climatização

4.4.1.1. Title of curricular unit:
Energy and Air-Conditioning in Buildings

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

4.4.1.3. Duração:
Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:
168.0

4.4.1.5. Horas de contacto:
49.0

4.4.1.6. ECTS:
6.0

4.4.1.7. Observações:
<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:
<no answer>

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

José Manuel da Silva Chaves Ribeiro Pereira (28 horas)

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

ist148033 Miguel Abreu de Almeida Mendes (21 horas)

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

Fornecer os conhecimentos básicos indispensáveis para actuar ao nível dos diferentes aspectos de engenharia dos sistemas de AVAC e energia em edifícios: projecto, física dos edifícios, simulação dinâmica e qualidade do ar interior.

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

Provide the basic knowledge necessary to act in terms of the different engineering aspects of HVAC and energy systems in buildings: design, building physics, dynamic simulation and indoor air quality.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Esta Unidade Curricular explora os fundamentos de Aquecimento, Ventilação e Ar-Condicionado (AVAC), com incidência particular nos tópicos seguinte:

Caracterização, classificação e desempenho dos vários tipos de sistemas de climatização. Unidades de tratamento de ar e equipamentos para aquecimento e arrefecimento; Psicrometria dos processos relevantes em AVAC; Noções de ciclos termodinâmicos relevantes para AVAC; Ventilação e infiltração. Ventilação natural e mecânica; Controlo da qualidade do ar interior; Conforto térmico; Balanço de energia a edifícios. Cargas térmicas sensíveis e latentes. Ganhos solares e sombreamento; Aplicação de programas informáticos para dimensionamento, escolha do equipamento e análise dinâmica; Sistemas de condutas e noções básicas de dimensionamento; Eficiência energética em edifícios e edifícios NZEB; Disposições técnicas aplicáveis ao AVAC: directivas comunitárias, legislação nacional, normas e manuais técnicos.

4.4.5. Syllabus:

This course explores the fundamentals of Heating, Ventilation and Air Conditioning (HVAC), with particular focus on the following topics:

Characterization, classification and performance of the various types of air conditioning systems. Air handling units and heating and cooling equipment; Psychrometry of the relevant processes in HVAC; Basics of the relevant thermodynamic cycles for HVAC; Ventilation and infiltration. Natural and mechanical ventilation; Indoor air quality control; Thermal comfort; Energy balance in buildings. Sensible and latent thermal loads. Solar gains and shading; Application of computer programs for sizing, equipment selection and dynamic analysis; Duct systems and sizing; Energy efficiency in buildings and NZEB buildings; Technical remarks applicable to HVAC: UE directives, national legislation, standards and technical manuals.

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, acima descritos, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.

Os conteúdos programáticos abrangem os principais tópicos relacionados com a utilização e racionalização da energia em edifícios.

Nesta UC são fornecidas as bases teóricas, os conceitos essenciais, exemplos de aplicação, simulação energética e resolução de exercícios de aplicação, que permitem aos alunos uma visão geral, global, dos problemas em questão. As soluções particulares e tecnológicas serão conseguidas através dos conhecimentos anteriormente obtidos noutras UCs e informação técnica ou científica que os alunos facilmente poderão escrutinar e assimilar.

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, described above, aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes of the UC.

The syllabus covers the main topics related to the use and rationalization of energy in buildings.

In this UC the theoretical bases, the essential concepts, application examples, energy simulation and resolution of application exercises are provided, which allow students to have a general, global view of the addressed problems. The particular and technological solutions will be achieved through the knowledge, previously obtained in other UCs, and technical or scientific information that students can easily scrutinize and assimilate.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Trabalho computacional (30%), 2 mini-testes (20%), Exame (50%)

As metodologias de ensino pretendem dar um peso significativo (30%+20%=50%) à componente da aprendizagem baseada em resolução de problemas e projectos. O projecto terá uma parte em que os alunos podem seguir linhas

diferentes, procurando soluções gerais ou ótimas, e serão muito valorizadas as análises técnicas que incluam as variantes de análise crítica ou de contexto.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Computational work (30%), 2 minitests (20%), Exam (50%)

The teaching methodologies aim to give a significant weight (30% + 20% = 50%) to the component of learning based on problem solving and projects. The project will have a part in which students can follow different lines, looking for general or optimal solutions. Technical discussions focused on critical analysis or context issues will be highly valued.

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

Os métodos de ensino foram concebidos de modo a que os alunos possam desenvolver um conhecimento abrangente, assegurando a conformidade com os objetivos da unidade curricular. A realização de trabalhos práticos (nomeadamente de simulação computacional) permite o confronto, análise e o entrosamento com problemas de engenharia reais.

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

The teaching methods have been designed so that students can develop comprehensive knowledge, also ensuring compliance with the objectives of the course. The practical works to be conducted (namely computational simulations) allows for the confrontation, analysis and integration with real engineering problems.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

"ASHRAE Handbook - Fundamentals", ----, 2017, (SI Edition), ASHRAE; "Principles of Solar Engineering", Yogi Goswami, 2015, CRC Press

Mapa IV - Métodos Experimentais para Análise de Sistemas Energéticos

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Métodos Experimentais para Análise de Sistemas Energéticos

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Experimental Measurements for the Analysis of Energy Systems

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

AE

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

84.0

4.4.1.5. Horas de contacto:

24.5

4.4.1.6. ECTS:

3.0

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

António Luís Nobre Moreira (75%)

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

Área Científica de Controlo, Automação e Informática Industrial

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

Dar a conhecer um espetro alargado de métodos experimentais e técnicas de medição utilizados na caracterização de sistemas energéticos. Os alunos terão contato com uma gama alargada de métodos experimentais, os quais serão analisados e discutidos do ponto de vista dos princípios de funcionamento e das características funcionais específicas, dando-se particular importância às incertezas dos resultados que fornecem e em função das condições de utilização.

O estudo dos métodos experimentais é uma extensão necessária do conhecimento analítico. O conhecimento dos métodos experimentais para a caracterização de processos de conversão de energia permite enriquecer, aprofundar e desenvolver o conhecimento analítico utilizado na análise desses processos, ao mesmo tempo que uma clara compreensão das dificuldades de medição desenvolve uma atitude cuidada no teórico.

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

Describe a wide range of experimental methods and measurement techniques used in the characterization of energy systems. Students will have contact with a wide range of experimental methods, which will be analyzed and discussed from the point of view of operating principles and specific functional characteristics, giving particular importance to the uncertainties of the results they provide and depending on the conditions of use.

The study of experimental methods is a necessary extension of analytical knowledge. The knowledge of experimental methods for the characterization of energy conversion processes allows to enrich, deepen and develop the analytical knowledge used in the analysis of these processes, while a clear understanding of the measurement difficulties develops a careful attitude in the theoretical.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Seleção da metodologia para a caracterização de sistemas energéticos e da instrumentação mais apropriada para medir as grandezas relevantes. Caracterização experimental para modelação matemática e validação de modelos analíticos e numéricos ou para auditorias energéticas.

Descrição das técnicas para a medição de caudais, fluxos de calor, corrente e potência elétricas e das técnicas para a medição dos campos de velocidade, pressão, temperatura e composição química em escoamentos, incluindo aqueles com variações de temperatura e composição química. Efeito das propriedades do escoamento na precisão dos resultados.

Técnicas de aquisição, condicionamento e processamento de dados, incluindo as de processamento de imagem e plataformas de programação. Planeamento das medições e seleção da instrumentação. Apresentação dos resultados experimentais.

4.4.5. Syllabus:

Selection of the methodology for the characterization of energy systems and the most appropriate instrumentation to measure the relevant quantities. Experimental characterization for mathematical modeling and validation of analytical and numerical models for energy audits.

Description of techniques for measuring electrical flows, heat flows, current and power and techniques for measuring velocity fields pressure, temperature and chemical composition in flows, including those with variations in temperature and chemical composition. Analysis of the flow properties on the accuracy of the results.

Data acquisition, conditioning and processing techniques, including image processing and programming platforms. Measurement planning and instrumentation selection. Presentation of experimental results.

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):

Projeto desenvolvido durante o semestre, cumprindo com o seguinte programa de avaliação:

- Apresentação oral e ppt do trabalho, ao fim de duas semanas: contexto, objetivos, metodologia, plano de trabalho (10%).*
- Apresentação intermédia e ppt: resultados obtidos (apresentação e discussão); análise dos desvios; reprogramação (10%).*

- **Relatório final de acordo com o template fornecido e apresentação pública com discussão pública (70%).**

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

project work to be developed during the semester, so to accomplish with the following assessment program:

- **Oral presentation and ppt of the work: context, objectives, methodology, work-plan (10%)**
- **Intermediate presentation and ppt: results obtained (presentation and discussion); analysis of the deviations; re-schedule (10%)**
- **Final report and presentation (70%)**

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

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

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

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

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

"Handbook of Experimental Fluid Mechanics", Tropea, Yarin and Foss, 2007, (Eds.), Springer ; "Experimental Methods for Engineers", J.P. Holman, 2011, MCGraw-Hill Education - Europe; "Principles of Cyber-Physical Systems", Rajeev Alur, 2015, MIT Press; "Digital Image Processing", Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods, 2018, 4th Edition, Pearson; "Imaging Measurement Methods for Flow Analysis", Wolfgang Nitsche, Christoph Doboriloff, 2009, (Eds.) Springer

Mapa IV - Visão Computacional

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Visão Computacional

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Computational Vision

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

CAII

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168.0

4.4.1.5. Horas de contacto:

49.0

4.4.1.6. ECTS:

6.0

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

José Raul Carreira Azinheira, 19 h

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

ist13959, Alexandra Bento Moutinho, 30 h

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

O objetivo desta disciplina é introduzir os alunos à Visão Computacional, uma área de grande importância em Engenharia Mecânica. Os primeiros tópicos introduzidos irão permitir resolver problemas como os de controlo de qualidade em tempo real ou reconhecimento baseados em imagens. Outros tópicos, relacionados com a geometria da aquisição de imagens, serão aplicados ao posicionamento e à reconstrução 3-D. Finalmente, os alunos serão introduzidos a diferentes áreas de aplicação da visão computacional em engenharia, como a inspeção visual automática, posicionamento, soldadura e controlo de robôs recorrendo a visão.

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

The goal of this course is to introduce students to Computer Vision, an area of increasing importance in engineering sciences, in particular in Mechanical Engineering. Introductory topics allow to solve problems like those concerning real time quality control or image-based recognition. Further topics concerning the image acquisition geometry are applied to positioning and 3-D reconstruction. Finally, students are introduced to different application areas of computer vision, in particular automatic visual inspection, robot visual tracking and visual servoing.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Componentes de um sistema de visão: iluminação; câmaras. Representação de imagens: espaços de cor; conversão entre espaços de cor; níveis de cinzento; histograma de imagens; imagens binárias; binarização manual e automática. Operações sobre imagens: histogramas; filtros lineares e morfológicos. Segmentação de imagens: deteção de pontos, linhas e arestas; transformadas de Hough; deteção de cantos; segmentação baseada em regiões; transformada de watershed. Descrição de imagens: contornos; descritores de fronteiras e regionais; descritores de texturas e binários. Modelação do processo de aquisição: conceitos básicos de óptica e de radiometria; modelação geométrica do processo de aquisição; parâmetros intrínsecos e extrínsecos das câmaras; calibração de câmaras. Visão estéreo: problema da correspondência; geometria epipolar; reconstrução 3-D. Sistemas de visão inteligentes para segmentação e classificação. Aplicações: inspeção visual automática; seguimento e controlo de robôs com visão.

4.4.5. Syllabus:

Components of a vision system: lighting equipment; cameras. Image representation: color spaces; color spaces conversion; intensity images; image histograms; binary images; manual and automatic binarization. Basic operations on images: histogram-based operations; linear filters; morphological filters. Image segmentation: points, lines and edge detection; Hough transforms; corners detection; region-based segmentation; the watershed transform. Image description: representation from contours; border descriptors; regional descriptors; texture descriptors; binary descriptors. Modelling image acquisition: basic optics; basic radiometry; geometric camera models; intrinsic and extrinsic camera parameters; cameras calibration. Stereo vision: the correspondence problem; epipolar geometry; 3-D reconstruction. Intelligent vision systems for segmentation and classification. Applications: automatic visual inspection; visual tracking; visual servoing.

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

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

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

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

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Projectos (dois): 60%, Exame final: 40%.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Projects (two): 50%, Final Exam: 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 were conceived so that the students reach a broad knowledge, allowing to fulfill the intended learning outcomes. The assessment using practical work and projects allows the student to get familiarized with real case problems.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

"Digital Image Processing using Matlab", R. Gonzalez, R. Woods, S. Eddins, 2004, Prentice Hall; "An Introduction to 3D Computer Vision Techniques and Algorithms", Bogusław Cyganek and J. Paul Siebert, 2009, John Wiley & Sons, Ltd; "Multiple View Geometry in Computer Vision", Richard Hartley and Andrew Zisserman, 2004, 2nd Edition, Cambridge University Press; "Computer Vision, a Modern Approach", D. Forsyth, J. Ponce, 2011, 2nd edition, Pearson; "Three-Dimensional Computer Vision, a Geometric Viewpoint", O. Faugeras, 1993, The MIT Press

Mapa IV - Controlo Ótimo

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Controlo Ótimo

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Optimal Control

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

CAII

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168.0

4.4.1.5. Horas de contacto:

49.0

4.4.1.6. ECTS:

6.0

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

ist12889, Miguel Afonso Dias de Ayala Botto, 49 h

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

<sem resposta>

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

Dar ao aluno a capacidade de: i) projectar controladores ótimos baseados em modelos dinâmicos descritos na representação em espaço de estados, nos domínios do tempo contínuo e tempo discreto; ii) projectar observadores e estimadores de estado para sistemas determinísticos e estocásticos; iii) projectar controladores preditivos. Aplicação a problemas reais de engenharia em ambiente laboratorial.

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

In this course students will learn how to: i) design optimal controllers based on dynamic models described in continuous time and discrete time state space representations; ii) design state observers and estimators for deterministic and stochastic systems; iii) design predictive controllers. Application to real engineering problems in laboratory environment.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Representação em espaço de estados de sistemas dinâmicos lineares no domínio do tempo contínuo e do tempo discreto. Formas canónicas de representação, conversão entre representações, solução homogénea e não homogénea da equação de estado. Propriedades de controlabilidade e observabilidade. Estabilidade de Lyapunov. Controlo por realimentação de estado. Projecto de regulador e seguidor por colocação de pólos: método de Bass-Gura e fórmula de Ackermann. Observador e estimador de estados: observador de Luenberger, teorema da separação. Formulação geral do problema de controlo óptimo: funcional de custo, estado final fixo e livre. O regulador linear quadrático: solução óptima e sub-óptima. Propriedades do regulador linear quadrático. O regulador linear quadrático gaussiano. Filtro de Kalman e filtro de Kalman estacionário. Controlo Preditivo: princípio do horizonte recidivo; função objectivo; solução do controlo preditivo generalizado. Trabalho experimental no laboratório.

4.4.5. Syllabus:

State-space representation of linear dynamical systems in continuous time and discrete time domains. Canonical forms of representation, conversion between representations, homogeneous and non-homogeneous solution of the equation of state. Controllability and observability properties. Lyapunov stability. State feedback control. Regulator and servo controller design by pole-placement: the Bass-Gura method and the Ackermann's formula. Observer and state estimator: Luenberger observer, separation theorem. General formulation of the optimal control problem: cost functional, fixed and free final state. The linear quadratic regulator: optimal and suboptimal solution. Properties of the linear quadratic regulator. The Linear Quadratic Gaussian Regulator. Kalman filter and stationary Kalman filter. Predictive Control: principle of receding horizon control; objective function; solution of the generalized predictive control. Experimental work in laboratory environment.

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):

Quatro testes ou um exame (40%) com hipótese de repetição de um teste. Projecto de Laboratório com três relatórios entregues (60%). Nota mínima: 9.5 valores (em 20) em cada componente.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Four tests or one exam (40%) with rebuttal of one test. Laboratory Project with three reports submitted during the course (60%). Minimum grade: 9.5 values in each component.

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

A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e um trabalho experimental. 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 one 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:

"Optimal Control", F. L. Lewis, V. L. Syrmos, 1995, John Wiley & Sons; "Discrete time control systems", Katsuhiko Ogata, 1995, 2nd Edition, Prentice-Hall; Supporting notes to the course "Optimal Control", Miguel Ayala Botto, 2009, IST; Supporting notes to the course "Optimal Control", José Sá da Costa, 2012, IST; "Model Predictive Control", E.F. Camacho, C. Bordons, 2003, 2nd Edition, Springer; "Controlo no Espaço de Estados" (in portuguese), João Miranda

Lemos, 2019, IST Press

Mapa IV - Projecto de Componentes Mecânicos

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:
Projecto de Componentes Mecânicos

4.4.1.1. Title of curricular unit:
Machine Components Design

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

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):
ist12093, Eduardo Joaquim Anjos de Matos Almas, 49 h

4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:
ist13915, Miguel Pedro Tavares da Silva, 49 h
ist13987, Luís Filipe Galvão dos Reis, 49 h

4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):
O objetivo desta unidade curricular é desenvolver nos alunos a capacidade de aplicar as ciências básicas de engenharia, previamente estudadas em outras unidades curriculares, ao projecto mecânico. No final, os alunos deverão ser capazes de fazer o dimensionamento de elementos mecânicos de média complexidade, baseado em métodos analíticos e métodos numéricos e combinar, com sentido crítico, modelação geométrica com cálculo numérico.

4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):
The objective of this curricular unit is to develop in the students the ability to apply the basic engineering sciences, previously studied in other curricular units, to mechanical design. At the end, students should be able to design mechanical elements of moderate complexity, based on analytical and numerical tools and to combine geometric modelling with numerical tools with a critical design perspective.

4.4.5. Conteúdos programáticos:
1- Projecto mecânico: Projecto e suas fases; Teorias de falha em estática; Teorias de falha em fadiga.
2- Uniões aparafusadas e uniões rebitadas: Juntas aparafusadas com carregamentos axial, transversal ou combinado; Critérios de falha à fadiga; Juntas rebitadas e aparafusadas suportando esforços de corte.
3- Molas: Tensões e deformações em molas helicoidais; Estabilidade; Resistência à fadiga de molas helicoidais.
4- Engrenagens: Terminologia e relações geométricas; Forças no engrenamento; Relação de condução;

Escorregamento específico; Rendimento; Interferências.

5- Trens de engrenagens: Trens normais; Trens epicicloidalis: Métodos de análise cinemática; Métodos da Fórmula e da Tabela.

6- Uniões de veios: Rígidas; Móveis; Elásticas; de Segurança; Hidráulicas.

7- Embraiagens e freios: Superfícies cônicas e de disco; Superfícies de calços interiores de actuação descentrada; Superfícies de calços exteriores oscilantes; Superfícies de cinta exterior.

4.4.5. Syllabus:

1- Mechanical design: Design and its phases; Static loading failure theories; Fatigue failure theories.

2- Bolted and riveted joints: Designing a bolted joint with an external tensile load, an external shear load or both external tension and shear loads; Bolt fatigue failure criteria; Bolted and riveted joints loaded in shear.

3- Springs: Stresses and deflection in helical springs; Stability; Fatigue loading of helical springs.

4- Gears: Nomenclature and geometrical relations; Forces between the gears mating teeth; Contact ratio; Specific sliding; Efficiency; Tooth interference.

5- Gear trains: Ordinary gear trains; Epicyclic gear trains; Kinematic analysis. The Formula and the Tabulation method.

6- Shaft couplings: Rigid; Compliant; Flexible; Safety; Hydraulic.

7- Clutches and brakes: Cone and disk type; Rim type (internal expanding shoes) model; External contracting pivoted symmetrical shoes model; External band model.

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

O objectivo desta unidade curricular é dotar os alunos da capacidade de compreender a aplicação das ciências básicas de engenharia na análise e no projecto de alguns dos principais componentes mecânicos de máquinas. Em coerência com este objectivo, o conteúdo programático inclui como tópicos principais os critérios de projecto para condições de solicitações estáticas ou dinâmicas, o projecto de juntas de ligação e de molas, a análise cinemática de engrenagens e trens de engrenagens, o estudo de uniões de veios e o projecto de embraiagens e freios. Pretende-se com este programa que os alunos adquiram a capacidade de fazer a análise, a selecção ou o dimensionamento de alguns dos elementos mecânicos mais comuns em máquinas.

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

This curricular unit aims to provide the students with the ability to understand the application of the engineering basic sciences to the analysis and to the design of some of the main machine components. Consistent with this objective the syllabus includes, as main topics, the design criteria for static or dynamic loading, the design of joints and springs, the kinematic analysis of gears and gear trains, the analysis of shaft couplings and the design of clutches and brakes. Through this syllabus it is intended that the students acquire the ability to analyse, select or design some of the most common machine elements.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A avaliação tem duas componentes:

1- Avaliação Contínua (50% da Nota Final): Realização de um Projecto em grupo;

2- Avaliação por Exame Final (50% da Nota Final): Exame escrito individual.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The grading comprises two parts:

1 - Midterm Assessment (50% of Final Grade): Execution of a Group Project;

2- Assessment by Final Exam (50% of the Final Grade): Individual Written Exam.

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

Nas aulas é feita a apresentação e demonstração dos conceitos fundamentais e a aplicação da teoria à resolução de exercícios de projecto e verificação de vários componentes mecânicos. Estas aulas são complementadas com a observação de diversos componentes mecânicos reais e de alguns modelos cinemáticos construídos para o efeito. A participação dos alunos é incentivada através do convite à apresentação de sugestões quanto ao modo de resolução dos problemas, da análise crítica dos resultados obtidos e ainda do esclarecimento imediato de qualquer dúvida surgida. Os testes e exames escritos são constituídos por um conjunto de problemas práticos para aferição dos conhecimentos teóricos adquiridos e do desembaraço na sua aplicação. O objectivo do trabalho de projecto é desenvolver nos alunos a capacidade de pesquisa autónoma sobre uma área específica do projecto mecânico. Para além da utilização da teoria e dos métodos de cálculo, os alunos terão de procurar informação, directamente ou através da Internet, sobre normas, códigos e especificações de materiais e produtos normalizados disponibilizados pelos fabricantes. Pretende-se assim fazer a ligação entre as capacidades cognitivas adquiridas e as suas aplicações concretas no mundo industrial. No final desta unidade curricular os alunos deverão ter desenvolvido a capacidade de fazer o dimensionamento de componentes mecânicos e de analisar com sentido crítico o seu desempenho em serviço.

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

During classes the presentation and demonstration of the fundamental concepts are made, as well as the application of theory to the solution of exercises about design and verification of several mechanical components. These lectures are complemented with the observation of various real mechanical components and kinematic models. Student participation is encouraged through the call for suggestions on how to solve problems, critical analysis of the results obtained and also the immediate clarification of any doubts that may arise. The written tests and exams consist on a set of practical problems to assess the amount of theoretical knowledge acquisition and the skill in its application. The objective of the project work is to develop the students' self-study ability on a specific mechanical design area. Besides the use of theory and calculation methods, students will have to seek information, directly or through the Internet, on standards, codes and specifications of materials and standard products available from manufacturers. The aim is to make the link between acquired cognitive skills and their practical applications in the industrial world. At the end of this curricular unit students should be able to design mechanical components and to analyze their performance in service with a critical perspective.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

"Shigley's Mechanical Engineering Design", Richard G. Budynas and J. Keith Nisbett, 2019, 11th Edition- McGraw-Hill Education. ; "Fundamentals of Machine Component Design", Robert C. Juvinall and Kurt M. Marshek, 2019, 7th Edition - John Wiley & Sons. ; "Fundamentals of Machine Elements", Steven Schmid, Bernard Hamrock and Bo Jacobson, 2014, 3rd Edition-SI Version-2014. CrcPress.

Mapa IV - Turbomáquinas

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Turbomáquinas

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Turbomachinery

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

TTCE

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

84.0

4.4.1.5. Horas de contacto:

24.5

4.4.1.6. ECTS:

3.0

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

Luís Manuel de Carvalho Gato, 24,5 h

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

<sem resposta>

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

A unidade curricular tem como objectivo fornecer aos alunos o conhecimento do funcionamento dos vários tipos de turbomáquinas: 1) de forma unificada, partindo dos princípios básicos da teoria das turbomáquinas 2) o desenvolvimento de métodos para o estudo das características de funcionamento em condições de projecto, e/ou em

condições de funcionamento afastadas das nominais e em escoamento não-permanente.

- 4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):**
The course aims to provide students with a unified knowledge of the operation of various types of turbomachines: 1) based on the basic principles of turbomachine theory: 2) the development of methods for the study of the operating characteristics under design conditions, and operating conditions in off-design and transient situations.
- 4.4.5. Conteúdos programáticos:**
Equações fundamentais do escoamento relativo no rotor de turbomáquinas. Equação de Euler. Transferência de energia e rendimentos: turbomáquinas de andar simples e vários andares. Teoria das turbomáquinas axiais: cascatas de pás, escoamento axissimétrico e tridimensional. Escoamento tridimensional em turbomáquinas radiais. Efeitos dinâmicos ("surge" e "rotating stall"). Cavitação em turbomáquinas hidráulicas. Turbinas axiais de vapor e gás. Compressores, bombas e ventiladores axiais. Compressores, bombas ventiladores centrífugos. Turbinas radiais. Turbinas hidráulicas. Turbinas eólicas. Utilização de CFD no projecto de turbomáquinas. Ensaio laboratorial de uma turbina ou compressor.
- 4.4.5. Syllabus:**
Principles of turbomachinery analysis. Energy transfer and efficiency: single and multi-stage turbomachines. Theory of axial turbomachines: blade cascades, axisymmetric and three-dimensional flow. Three-dimensional flow in radial turbochargers. Dynamic effects (surge and rotating stall). Cavitation in hydraulic turbomachines. Steam and gas axial turbines. Axial compressors, pumps and fans. Centrifugal compressors, fan and pumps. Radial turbines. Hydraulic turbines. Wind turbines. Use of CFD in turbomachinery design. Laboratory test of a turbine or compressor.
- 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 classificação é composta por um exame (E), dois minitests (T1 e T2) e trabalhos de laboratório (L).
 A nota final (FG) é calculada usando
 $FG = 0,5 \times E + 0,15 \times (T1 + T2) + 0,2 \times L$.*
- 4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):**
*The grading is composed of an exam (E), two mini tests (T1 and T2) and laboratory work (L).
 The final grade (FG) is computed as
 $FG = 0.5 \times E + 0.15 \times (T1 + T2) + 0.2 \times L$.*
- 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:**
"Turbomachinery Flow Physics and Dynamic Performance", M. T. Schobeiri, 2012, Springer, 2nd Edition, (ISBN 9783642246753).; "Principles of Turbomachinery", S. Korpella, 2019, Wiley, 2nd Edition, (ISBN 1119518083).; "Fluid Mechanics and Thermodynamics of Turbomachinery", S. L. Dixon, C. A. Hall, 2014, Elsevier, 7th Edition, (ISBN 9351071774); "Design of High-Efficiency Turbomachines and Gas Turbines", D. G. Wilson, T. Korakianitis, 2014, The MIT Press, 2nd Edition, (ISBN 0262526689).; "Principles of Turbomachinery in Air-Breathing Engines", E. A. Baskharone, 2006, Cambridge University Press, (ISBN 0521858100).; Turbomáquinas - Texto de Apoio, A. F. O. Falcão, 2019, Edição

da AEIST

Mapa IV - Optimização em Sistemas de Engenharia Mecânica

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Optimização em Sistemas de Engenharia Mecânica

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Optimization of Mechanical Engineering Systems

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:

49.0

4.4.1.6. ECTS:

6.0

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

ist12094,Helder Carriço Rodrigues, 49 h

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

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

Fornecer aos alunos os conhecimentos fundamentais de optimização de estruturas e sistemas mecânicos, suas metodologias e o software avançado de simulação e optimização, necessários para análise e projecto óptimo em Engenharia Mecânica. Preparar o aluno na aplicação combinada de modelos computacionais, nomeadamente de elementos finitos e de optimização, na análise e no projecto optimizado de sistemas de Engenharia Mecânica.

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

Provide fundamental knowledge on optimization of mechanical structures and systems, the required methodologies and in the application of advanced simulation and optimization software, necessary for analysis and optimal design in Mechanical Engineering. Train the student in the application of computational models, namely combining finite element and optimization methodologies in the analysis and optimization of Mechanical Engineering systems.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Optimização: Variáveis de projecto, função objectivo, constrangimentos. Condições de necessárias. Condições de KKT, classificação de constrangimentos, multiplicadores de Lagrange, análise de sensibilidades. Algoritmos de optimização de programação matemática. Métodos de transformação: Penalty e Lagrangeano Aumentado. Optimização estrutural: Optimização da topologia, de material, da forma e das dimensões de estruturas e sistemas mecânicos. Funções objectivo e constrangimentos em projecto mecânico. Sensibilidade: diferenças finitas, diferenciação directa e método da variável adjunta. Superfícies de resposta. Optimização multiobjectivo: Conceito de óptimo de Pareto, métodos de transformação e algoritmos genéticos.

Aplicação das técnicas de optimização de estruturas e componentes mecânicos.

4.4.5. Syllabus:

Optimization: Design variables, objective function and constraints. Necessary conditions. KKT conditions, classification of constraints, Lagrange multipliers and Post-Optimality. Mathematical programming algorithms. Penalty and Augmented Lagrangian.

Structural optimization: Topology, shape, material and size optimization of structures and mechanical systems.

Objective functions and constraints in the Optimization: Design variables, objective function and constraints.

Necessary and sufficient conditions. KKT conditions, classification of constraints, Lagrange multipliers and Post-

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

Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC o conteúdos programático visa dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento.

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

Taking into account the UC's learning objectives, the course content provides the student with the knowledge and skills necessary for its fulfilment.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Trabalho Computacional(30%), Projecto Final(70%). O Projecto final tem nota minima de 10 valores e requer apresentação do trabalho desenvolvido (max 15min) seguida de discussão (max 20 min).

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The grading comprises two parts:

1 - Computational homework (30%)

2- Final Project (70%) with a minimum of 10 grade point (0-20 scale). It requires an oral presentation of the developments done (15 min maximum), followed by 20 minutes discussion.

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

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

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

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

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

"Introduction to Optimum Design", Jasbir Arora, 2016, Academic Press, 4nd edition ; "Optimization Methods in Structural Design", Alan Rothwell, 2017, Solid Mechanics and its Applications Series, Springer ; "Elements of Structural Optimization", Haftka, R.T. and Gürdal, Z. , 1992, 3rd edition, Springer

Mapa IV - Metrologia e Normalização

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Metrologia e Normalização

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Metrology and Standardization

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

TMGI

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

84.0

4.4.1.5. Horas de contacto:

21.0

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):

ist13976, Luís Manuel Mendonça Alves, 21 h

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

<sem resposta>

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

Esta unidade curricular aborda dois tópicos diferentes que estão fortemente relacionados. Começando com a metrologia, pretende-se que o aluno entre em contato com o conhecimento importante que vem desta ciência e que desempenha um papel vital no nosso mundo, estudando os principais instrumentos e procedimentos de medição, e adquirindo competências em técnicas de medição industrial. Seguidamente apresenta-se a forma como a metrologia e a normalização estão profundamente envolvidas na forma como se realizam as atividades de inspeção e controlo e se definem as regras para que a qualidade na indústria seja adequadamente medida e implementada.

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

This course covers two different topics that are strongly connected. Starting with metrology, it is intended that the students come into contact with the important knowledge that comes from this science and that plays a vital role in our world, studying the main measurement instruments and procedures, and acquiring skills in industrial measurement techniques. Then students learn how metrology and standardization are deeply involved, in the way inspection and control activities are carried out, and how standards are defined so that the quality of the industrial products is properly measured and implemented.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. *Princípios de metrologia em engenharia.*
2. *Padrões de medição.*
3. *Limites, ajustes e tolerâncias.*
4. *Medição linear.*
5. *Medição angular.*
6. *Sistemas óticos de medição.*
7. *Metrologia do acabamento superficial.*
8. *Máquinas de medição de coordenadas.*
9. *Extensometria.*
10. *Inspeção e Controlo Metrológico.*
11. *Normalização e Certificação.*

4.4.5. Syllabus:

1. *Principles of Engineering Metrology.*
2. *Standards of Measurement.*
3. *Limits, Fits and Tolerances.*
4. *Linear Measurement.*
5. *Angular Measurement.*
6. *Optical Measuring Systems.*
7. *Metrology of Surface Finish.*
8. *Coordinate Measuring Machines.*
9. *Mechanical Measurements.*
10. *Inspection and Metrological Control.*
11. *Standardization and Certification.*

4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:
Atendendo aos objectivos de aprendizagem da UC, constata-se que os conteúdos programáticos estão adaptados a dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao desempenho da função de engenheiro especialista na área.

4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:
The UC's learning objectives are adapted to provide students with the knowledge and skills necessary to perform the function of a specialist engineers in the area.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):
Avaliação por exame final 50% com realização de um projecto 50%

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):
Evaluation by final exam 50% and a project 50%

4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:
A metodologia de ensino baseasse na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização dos equipamentos laboratoriais para a execução do projecto.

4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:
The teaching methodology is based on the transfer of theoretical and practical concepts through the use of laboratory equipment for the execution of the project.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:
*"Engineering Metrology and Measurements", N.V. Raghavendra, L. Krishnamurthy, 2013, Oxford University Press;
"Metrology and Quality Control", Vinod Thombre Patil, 2018, Nirali Prakashan Press.*

Mapa IV - Projecto de Sistemas Mecatrónicos

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:
Projecto de Sistemas Mecatrónicos

4.4.1.1. Title of curricular unit:
Design of Mechatronic Systems

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

4.4.1.3. Duração:
Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:
168.0

4.4.1.5. Horas de contacto:

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):*****ist12889, Miguel Afonso Dias de Ayala Botto, 14 h*****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):*****Os estudantes devem ser capaz de integrar os conhecimentos e competências adquiridas durante o curso na análise e proposta de resolução de um problema de engenharia na área de controlo, automação, robótica, ou informática industrial.*****4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):*****Students should be able integrate the knowledge and skills acquired during the course for the analysis and problem solving of an engineering problem in the area of control, automation, robotics, or industrial informatics.*****4.4.5. Conteúdos programáticos:*****Vários problemas de engenharia são propostos para resolução a nível individual ou em grupo. Os estudantes farão um estudo aprofundado do problema proposto, obtendo informação de fontes bibliográficas e fazendo uma revisão do estado-da-arte no assunto. Os estudantes deverão apresentar uma proposta para a resolução do problema proposto, cuja solução envolverá a aplicação de soluções técnicas relacionadas com as áreas de controlo, automação, robótica, ou informática industrial.*****4.4.5. Syllabus:*****Several engineering problems are proposed for individual or group resolution. Students will make an in-depth study of the proposed problem, obtaining information from bibliographic sources and reviewing the state-of-the-art on the subject. Students should submit a proposal to solve the proposed problem, the solution of which will involve the application of technical solutions related to the areas of control, automation, robotics, or industrial informatics.*****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 de apresentações para explicação/discussão da solução desenvolvida: pitch intercalar (20%) e apresentação final (20%). Avaliação do relatório final (60%).*****4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):*****Evaluation of presentations for explanation / discussion of the developed solution: midterm pitch (20%) and final presentation (20%). Evaluation of the final report (60%).*****4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

A metodologia de ensino basear-se-á na integração de conhecimentos e competências adquiridas durante o curso com vista ao desenvolvimento e apresentação de solução para um problema prático de engenharia.

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

The teaching methodology will be based on the integration of knowledge and skills acquired during the course in order to develop and present a solution to a practical engineering problem.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Não definida (not defined), ----, ----, ----

Mapa IV - Atividades Extracurriculares I

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Atividades Extracurriculares I

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Extracurricular Activities I

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

OL

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

84.0

4.4.1.5. Horas de contacto:

7.0

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):

ist30274, Carlos Frederico Neves Bettencourt da Silva, 7 h

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

<sem resposta>

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

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

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

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

4.4.5. Conteúdos programáticos:

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

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

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

4.4.5. Syllabus:

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

1) The extracurricular activities must be credited by request of the students in one or two curricular units called Extracurricular Activities I and II (AE I and AE II) with 3 ECTS each, offered to the whole universe of students of the 2nd cycle. In each of these 3 ECTS courses, students must perform one (or more) extracurricular activity(s) with a total effort of at least 84 hours.

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

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

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

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

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

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

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

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

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

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

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:

NA

Mapa IV - Estruturas Finas**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

Estruturas Finas

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Thin Structures

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:

42.0

4.4.1.6. ECTS:

6.0

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

Aurélio Lima Araújo, 21h de contacto

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

ist13506, Nuno Miguel Rosa Pereira Silvestre, 21h de contacto

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

(i) Providenciar conhecimentos básicos sobre a análise de placas, cascas e estruturas finas, e competências aprofundadas na modelação e simulação computacional destes componentes estruturais; (ii) perceber que a elevada deformabilidade das estruturas finas conduz frequentemente a fenómenos de natureza não linear; (iii) alargar a aplicação do método dos elementos finitos (MEF), introduzido nas UCs de Mecânica Computacional e Estrutural, às estruturas finas.

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

(i) To provide basic knowledge about the analysis of plates, shells and thin structures, as well as extended know-how in modelling and computational simulation of these structural components; (ii) to understand that the high deformability of thin structures frequently leads to non-linear phenomena; (iii) to extend the application of the finite element method (FEM), previously introduced in the courses of Computational and Structural Mechanics, to thin structures.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1. Comportamento linear de placas finas. Método de Navier. Energia. Método de Rayleigh-Ritz. Elemento finito de placa fina. Aplicação a materiais compósitos laminados e placas rectangulares.**
- 2. Comportamento geometricamente não linear de placas rectangulares. Instabilidade e tensão crítica de placas rectangulares. Método de Navier. Método de Rayleigh-Ritz. Imperfeições geométricas. Estratégias incrementais-iterativas. Resolução pelo MEF. Instabilidade local em perfis de parede fina. Instabilidade por flexão e torção de vigas de parede fina.**
- 3. Equações lineares de equilíbrio dinâmico. Estratégias de integração no tempo. Particularização para a vibração elástica de placas rectangulares.**
- 4. Placas circulares finas. Flexão axisimétrica e assimétrica. Soluções analíticas. Método de Rayleigh-Ritz. Resolução pelo MEF.**
- 5. Cascas finas. Cascas axisimétricas e com carregamento axisimétrico. Instabilidade de cascas cilíndricas. O MEF em cascas. Tensões térmicas. Estruturas sandwich.**

4.4.5. Syllabus:

- 1. Linear behaviour of thin plates. Navier's method. Energy. Rayleigh-Ritz method. Thin plate finite element. Application to laminated composite materials and rectangular plates.**

2. *Geometric non-linear behaviour of rectangular plates. Buckling and critical stresses for rectangular plates. Navier's method. Rayleigh-Ritz method. Geometric imperfections. Incremental-iterative strategies. Solution using the FEM. Local buckling in thin walled beams. Buckling by torsion and bending in thin walled beams.*
3. *Linear dynamic equilibrium equations. Strategies for time integration. Particular case of elastic vibrations of rectangular plates.*
4. *Thin circular plates. Axisymmetric and asymmetric bending. Analytic solutions. Rayleigh-Ritz method. Solution using FEM.*
5. *Thin shells. Axisymmetric shells with axisymmetric loads. Buckling of cylindrical shells. FEM in shells. Thermal stresses. Sandwich structures.*

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 é efectuada através de dois parâmetros:

1. *Teste (T). O teste incide sobre toda a matéria e será realizado no período de avaliação.*
2. *Projeto (P). O projeto incidirá sobre aplicações computacionais de sistemas estruturais constituídos por vigas, placas e cascas finas.*

A classificação final (CF) será: $CF=0.5T+0.5P$. A nota mínima tanto no teste como no projeto é de 8 valores.

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

The evaluation has two components:

1. *Test (T). The test covers all the programme and occurs during the evaluation period.*
2. *Project (P). The project consists on computational applications of structural systems made of thin walled beams, plates and shells.*

The final grade (FG) will be: $FG=0.5T+0.5P$. The minimum grade in either the test or the project is 8/20.

4.4.8. *Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular: Os métodos de ensino foram concebidos de modo a que os alunos possam desenvolver um conhecimento abrangente, assegurando a conformidade com os objetivos da unidade curricular. A realização do projeto computacional permite o confronto com problemas reais.*

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

The teaching methods were designed in such a way that the students develop an in-depth knowledge, in conformity with the objectives of the curricular unit. The computational project allows the confrontation with real life problems.

4.4.9. *Bibliografia de consulta/existência obrigatória:*

"Plates and Shells: Theory and Analysis", A.C. Ugural, 2018, 4th Edition, CRC Press;

"Theory of Plates and Shells", S.P. Timoshenko and S.W.-Krieger, 1959, McGraw-Hill;

"Theory of Elastic Stability", S.P. Timoshenko and J.M. Gere, 1963, McGraw-Hill;

"Buckling of Bars, Plates and Shells", D.O. Brush and B.O. Almroth, 1975, McGraw-Hill

Mapa IV - Atividades Extracurriculares II

4.4.1.1. *Designação da unidade curricular:*

Atividades Extracurriculares II

4.4.1.1. *Title of curricular unit:*

Extracurricular Activities II

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

OL

4.4.1.3. Duração:**Semestral****4.4.1.4. Horas de trabalho:****84.0****4.4.1.5. Horas de contacto:****7.0****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):****ist30274, Carlos Frederico Neves Bettencourt da Silva, 7 h****4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:****<sem resposta>****4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

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

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

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

4.4.5. Conteúdos programáticos:

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

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

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

4.4.5. Syllabus:

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

1) The extracurricular activities must be credited by request of the students in one or two curricular units called Extracurricular Activities I and II (AE I and AE II) with 3 ECTS each, offered to the whole universe of students of the 2nd cycle. In each of these 3 ECTS courses, students must perform one (or more) extracurricular activity(s) with a total effort of at least 84 hours.

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

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

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

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

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

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

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

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

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

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

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:

NA

Mapa IV - Controlo Não Linear

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Controlo Não Linear

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Nonlinear Control

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

CAII

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

84.0

4.4.1.5. Horas de contacto:

24.5

4.4.1.6. ECTS:

3.0

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

ist12889, Miguel Afonso Dias de Ayala Botto, 24,5

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):

Dotar o aluno de conhecimentos e domínio de ferramentas que permitem efectuar a análise e o projecto de sistemas de controlo não lineares no domínio do tempo contínuo. É dado especial relevo ao controlo via linearização por realimentação e ao controlo por modo de deslizamento. Aplicação a casos reais em ambiente de simulação.

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

In this course students will be faced with tools and methods for the analysis and design of nonlinear control systems in the continuous time domain. Particular emphasis is given to control via feedback linearization and sliding mode control. Applications focus on real cases in simulation environments.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Análise de sistemas não lineares. Introdução aos sistemas não lineares: comportamento e características de sistemas não lineares. Análise por função de descrição: fundamentos sobre funções de descrição, funções de descrição de não linearidades típicas, análise de estabilidade pelo critério de Nyquist: existência e caracterização de ciclos limite. Caracterização de ciclos limite no plano de fase. Análise de estabilidade de sistemas não lineares: aplicação da teoria de Lyapunov, método de Krasovskii e método do gradiente variável. Introdução ao projecto de sistemas de controlo não lineares. Linearização por realimentação: conceitos e noções básicas de geometria diferencial, linearização por realimentação da relação entrada-estado, linearização por realimentação da relação entrada-saída. Controlo por modo de deslizamento: superfícies de deslizamento, aproximação contínua de leis de controlo, binómio modelação/performance.

4.4.5. Syllabus:

Analysis of nonlinear systems. Introduction to nonlinear systems: typical behaviors and characteristics. Analysis using the describing function: fundamentals of describing functions, typical nonlinearities, stability analysis by Nyquist criterion: existence and characterization of limit cycles. Characterization of limit cycles in the phase plane. Stability analysis of nonlinear systems: application of Lyapunov theory, Krasovskii method and variable gradient method. Introduction to the design of nonlinear control systems. Feedback Linearization: concepts and basics of differential geometry, input-state feedback linearization, input-output feedback linearization. Sliding mode control: sliding surfaces, continuous approximation of control laws, modeling/performance binomial.

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

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

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

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

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Trabalho de simulação computacional com apresentação de relatório (50%) e oral (50%).

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Computer simulation work with report presentation (50%) and oral (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. 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, 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:

“Applied Nonlinear Control”, Jean-Jacques E. Slotine, Weiping Li, 1991, Prentice-Hall International; “Nonlinear systems”, Hassan K. Khalil, 2002, Prentice-Hall; “Nonlinear Systems: analysis, stability and control”, Shankar Sastry, 1999, Springer-Verlag; “Nonlinear Control Systems: an introduction”, A. Isidori, 1989, Springer-Verlag

Mapa IV - Tecnologias Aditivas e Não Convencionais**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

Tecnologias Aditivas e Não Convencionais

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Additive Manufacturing and Non-Conventional Technologies

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

TMGI

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168.0

4.4.1.5. Horas de contacto:

49.0

4.4.1.6. ECTS:

6.0

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

ist13976, Luís Manuel Mendonça Alves, 37 h

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

ist152513, Carlos Manuel Alves da Silva, 12 h

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

Esta unidade curricular aborda as tecnologias emergentes de enformação e de ligação de tubos, perfis e chapas. São apresentadas as principais metodologias de cálculo e utilizados programas de simulação numérica para conceber os processos, projetar as ferramentas e efetuar a seleção de equipamentos. A mesma metodologia é aplicada ao fabrico por pulverotecnologia e ao fabrico aditivo de metais

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

This course covers emerging technologies of forming and joining of tubes, profiles and sheets. The main calculation methods are presented and numerical simulation programs are used to design the processes, project the tools and select the most appropriate equipment. Similar methodology is applied to powder processing and additive manufacture of metallic materials.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1. Processos avançados de enformação de tubos e perfis. Tensões e extensões. Projeto de ferramentas. Equipamentos. Enformação com elastómeros, com fluidos sob pressão, com cargas explosivas e com atuação eletromagnética.**
- 2. Processos avançados de ligação. Classificação dos processos de ligação. Processos de ligação assistida por deformação plástica: ligação mecânica, soldadura no estado sólido, ligações híbridas envolvendo soldadura por fusão e deformação plástica. Processos de ligação por adesivos.**
- 3. Pulverotecnologia. Produção de pós-metálicos, Compactação. Sinterização. Plasticidade e enformação de pós metálicos.**
- 4. Fabrico aditivo de metais. Classificação dos processos de fabrico aditivo de metais. Powder Bed Fusion (PBF) e Direct Energy Deposition (DED). Introdução às tecnologias de Laser Power Bed Fusion (LPBF) e de Wire Arc Additive Manufacturing (WAAM).**

4.4.5. Syllabus:

- 1. Processes for Forming tubes and profiles. Stresses and strains. Tool design. Equipment. Forming with elastomers, pressurized fluids, explosive charges and with electromagnetic actuation.**
- 2. Advanced Joining Processes. Classification of joining processes. Plastic deformation-assisted joining processes: mechanical joining, solid state welding, hybrid joining involving fusion welding and plastic deformation. Adhesive joining processes.**
- 3. Powder technology. Metal powder production, Compaction. Sintering, Plasticity and forging of metal powders.**
- 4. Metal Additive manufacturing. Classification of metal additive manufacturing processes. Powder Bed Fusion (PBF) and Direct Energy Deposition (DED). Introduction to Laser Power Bed Fusion (LPBF) and Wire Arc Additive Manufacturing (WAAM).**

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

Atendendo aos objectivos de aprendizagem da UC, constata-se que os conteúdos programáticos estão adaptados a dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao desempenho da função de engenheiro especialista na área.

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

The UC's learning objectives are adapted to provide students with the knowledge and skills necessary to perform the function of a specialist engineers in the area.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Avaliação por exame final (50% classificação) com a realização de um trabalho (50% classificação) de natureza experimental e/ou computacional

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Assessment by final exam (50% of the final classification) and an experimental and/or computational work (50% of the final classification).

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

A metodologia de ensino baseasse na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização dos equipamentos laboratoriais para a execução do projecto.

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

The teaching methodology is based on the transfer of theoretical and practical concepts using laboratory equipment for the execution of the project

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

"Tecnologia Mecânica – Tecnologia da Deformação Plástica" Vol I, Jorge Rodrigues e Paulo Martins, 2005, Escolar Editora; "Tecnologia Mecânica – Tecnologia da Deformação Plástica" Vol II, Jorge Rodrigues e Paulo Martins, 2005, Escolar Editora; "Fundamentals of Modern Manufacturing Materials Processes and Systems", M. P. Groover, 2015, Wiley.; "Manufacturing Engineering and Technology", Serope Kalpakjian, Steven R. Schmid, 2013, Pearson.; "Powder Forging", Howard A. Kuhn, B. L. Fergusson, 1990, Metal Powder Industries Federation.; "Metal Forming Practise - Processes - Machines – Tools", Heinz Tschätsch, 2006, Springer.; "The Aluminium Joining Manual", ----, 2015, Aluminium Association.

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

Materials Compósitos Laminados

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Laminated 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:

168.0

4.4.1.5. Horas de contacto:

49.0

4.4.1.6. ECTS:

6.0

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

José Jorge Lopes da Cruz Fernandes, 24,5 h

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

ist12095, José Arnaldo Pereira Leite Miranda Guedes, 24,5 h

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

É objectivo da disciplina o ensino dos materiais compósitos laminados do ponto de vista da sua produção e das suas aplicações estruturais, designadamente em equipamentos de estruturas aeronáuticas, navais e mecânicas.

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

The objective of the course is the teaching of laminated composite materials from the point of view of their production and their structural applications, namely in equipment for aeronautical, naval and mechanical structures.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Classificação e aplicações dos compósitos. Reforço, matriz e modelos de adesão. Efeitos da fracção em volume e peso, do comprimento e orientação das fibras. Regra das Misturas. Métodos de fabrico. Nomenclatura dos empilhamentos. Controlo de qualidade, volume de fibra e porosidade. Elasticidade anisotrópica. Identificação de propriedades; Micro-mecânica: Constantes de elasticidade das lâminas. Transformação de tensões, deformações e matriz constitutiva. Tensões na lâmina e no laminado. Critérios de rotura. Laminados "sandwich". Constituintes. Comportamento em flexão. Critérios de falha em sandwich. Aplicações. Modelação computacional de laminados. Efeito da micro-geometria: volume representativo, propriedades elásticas equivalentes, limites superior e inferior, cálculo computacional. Placas multi-laminadas, teoria clássica e de 1ª ordem. Análise estrutural de laminados: Técnicas analíticas, numéricas e computacionais (MEF). Aplicações a estática, dinâmica e instabilidade.

4.4.5. Syllabus:

Classification and use of composites. Reinforcement, matrix and adhesion models. Effect of volume fraction, weight fraction, fiber length and orientation. Rule of Mixtures. Manufacturing methods. Stack nomenclature. Quality control, fiber volume and porosity. Anisotropic elasticity. Property identification; Micro-mechanics: lamina elasticity constants. Coordinate transformation for stress, strain and constitutive matrix. Stress on laminas and on laminates. Lamina failure criteria.

Sandwich laminates. Constituents. Bending behavior. Sandwich failure criteria. Applications. Computational modeling of laminates. Effect of micro-geometry: representative volume, equivalent elastic properties, upper and lower limits, computational calculation. Multi-laminate plates, classical and 1st order theory. Structural analysis of laminates: Analytical, numerical and computational techniques (FEM). Applications to static, dynamics and instability.

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):
Dois trabalhos de grupo (2 alunos) com discussão oral:
1º trabalho – Experimental (10 valores em 20 valores)
2º trabalho – Computacional (10 valores em 20 valores)
Nota: A nota mínima em cada trabalho é de 5 valores e a soma dos dois trabalhos ≥ 10 valores.**

**4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):
Two projects (made by Groups of 2 students) with oral discussion:
1- Experimental (10 val. In 20 val)
2- Computational (10 val. In 20 val.).
A minimum grade of 5 values is required for each Project in order to obtain a passing grade on the course.**

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:
"Mechanics of Laminated Composite Plates and Shells: Theory and Analysis", J. N. Reddy, 2004, CRC Press, Boca Raton, USA ; "Matériaux Composites", D. Gay, 1991, Hermes, 3º Ed. ; "Experimental Characterization of Advanced Composites Materials", Donald F. Adams, Leif A. Carlsson and R.Byron Pipes, 2003, CRC Press, Boca Raton, USA ; "Fibrous materials", K.K.Chawla, 1998, Cambridge University Press; "An Introduction to Computational Micromechanics", T.I. Zohdi, P. Wriggers, 2005, Springer, Berlin; "Fundamentals of Micromechanics of Solids", Jianmin Qu and Mohammed Cherkaoui, 2006, John Wiley & Sons**

Mapa IV - Combustão

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

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

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

**4.4.1.3. Duração:
Semestral**

4.4.1.4. Horas de trabalho:**168.0****4.4.1.5. Horas de contacto:****49.0****4.4.1.6. ECTS:****6.0****4.4.1.7. Observações:****<sem resposta>****4.4.1.7. Observations:****<no answer>****4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):****ist148033, Miguel Abreu de Almeida Mendes, 98h****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):**

Integrar conhecimentos adquiridos em unidades curriculares anteriores (termodinâmica, química, mecânica de fluidos, transmissão de calor, etc). Analisar o papel da combustão no presente e futuro, sob os pontos de vista energético e ambiental, designadamente o contributo para a satisfação da procura de energia, os recursos disponíveis e as emissões de poluentes. Transmitir os conceitos básicos de termoquímica e cinética química relevantes em combustão. Estender as equações de conservação de massa, quantidade de movimento e energia a problemas de combustão. Descrever os princípios de ignição, estabilização e extinção de chamas e a estrutura das chamas de pré-mistura e difusão, em regimes laminar e turbulento. Apresentar o fundamentos e modelos simples para descrever a queima de combustíveis gasosos, líquidos e sólidos. Descrever tecnologias limpas de combustão e combustíveis alternativos. Identificar os principais poluentes, mecanismos de formação e métodos de redução de emissões

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

Integrate knowledge acquired in previous courses (thermodynamics, chemistry, fluid mechanics, heat transfer, etc.). Analyse the role of combustion in the present and in the future, both on energy and environmental grounds, namely the contribute of combustion to satisfy the energy demand, the available resources and the pollutant emissions. Teach the basic concepts of thermochemistry and chemical kinetics relevant to combustion studies. Extend the mass, momentum, and energy conservation equations to combustion problems. Describe the principles of flame ignition, stabilization and extinction, and the structure of premixed and diffusion flames in laminar and turbulent regimes. Present the fundamentals and simple models to describe the combustion of gaseous, liquid and solid fuels. Describe clean combustion technologies and alternative fuels. Identify the main pollutants, their formation mechanisms and methods to reduce their emissions.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Procura global de energia: papel da combustão. Reservas de combustíveis fósseis. Termoquímica. Estequiometria. Temperatura adiabática de chama. Equilíbrio químico. Cinética química. Taxa de reacção. Reacções global e elementares. Mecanismos de reacção. Equações de conservação. Modelos de reactores. Ignição de misturas reactivas. Chamas de pré-mistura laminares e turbulentas. Velocidade de propagação. Limites de flamabilidade e quenching. Estabilidade, retorno, descolamento e extinção de chama. Chamas de difusão laminares e turbulentas. Comprimento de chama, altura de descolamento, velocidade de extinção. Queima de combustíveis líquidos. Atomização e sprays. Combustão do carvão. Conversão termoquímica da biomassa: combustão, pirólise e gasificação. Tecnologias limpas de combustão. Conversores catalíticos. Captura e sequestro de CO2. Combustão oxifuel. Combustão sem chama visível. Combustíveis alternativos. Emissões de poluentes. Parâmetros de influência e mitigação das emissões.

4.4.5. Syllabus:***Global energy demand: the role of combustion. Fossil fuel resources.***

Thermochemistry. Stoichiometry. Adiabatic flame temperature. Chemical equilibrium. Chemical kinetics. Reaction rate. Global and elementary reactions. Reaction mechanisms. Governing equations. Reactor models. Ignition of reactive mixtures. Laminar premixed and diffusion flames. Burning velocity. Flammability limits and quenching. Stability, flashback, liftoff, blowoff, blowout. Turbulent premixed and diffusion flames. Flame length, lift-off height and extinction velocity. Liquid fuels combustion. Atomization and sprays. Coal combustion. Biomass thermochemical conversion: combustion, pyrolysis, gasification. Clean combustion technologies. Catalytic converters. Carbon capture and sequestration. Oxy-fuel combustion. Mild combustion. Alternative fuels. Pollutant emissions. Influencing parameters and mitigation techniques.

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

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

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída): Trabalho Computacional (25%), trabalho experimental (25%), exame final (50%)

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment): Computational work (25%), experimental work (25%), exam (50%).

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

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

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória: "Combustão", Coelho, P. e Costa, M., 2012, Ed. Orion, 2ª edição; "An Introduction to Combustion, Concepts and Applications", Turns, S.R., 2011, McGraw-Hill, 3ª Edição; "Chemically Reacting Flow", Kee, R. J., Coltrin, M.E., Glarborg, P. and Zhu, H., 2017, Wiley, 2nd edition; "An Introduction to Turbulent Reacting Flows", Cant, R.S. and Mastorakos, E., 2008, Imperial College Press; "Biomass Gasification, Pyrolysis, and Torrefaction", Basu, P., 2013, Academic Press, 2nd edition

Mapa IV - Frio Industrial

4.4.1.1. Designação da unidade curricular: Frio Industrial

4.4.1.1. Title of curricular unit: Industrial Refrigeration

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

4.4.1.3. Duração: Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:**84.0****4.4.1.5. Horas de contacto:****24.5****4.4.1.6. ECTS:****3.0****4.4.1.7. Observações:****<sem resposta>****4.4.1.7. Observations:****<no answer>****4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):****Viriato Sérgio de Almeida Semião, 42h****4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:****<sem resposta>****4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

Pretende-se que o aluno fique familiarizado com os princípios da aplicação sustentável do frio industrial, comercial e doméstico, com os equipamentos, ciclos e sistemas termodinâmicos utilizados, e o dimensionamento de sistemas frigoríficos, ao nível de projecto, bem como os aspectos a ter em atenção numa cadeia de frio para os diferentes tipos de produtos perecíveis e a sustentabilidade da refrigeração, particularmente na escolha de fluidos frigoríficos. O aluno é exposto ainda ao conceito de criogenia e suas tecnologias e aplicações.

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

It is intended to familiarize the student with the sustainable application principles of industrial, commercial and domestic refrigeration, with the used equipments, thermodynamic cycles and systems, and the design of refrigeration systems, at the project level, as well as the relevant issues in a cold chain for the different types of perishable products and the sustainability of refrigeration, particularly as far as the refrigerants choice is concerned. The student is also exposed to cryogenics and its technologies and applications.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Cadeia de frio. Propriedades térmicas de alimentos naturais e congelados. Conservação de produtos perecíveis: pré-arrefecimento, arrefecimento ou congelação, armazenamento e efeitos microbiológicos. Produtos perecíveis específicos: carne, aves, peixe, lacticínios, ovos e derivados, frutos de caducifólias e vinhas, citrinos, bananas e frutos subtropicais, vegetais, sumos concentrados e naturais, bebidas, refeições pré-cozinhadas, produtos de panificação, chocolates, produtos secos. Cargas térmicas de refrigeração: transmissão, infiltração, produto e internas (equipamentos auxiliares, iluminação e pessoas). Cargas de equipamentos de refrigeração. Design do espaço refrigerado. Sistemas de produção de energia a baixa temperatura e equipamentos de utilização de frio. Fluidos frigoríficos. Ciclos termodinâmicos de refrigeração: compressão e absorção de vapor. Sistemas industriais e de comida a retalho. Transporte de congelados. Criogenia: princípios, tecnologias e aplicação à biomedicina.

4.4.5. Syllabus:

Cold chain. Thermal properties of natural and frozen food. Perishable products preservation: precooling, cooling or freezing, storage and microbiologic effects. Specific perishable products: meat, poultry, fishery, dairy, eggs and egg products, deciduous tree and vine fruit, citrus fruit, bananas and subtropical fruit, vegetables, fruit juice concentrates and natural juices, beverages, precooked meals, bakery products, chocolates, dry products. Refrigeration loads: transmission, infiltration, product and internal (auxiliary equipments, illumination and people). Refrigeration equipments loads. Refrigerated facility design. Systems to produce low-temperatures energy and equipments for cold utilization. Refrigerants. Thermodynamic refrigeration cycles: vapour compression and absorption. Industrial and retail food systems. Transportation of frozen products. Cryogenics: principles, technologies and application to biomedicine.

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

Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 4, qualquer especialista na matéria poderá constatar

que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.

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

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

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

1 trabalho de grupo, computacional ou anteprojecto de câmara de arrefecimento/refrigeração (70%), 1 exame final (30%).

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, conjugada com transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização de algumas aulas e tutoriais. O modelo de avaliação incorpora elementos de avaliação contínua no âmbito da aprendizagem ativa (projectos) compatível com a redução significativa do peso de avaliação por exames ($\leq 30\%$). Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

1 project, computational or preproject of a refrigeration/freezing chamber (70%), 1 final exam (30%).

The teaching methodologies intend to promote the learning by the student based on the resolution of problems and projects, reinforcing the practical component, the active learning, the autonomous work and the student responsibility, together with the transfer of theoretical and practical concepts through the use of some lectures and tutorials. The assessment model incorporates elements of continuous assessment (projects) compatible with the marked reduction of the weight of the exams in the final mark ($\leq 30\%$). This approach will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.

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

Os métodos de ensino foram concebidos de modo a que os alunos possam desenvolver um conhecimento abrangente, assegurando a conformidade com os objetivos da unidade curricular. A realização de trabalhos práticos permite o confronto com problemas reais. Ao mesmo tempo, a metodologia de ensino conterà também transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização de aulas. 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 were designed viewing the development of a vast knowledge by the students, making sure that this knowledge is in accordance with the desired outcomes of the UC. The project or computational work permits the student's exposition to real-life problems. Simultaneously, the methodology involves also the learning of theoretical and practical concepts by using lectures for that. This approach 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:

"Handbook of Air Conditioning and Refrigeration", Shan K. Wang, 2001, (2nd ed.), McGraw-Hill, New York, USA.; "Manuel Technique du Froid (Le Pohlmann)", W. Maake, H.-J. Heckert, J. L. Cauchepin, 2002, (2nd ed.), PYC, Paris, France; "Refrigeration", ----, ----, SI Edition, ASHRAE Handbook, n.d., ASHRAE.

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 de unidades curriculares (UC) baseadas em Project-Based Learning, Research-Based Learning, Hands-on, com um maior envolvimento dos estudantes na sala de aula e em processos de avaliação mútua e feed-back;

Integração de estudantes no âmbito de projectos interdisciplinares/multidisciplinares, em institutos de investigação e/ou empresas, a nível das dissertações de mestrado.

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 of curricular units (UC) based on Project-Based Learning, Research-Based Learning, Hands-on, aiming at a greater involvement of students in the classroom in mutual evaluation processes and feed-back;

Integration of students in interdisciplinary / multidisciplinary projects, in research institutes and / or companies, at the level of the master's dissertations.

Accreditation of extracurricular activities, namely, multidisciplinary projects, organization of days, summer courses / internships, etc., which allow the development of transversal skills.

Reinforcement of continuous assessment with the significant reduction (<50%) of the weight of the evaluation by exams.

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

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

Diversas unidades curriculares abordam métodos de investigação, nomeadamente nos laboratórios experimentais e computacionais do MEMec e nos trabalhos de algumas UC e.g. Turbulência em Fluidos abordam metodologias essenciais a muitas actividades científicas. No âmbito da Dissertação de Mestrado, o método de aprendizagem está directamente associado ao planeamento e à implementação de actividades de investigação.

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

Several curricular units address research methods, namely in MEMec's experimental and computational laboratories and in the work of some UC e.g. Fluid Turbulence addresses methodologies essential to many scientific activities. In the context of the Master's Dissertation, the learning method is directly associated with the planning and implementation of research activities.

4.6. Fundamentação do número total de créditos ECTS do ciclo de estudos

4.6.1. Fundamentação do número total de créditos ECTS e da duração do ciclo de estudos, com base no determinado nos artigos 8.º ou 9.º (1.º ciclo), 18.º (2.º ciclo), 19.º (mestrado integrado) e 31.º (3.º ciclo) do DL n.º 74/2006, de 24 de março, com a redação do DL n.º 65/2018, de 16 de agosto:

Tendo em consideração que a normativa legal aponta para uma formação de 2º ciclo entre 90 e 120 créditos ECTS, e considerando os objectivos definidos para este ciclo de estudos no ensino universitário, entendeu-se estabelecer, à semelhança de outros ciclos similares da unidade orgânica, um total de 120 créditos ECTS, decorrendo ao longo de quatro semestres 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 2nd cycle between 90 and 120 credits ECTS, and considering the established objectives for this university course, it was decided to establish, like to other similar cycles of the organic unities, a total of 120 ECTS, elapsing over four semesters.

4.6.2. Forma como os docentes foram consultados sobre a metodologia de cálculo do número de créditos ECTS das unidades curriculares:

O Instituto Superior Técnico tem um padrão para a definição de ECTS nas unidades curriculares de todos os seus ciclos de estudo, e recentemente, uma reflexão e discussão aprofundada na escola conduziu a uniformização da oferta de UC de 12, 9, 6 e 3 ECTS; Alterações específicas a esse padrão são analisadas caso a caso pelo Conselho Científico mediante proposta das coordenações de curso.

4.6.2. Process used to consult the teaching staff about the methodology for calculating the number of ECTS credits of the curricular units:

IST has a pattern to define the ECTS for the course units of all its study cycles, and recently, in-depth reflection and discussion in the school has led to the standardization of the UC offer of 12, 9, 6 and 3 ECTS; Specific amendments to that pattern are analyzed on a case-by-case approach at the request of the Scientific Board on a proposal from the course coordinators.

4.7. Observações

4.7. Observações:

O Técnico estabeleceu como uma das suas prioridades a 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 enquadradores para a reestruturação dos cursos de 1º e 2º ciclo do Instituto Superior Técnico 2122". O PERCIST estabeleceu as linhas gerais para a reestruturação de todos os cursos conferentes de grau de 1º e 2º ciclos do Instituto Superior Técnico (IST) que vão ser implementados em 21-22. As principais medidas que vão ser implementadas e que foram incorporadas na reestruturação dos cursos de 2º ciclo 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);*
- *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;*
- *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;*
 - *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, Hands-on;*
- Informação mais detalhada sobre algum destes aspectos poderá ser disponibilizada e consultada em: Relatório CAMEPP e documento PERCIST.*

Refrente ao ponto 4.3.3 (Mapas III da descrição do plano de estudos) Coluna de Observações nas UCs opcionais : Todas as UC´s são livres e permitem os seguintes percursos:

- opção a) Escolher 18 ECTS destas UC´s caso pretenda realizar especialização secundária em Produção/Energia*
- opção b) Escolher 18 ECTS destas UC´s caso pretenda realizar especialização secundária em Produção/Sistemas*
- opção c) Escolher 18 ECTS de um conjunto de UC´s coerentes caso pretenda realizar um minor do IST*
- opção d) Escolher 18 ECTS de qualquer unidade curricular de 2º ou 3º ciclo do IST*

O elenco das unidades curriculares opcionais é fixado anualmente pelos órgãos legais e estatutariamente competentes do IST

4.7. Observations:

Técnico established, as one of its priorities, the reshaping of its teaching model and pedagogical practices to today's world. In this context, it started a process of analysis and reflection on its teaching model and pedagogical practices, aiming to define the guidelines for a reorganization of the courses curricula and pedagogical model in the School. In January 2018, the "Comissão de Análise do Modelo de Ensino e Práticas Pedagógicas - CAMEPP" was set up, mandated by the School bodies, to rethink the IST's pedagogical training model. This analysis resulted in a set of measures regarding the curricular structure, organization, philosophy, and pedagogical practices, which are reflected in the document PERCIST "Princípios enquadradores para a reestruturação dos cursos de 1º e 2º ciclo do Instituto Superior Técnico 2122". PERCIST has established the general guidelines for restructuring all courses of Instituto Superior Técnico (IST), conferring degrees from 1st and 2nd cycles, and that will be implemented in 21-22. The main measures that are going to be implemented, and that were incorporated in IST's 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);*
- *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;*
- *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, Hands-on;*

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

W.r.t. to point 4.3.3 (Maps III of the study plan description) Observations column for optional UCs:

All UC's are free and allow the following paths:

- option a) Choose 18 ECTS from these UC's if you intend to carry out a secondary specialization in Production/Energy*
- option b) Choose 18 ECTS from these UC's if you intend to carry out a secondary specialization in Production/Systems*
- option c) Choose 18 ECTS from a set of coherent UC's if you intend to carry out an IST minor*
- option d) Choose 18 ECTS from any 2nd or 3rd cycle course at IST*

The list of optional courses is determined annually by the legal and statutory competent bodies of IST

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.

Carlos Frederico Neves Bettencourt da Silva

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
Carlos Frederico Neves Bettencourt da Silva	Professor Associado ou equivalente	Doutor		MECANICA DOS FLUIDOS	100	Ficha submetida
Virgínia Isabel Monteiro Nabais Infante	Professor Associado ou equivalente	Doutor		ENGENHARIA MECANICA	100	Ficha submetida
José Jorge Lopes da Cruz Fernandes	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		ENGENHARIA METALURGICA E DE MATERIAIS	100	Ficha submetida
Rui Manuel Dos Santos Oliveira Baptista	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		ENGENHARIA MECANICA	100	Ficha submetida
Pedro Miguel Gomes Abrunhosa Amaral	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		ENGENHARIA DE MATERIAIS	100	Ficha submetida
Maria Beatriz Cipriano de Jesus Silva	Professor Associado ou equivalente	Doutor		ENGENHARIA MECANICA	100	Ficha submetida
Hugo Filipe Diniz Policarpo	Professor Auxiliar convidado ou equivalente	Doutor		Engenharia Mecânica	100	Ficha submetida
Inês da Fonseca Pestana Ascenso Pires	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		ENGENHARIA MECANICA	100	Ficha submetida
Luís Manuel Mendonça Alves	Professor Associado ou equivalente	Doutor		ENGENHARIA MECANICA	100	Ficha submetida
Jorge Alberto Cadete Ambrósio	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor		ENGENHARIA MECANICA	100	Ficha submetida
Luís Rego da Cunha de Eça	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		ENGENHARIA MECANICA	100	Ficha submetida
Jorge Emanuel Pereira Navalho	Assistente ou equivalente	Doutor		Engenharia Mecânica	100	Ficha submetida
Viriato Sérgio De Almeida Semião	Professor Associado ou equivalente	Doutor		ENGENHARIA MECANICA	100	Ficha submetida
Paulo António Firme Martins	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor		ENGENHARIA MECANICA	100	Ficha submetida
Miguel Pedro Tavares da Silva	Professor Associado ou equivalente	Doutor		ENGENHARIA MECÂNICA	100	Ficha submetida
Paulo Jorge Coelho Ramalho Oliveira	Professor Associado ou equivalente	Doutor		ENG. ELECTROTECNICA E DE COMPUTADORES	100	Ficha submetida
Gonçalo Nuno Guerreiro de Jesus Silva	Professor Auxiliar convidado ou equivalente	Doutor		Engenharia Mecânica	100	Ficha submetida
Carlos Baptista Cardeira	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		ENGENHARIA INFORMATICA E DE COMPUTADORES	100	Ficha submetida
Luís Filipe Galvão dos Reis	Professor Associado ou equivalente	Doutor		ENGENHARIA MECANICA	100	Ficha submetida
Luís Manuel De Carvalho Gato	Professor Associado ou equivalente	Doutor		ENGENHARIA MECANICA	100	Ficha submetida
António Luís Nobre Moreira	Professor Associado ou equivalente	Doutor		ENGENHARIA MECANICA	100	Ficha submetida
Edgar Caetano Fernandes	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		ENGENHARIA MECANICA	100	Ficha submetida
Alexandra Bento Moutinho	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		ENGENHARIA MECANICA	100	Ficha submetida
José Raul Carreira Azinheira	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		ENGENHARIA MECANICA	100	Ficha submetida
Carlos Augusto Santos Silva	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		ENGENHARIA MECANICA	100	Ficha submetida

José Manuel Da Silva Chaves Ribeiro Pereira	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	ENGENHARIA MECANICA	100	Ficha submetida
Hélder Carriço Rodrigues	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	ENGENHARIA MECANICA	100	Ficha submetida
João Eduardo De Barros Teixeira Borges	Professor Associado ou equivalente	Doutor	ENGENHARIA MECANICA	100	Ficha submetida
António Ramos Andrade	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Sistemas de Transportes	100	Ficha submetida
Eduardo Joaquim Anjos de Matos Almas	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	ENGENHARIA MECÂNICA	100	Ficha submetida
Nuno Miguel Rosa Pereira Silvestre	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	ENGENHARIA CIVIL	100	Ficha submetida
Pedro Alexandre Rodrigues Carvalho Rosa	Professor Associado ou equivalente	Doutor	ENGENHARIA MECANICA	100	Ficha submetida
Gil Domingos Marques	Professor Associado ou equivalente	Doutor	ENG. ELECTROTECNICA E DE COMPUTADORES	100	Ficha submetida
Marco Alexandre De Oliveira Leite	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Líderes para indústrias tecnológicas	75	Ficha submetida
Sohel Murshed	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Mechanical and Aerospace Engineering	100	Ficha submetida
Artur Jorge Da Cunha Barreiros	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	ENGENHARIA MECANICA	100	Ficha submetida
Nuno Manuel Mendes Maia	Professor Associado ou equivalente	Doutor	ENGENHARIA MECANICA	100	Ficha submetida
Paulo Miguel Nogueira Peças	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	ENGENHARIA MECANICA	100	Ficha submetida
Paulo Manuel Cadete Ferrão	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	ENGENHARIA MECANICA	100	Ficha submetida
José Arnaldo Pereira Leite Miranda Guedes	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	ENGENHARIA MECANICA	100	Ficha submetida
João Miguel Da Costa Sousa	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	Engenharia Electrotécnica	100	Ficha submetida
Aurélio Lima Araújo	Professor Associado ou equivalente	Doutor	ENGENHARIA MECANICA	100	Ficha submetida
Miguel Afonso Dias de Ayala Botto	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	ENGENHARIA MECANICA	100	Ficha submetida
Bárbara Perry Pereira Alves Gouveia Almeida	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	ENGENHARIA MECANICA	100	Ficha submetida
João Orlando Marques Gameiro Folgado	Professor Associado ou equivalente	Doutor	ENGENHARIA MECANICA	100	Ficha submetida
Susana Margarida da Silva Vieira	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	ENGENHARIA MECANICA	15	Ficha submetida
Pedro Jorge Martins Coelho	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	ENGENHARIA MECANICA	100	Ficha submetida
José Carlos Fernandes Pereira	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	ENGENHARIA MECANICA	100	Ficha submetida
Jorge Manuel Mateus Martins	Professor Associado ou equivalente	Doutor	ENGENHARIA MECANICA	100	Ficha submetida
Miguel Abreu de Almeida Mendes	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Termofluidos e Técnicas de Conversão de Energia	100	Ficha submetida
Carlos Manuel Alves da Silva	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Tecnologia Mecânica e Gestão Industrial	100	Ficha submetida
				4990	

<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.**

51

5.4.1.2. Número total de ETI.

49.9

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:	49	98.196392785571

5.4.3. Corpo docente academicamente qualificado – docentes do ciclo de estudos com o grau de doutor**5.4.3. Corpo docente academicamente qualificado – docentes do ciclo de estudos com o grau de doutor* / "Academically qualified teaching staff" – staff holding a PhD***

Corpo docente academicamente qualificado / Academically qualified teaching staff	ETI / FTE	Percentagem / Percentage
Docentes do ciclo de estudos com o grau de doutor (ETI) / Teaching staff holding a PhD (FTE):	49.9	100

5.4.4. Corpo docente do ciclo de estudos especializado**5.4.4. Corpo docente do ciclo de estudos especializado / "Specialised teaching staff" of the study programme.**

Corpo docente especializado / Specialized teaching staff	ETI / FTE	Percentagem* / Percentage*
Docentes do ciclo de estudos com o grau de doutor especializados nas áreas fundamentais do ciclo de estudos (ETI) / Teaching staff holding a PhD and specialised in the fundamental areas of the study programme	49.9	100
Especialistas, não doutorados, de reconhecida experiência e competência profissional nas áreas fundamentais do ciclo de estudos (ETI) / Specialists not holding a PhD, with well recognised experience and professional capacity in the fundamental areas of the study programme	0	0

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

Estabilidade e dinâmica de formação / Stability and training dynamics	ETI / FTE	Percentagem* / Percentage*
Docentes do ciclo de estudos em tempo integral com uma ligação à instituição por um período superior a três anos / Teaching staff of the study programme with a full time link to the institution for over 3 years	49	98.196392785571
Docentes do ciclo de estudos inscritos em programas de doutoramento há mais de um ano (ETI) / FTE number of teaching staff registered in PhD programmes for over one year	0	0

Pergunta 5.5. e 5.6.

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

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

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

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

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

5.6. Observações:

<sem resposta>

5.6. Observations:

<no answer>

6. Pessoal Não Docente

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

Os funcionários não docentes (FND) do Departamento de Engenharia Mecânica (DEM) são afetos à Presidência e às várias áreas científicas definidas pelo DEM. Os funcionários não docentes dão apoio aos vários cursos da responsabilidade do DEM. Todos os funcionários estão em tempo parcial de dedicação ao Mestrado em Engenharia Mecânica (MEMec). Neste contexto, apresentamos a distribuição por serviços dos funcionários não docentes que dão apoio à MEMec, em tempo parcial (TP):

*Gestão de Espaços - 1 (TP);
Apoio às salas de aulas - 2 (TP);
Técnicos de Laboratório - 5 (TP) + 14 (TP) (bolseiros);
Apoio administrativo às áreas científicas e presidência - 16 (TP);
Apoio à coordenação da LEMec - 4 (TP);
Bolseiros: 10 (TP) (apoio à lecionação das aulas).*

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

Non-academic staff (FND) of the Mechanical Engineering Department (MED) is allocated to the Presidency and to the various scientific areas defined by the DEM. We present the distribution of services by non-teaching staff who support the MEMec in part-time (PT):

*Building Management - 1 (PT);
Class support - 2 (PT);*

Laboratory technicians - 5 (PT) + 14 (grant holders);
Administrative support of the Chairman of the DEM and scientific areas - 16 (PT);
Administrative support of the coordination of LEMec – 4 (PT);
Grant holders – 10 (TP) (teaching assistants).

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

Os funcionários referidos no ponto anterior têm as seguintes qualificações:

4º ano de escolaridade – 2;
9º ano – 4;
11º ano – 1;
12º ano – 17;
Licenciatura – 3;
Mestrado – 15;
Doutoramento – 10.

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

The qualification of the non academic staff identified in the section above is the following:

Basic Education (4th Grade) – 2;
Basic Education (9th Grade) – 4;
Secondary Education (11th Grade) – 1;
Secondary Education (12th Grade) – 17;
Batchelor – 3;
Master -15;
PhD – 10.

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.):

- 16 Laboratórios de ensino (Area = 1528 m²)
- 17 Laboratórios de ensino/investigação (Area = 1526 m²)
- 3 Oficinas para ensino (Area = 145 m²)
- 11 Salas de estudo (A = 732 m²)
- 4 Laboratórios exclusivamente para investigação (A = 576 m²)
- 1 Biblioteca (A = 929 m²)
- 45 Salas de aula (A = 2752 m²)
- 28 Anfiteatros de ensino (A = 2914 m²)

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

- 16 Teaching laboratories (Area = 1528 m²)
- 17 Teaching/Research laboratories (Area = 1526 m²)
- 3 Teaching workshops (Area = 145 m²)
- 11 Study rooms (A = 732 m²)
- 4 Research laboratories (A = 576 m²)
- 1 Library (A = 929 m²)
- 45 Classrooms (A = 2752 m²)
- 28 Lecture halls (A = 2914 m²)

7.2. Principais equipamentos e materiais afetos e/ou utilizados pelo ciclo de estudos (equipamentos didáticos e científicos, materiais e TIC):**Equipamento de ensaios de Ferrografia****Máquina de ensaios servohidráulica biaxial de 25KN e 100 Nm****Extrusora de Polímeros****Máquina de medida de coordenadas, Scanner de medida 3D****Máquina de ensaios de enformabilidade de chapas: ERICHSEN 145/60****Barra de Hopkinson****Máquina de pino-no-disco para caracterização tribológica****Impressora 3D: Ultimaker5****Máquina de electroerosão: Charmiles D10****Osciloscópios, sonómetros****Robôs: PUMA 560, ABB IRB2000; ABB 1400****Câmaras vídeo CMOS e CCD****Túneis aerodinâmicos de baixa velocidade.****Laser Doppler Anemometer. Laser pulsado****Espectrofotómetro. Sonómetros****Bancada de ensaio de permutadores de calor de diversas configurações****Laboratório de Motores Térmicos****Bancadas máquinas síncronas e máquinas de indução****Laboratório monitorização de veículos automóveis e peões****Unidades didáticas transmissão de calor****Instalações didáticas Bomba de Ejector****Célula manufactura flexível****MIG Sinérgico ESAB; Máquina de soldadura MIG/MAG****Máquina soldadura CMT****Prensa ADIRA 1800 kN CNC****7.2. Main equipment or materials used by the study programme (didactic and scientific equipment, materials, and ICTs):****Ferrography testing equipment****25KN and 100 Nm biaxial servo-hydraulic testing machine****Polymer Extruder****Coordinate measuring machine: TESA Microhite 3D; 3D measurement scanner;****Plate formability testing machine: ERICHSEN 145/60****Hopkinson bar with electromagnetic actuation****Pin-on-disk machine for tribological characterization****Print 3D: Ultimaker5****Charmilles D10 EDM Machine****Oscilloscopes, sound meters****Benches with experimental devices****Robots: PUMA 560, ABB IRB2000; ABB 1400****CMOS and CCD video cameras****Low speed wind tunnels.****Laser Doppler Anemometer. Pulsed laser.****Spectrophotometer. Sonometers.**

Test bench for heat exchangers of different configurations
Thermal Motors Laboratory
Benches for teaching synchronous machines and induction machines.
Laboratory for monitoring vehicles and pedestrians
Didactic units for heat transmission:
Ejector Pump didactic installations
Flexible manufacturing cell
ESAB's Synergic MIG; MIG / MAG welding machine
CMT welding machine
Presse ADIRA 1800 kN CNC

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
Center for the Environment and Maritime Technologies – MARETEC @ LARSyS	Excellent	IST ULisboa	2	
Centre for Aeronautic and Spatial Sciences and Technologies – CCTAE @ LAETA	Excellent	IST ULisboa	11	
Center for Innovation, Technology and Policy Research - IN+ @ LARSyS	Excellent	IST ULisboa	12	
Institute for Mechanical Engineering – IDMEC @ LAETA	Excellent	IST ULisboa	51	

Pergunta 8.2. a 8.4.

8.2. Mapa-resumo de publicações científicas do corpo docente do ciclo de estudos, em revistas de circulação internacional com revisão por pares, livros ou capítulos de livro, relevantes para o ciclo de estudos, nos últimos 5 anos.

<https://www.a3es.pt/si/iportal.php/cv/scientific-publication/formId/ef679aa4-67ba-0fdf-5fe3-5e78d2bb292e>

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

<https://www.a3es.pt/si/iportal.php/cv/high-level-activities/formId/ef679aa4-67ba-0fdf-5fe3-5e78d2bb292e>

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.

Os centros de investigação CCTAE e IDMEC pertencem ao Laboratório Associado de Energia, Transportes e Aeronáutica - LAETA. Entre 2013 e 2017, a FCT financiou o LAETA com cerca de 13,5 M €. Ainda assim, o LAETA atraiu cerca de duas vezes esse valor de financiamento competitivo de outras agências: 18,9 M € (nacional) e 6,3 M € (internacional). No mesmo período, foram criadas 23 cisões no âmbito do LAETA.

A pesquisa do IDMEC concentrou-se não apenas na ciência fundamental, mas principalmente nas tecnologias aplicadas e na transferência de conhecimento para a sociedade. Esse esforço foi reconhecido por sua excelência e massa crítica em campos essenciais nos setores de energia, tecnologias de transporte e aeronáutica. Algumas contribuições relevantes são: i) Modelos computacionais para projetar estruturas aeroespaciais compostas, com vários contratos com a Airbus; ii) Avanços nos processos de fundição e conformação de metais, em colaboração com parceiros industriais e a ESA; iii) Avanços no transporte de superfície (sistemas ferroviários de catenária-pantógrafo e autocarros com células de combustível); iv) Avanços em energias renováveis oceânicas, realizados pela start-up KYMANER; e v) Propagação e segurança de incêndios florestais.

Os centros de investigação MARETEC e IN+ pertencem ao Laboratório de Robótica e Sistemas de Engenharia - LARSyS. O IN+ lidera a área de Sistemas de Energia Sustentável do Programa MITPortugal e organizou o Simpósio de

Laser de Lisboa, as conferências anuais ILASS-Europa; Simpósio de Nanofluidos (ESNf-2017), Cleanair 2015, o SPEIC2014 Rumo à Combustão Sustentável, possui membros do comité em conferências de biotecnologia (ICBE2016 e Biodevices 2018), Materials and Metallurgical Engineering (MMME'15-17) and Waste Management (2015-17).

O grupo principal de pesquisa da MARETEC possui as capacidades e competências necessárias para conduzir a pesquisa para atingir seus objetivos e atrair jovens pesquisadores. Tem também um plano de investigação que pode contribuir para integrar novos conhecimentos e aprimorar a capacidade de inovação em nível nacional / internacional. O MARETEC trabalha em estreita colaboração com seu ecossistema de spinoffs (HidroMod, Moduladores de Ação, Terraprima), garantindo a transferência eficiente de conhecimento, aplicação prática dos seus resultados de investigação e treino e emprego para seus alunos de mestrado e pós-graduação.

2017-2021 - iFADO - Innovation in the Framework of the Atlantic Deep Ocean. Financiado pelo Interreg Atlantic Area (EAPA_165/2016), consórcio de 20 parceiros coordenado pelo IST (financiamento para o IST de 516 447,90€).

2017 - Contrato de consultoria com o BCSD Portugal "Meet2030" (financiamento para a ADIST de 60 000 € + IVA), no âmbito do projecto Meet2030 (<https://www.bcsdportugal.org/projetos/meet-2030>).

8.4. List of main projects and/or national and international partnerships underpinning the scientific, technologic, cultural and artistic activities developed in the area of the study programme.

The CCTAE and IDMEC research centers belong to the Associated Laboratory for Energy, Transport and Aeronautics - LAETA. Between 2013 and 2017, FCT financed LAETA with circa 13.5 M €. Moreover, LAETA attracted about twice that amount of competitive financing from other agencies: 18.9 M € (national) and 6.3 M € (international). In the same period, 23 divisions were created within the scope of LAETA.

IDMEC's research focused not only on fundamental science but mainly on applied technologies and the transfer of knowledge to society. This effort was recognized for its excellence and critical mass in essential fields in the sectors of energy, transport technologies and aeronautics. Some relevant contributions are: i) Computational models for designing composite aerospace structures, with several contracts with Airbus; ii) Advances in metal casting and forming processes, in collaboration with industrial partners and ESA; iii) Advances in surface transport (catenary-pantograph rail systems and fuel cell buses); iv) Advances in ocean renewable energy, made by the start-up KYMANER; and v) Propagation and safety of forest fires.

The MARETEC and IN+ research centers belong to the Laboratory of Robotics and Engineering Systems - LARSyS. IN+ leads the Sustainable Energy Systems area of the MIT-Portugal Program and organized the Lisbon Laser Symposium, the annual ILASS-Europe conferences; Nanofluids Symposium (ESNf-2017), Cleanair 2015, SPEIC2014 Towards Sustainable Combustion, has committee members at biotechnology conferences (ICBE2016 and Biodevices 2018), Materials and Metallurgical Engineering (MMME'15-17) and Waste Management (2015 -17).

MARETEC's core research group has the necessary skills and competences to conduct research to achieve its objectives and attract young researchers. It also has a research plan that can contribute to integrate new knowledge and improve the capacity for innovation at national / international level. MARETEC works closely with its spinoff ecosystem (HidroMod, Action Modulators, Terraprima), ensuring the efficient transfer of knowledge, the practical application of its research and training results and employment for its master and postgraduate students.

2017-2021 - iFADO - Innovation in the Framework of the Atlantic Deep Ocean. Financed by Interreg Atlantic Area (EAPA_165 / 2016), consortium of 20 partners coordinated by IST (IST financing of € 516 447.90).

2017 - Consultancy contract with BCSD Portugal "Meet2030" (ADIST financing of € 60,000 + VAT), within the scope of the Meet2030 project (<https://www.bcsdportugal.org/projetos/meet-2030>).

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 a Junho de 2019 (Fonte: Caracterização dos desempregados registados com habilitação superior–junho de 2019–Tabela Geral).

Para comparação considerou-se a oferta formativa similar em Lisboa e Porto, nomeadamente os mestrados em Engenharia Mecânica da UNL e da UP, com desemprego de 1,7% e 2,3% respectivamente. (Diplomados entre 2010 e 2018) Nas restantes universidades, o desemprego varia entre os 1,9% e os 7,8%, este último relativo à UTAD e a uma realidade de mercado de trabalho com contrangimentos locais específicos. O actual Mestrado oferecido no IST apresenta, para as mesmas coortes e período, um desemprego residual de 0,4%.

Os dados internos do IST indicavam que 98,6% dos diplomados deste mestrado encontram-se a desempenhar actividade remunerada (Inquérito anual à situação profissional dos recém-diplomados de 2º Ciclo do IST–Observatório de Empregabilidade do IST, 2019)

- 9.1. Evaluation of the employability of graduates by similar study programmes, based on official data: DGEEC graduates' unemployment data was considered. The most recent data are for June 2019 (Source: Characterization of registered unemployed with higher education - June 2019 - General Table)**

For comparison, a similar training offer was considered in Lisbon and Porto, namely the Masters in Mechanical Engineering at UNL and UP, with unemployment of 1.7% and 2.3% respectively. (Graduates between 2010 and 2018) In the remaining universities, unemployment varies between 1.9% and 7.8%, the latter relative to UTAD and a reality of the labor market with specific local constraints. The current Master's degree offered at IST presents, for the same cohorts and period, a residual unemployment of 0.4%.

The internal data from IST indicated that 98.6% of the graduates of this master's degree are engaged in paid work (Annual survey of the professional situation of recent graduates of the 2nd cycle of IST - IST Employability Observatory, 2019)

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

É de esperar que a capacidade de atração de alunos do novo MEMec do IST venha a apresentar resultados semelhantes aos do MEMec atualmente em execução. Analisando os dados da DGES para as colocações do MEMec dos últimos 3 anos (2017/2018, 2018/2019, 2019/2020) verifica-se que a taxa de ocupação foi sempre de 100%, e que o número de candidatos tem sido 4,8 a 5,8 vezes maior do que o número de vagas disponíveis. Além disso nos últimos 3 anos mais de 80% dos alunos colocados escolheram a MEMec em 1ª e 2ª opção, e a nota mínima de seriação (NMS) foi sempre maior do que 173 pontos. Finalmente, as vagas têm sido consistentemente preenchidas na totalidade logo na 1ª fase do concurso nacional de acesso ao ensino superior. No contexto nacional, apenas o MEMec da UP apresenta resultados semelhantes, como um número de candidatos na 1ª fase semelhante, e uma nota de mínima de seriação ligeiramente mais elevada, fruto do menor número de vagas comparadas com as do MEMec IST.

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

It is expected that the students attractiveness of the new MEMec from IST will be similar to the current MEMec. Analyzing DGES data for MEMec placements for the last 3 years (2017/2018, 2018/2019, 2019/2020) it appears that the occupancy rate has always been 100%, and that the number of candidates has been 4.8 to 5.8 times greater than the number of places available. In addition, in the last 3 years, more than 80% of the allocated students chose the MEMec in 1st and 2nd option, and the minimum grade of grade (NMS) was always higher than 173 points. Finally, vacancies have been consistently filled in full in the first phase of the national competition for access to higher education. In the national context, only the MEMec of the UP presents similar results, such as a similar number of candidates in the 1st phase, and a slightly higher grade level, due to the lower number of vacancies compared to those of the MEMec IST.

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

O DEM acolhe todos os anos um conjunto de alunos da Academia Militar e da Academia da Força Aérea que ao abrigo do protocolo estabelecido entre o IST e aquelas Instituições, terminam a sua formação académica no IST. Há ainda vários docentes do MEMec que lecionam um número significativo de UCs básicas nas referidas Academias.

Ao abrigo do protocolo entre a Universidade dos Açores e o IST, o MEMec recebe alunos daquela universidade que ingressam no 3º ano.

Os alunos do MEMec podem através da participação no Programa Almeida Garrett estudar durante um semestre numa outra Escola do Ensino Superior Português. O funcionamento deste Programa é, em muito, semelhante ao adotado pelo ERASMUS, envolvendo um acordo entre as instituições de Ensino Superior e o reconhecimento académico das UCs realizadas em mobilidade.

Além disso a colaboração com outras universidades públicas portuguesas inclui a coorientação conjunta de dissertações de mestrado e participações em júris.

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

DEM welcomes every year a number of students from the Military Academy and the Air Force Academy that, under a Protocol established between the IST and those institutions, complete their academic training at IST. There are still several teachers of MEMec who teach a significant number of basic UCs in those Academies.

Under the Protocol between the University of the Azores and the IST, MEMec receives students from that University who join in third year.

MEMec students can also study for a semester in another Portuguese School of higher education through the program Almeida Garrett. The operation of this program is very similar to that adopted by ERASMUS, involving an agreement between higher education institutions and academic recognition of UCs in mobility.

In addition, the collaboration with other public universities of Portugal includes the joint coorientation of dissertations and participation in juries.

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:

A proposta foi baseada no relatório CAMEPP, que teve como referência as seguintes universidades Europeias:

DTU, Technical University of Denmark, Dinamarca;

EPFL, École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Suíça;

ETH, Federal Institute of Technology of Zurich, Suíça;

KIT, Karlsruhe Institute of Technology, Alemanha;

KTH, Royal Institute of Technology, Suécia;

Polimi, Politecnico di Milano, Itália;

PoliTo, Politecnico di Torino, Itália;

TU Delft, Technical University of Delft, Holanda;

TU/e, Technical University of Eindhoven, Holanda;

UPCatalunya, Universidade Politécnic da Catalunha, Espanha;

UPMadrid, Universida de Politécnic de Madrid, Espanha.

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

The proposal was based on the CAMEPP report, which had as reference the following European universities:

DTU, Technical University of Denmark, Dinamarca;

EPFL, École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Suíça;

ETH, Federal Institute of Technology of Zurich, Suíça;

KIT, Karlsruhe Institute of Technology, Alemanha;

KTH, Royal Institute of Technology, Suécia;

Polimi, Politecnico di Milano, Itália;

PoliTo, Politecnico di Torino, Itália;

TU Delft, Technical University of Delft, Holanda;

TU/e, Technical University of Eindhoven, Holanda;

UPCatalunya, Universidade Politécnic da Catalunha, Espanha;

UPMadrid, Universida de Politécnic de Madrid, Espanha.

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

Como indicado no relatório CAMEPP (anexo B2), “considerou-se os objetivos de ensino veiculados nos termos de referência e que se consubstanciam nos objetivos definidos nas orientações EUR-ACE: conhecimento e compreensão; análise em engenharia; projeto de engenharia; investigação; prática de engenharia; capacidade de decisão; capacidade de comunicação e trabalho de equipa; aprendizagem ao longo da vida. Esta escolha de objetivos foi norteadada pelo seu uso internacional em múltiplos contextos e por ser um referencial utilizado pela Ordem dos Engenheiros.”

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

As pointed out in the CAMEPP report (annex B2), “we considered the teaching objectives conveyed in the terms of reference and which are embodied in the objectives defined in the EUR-ACE guidelines: knowledge and understanding; engineering analysis; engineering design; investigation; engineering practice; decision-making ability; communication skills and teamwork; lifelong learning. This choice of objectives was guided by its international use in multiple contexts and by being a reference used by the Order of Engineers.”

11. Estágios e/ou Formação em Serviço

11.1. e 11.2 Estágios e/ou Formação em Serviço

Mapa VII - Protocolos de Cooperação

Mapa VII - Protocolos de Cooperação

11.1.1. Entidade onde os estudantes completam a sua formação:

<sem resposta>

11.1.2. Protocolo (PDF, máx. 150kB):

<sem resposta>

11.2. Plano de distribuição dos estudantes

11.2. Plano de distribuição dos estudantes pelos locais de estágio e/ou formação em serviço demonstrando a adequação dos recursos disponíveis.(PDF, máx. 100kB).

<sem resposta>

11.3. Recursos próprios da Instituição para acompanhamento efetivo dos seus estudantes nos estágios e/ou formação em serviço.

11.3. Recursos próprios da Instituição para o acompanhamento efetivo dos seus estudantes nos estágios e/ou formação em serviço:

<sem resposta>

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

<no answer>

11.4. Orientadores cooperantes

11.4.1. Mecanismos de avaliação e seleção dos orientadores cooperantes de estágio e/ou formação em serviço, negociados entre a instituição de ensino superior e as instituições de estágio e/ou formação em serviço (PDF, máx. 100kB).

11.4.1 Mecanismos de avaliação e seleção dos orientadores cooperantes de estágio e/ou formação em serviço, negociados entre a instituição de ensino superior e as instituições de estágio e/ou formação em serviço (PDF, máx. 100kB).

<sem resposta>

11.4.2. Orientadores cooperantes de estágio e/ou formação em serviço (obrigatório para ciclo de estudos com estágio obrigatório por lei)

11.4.2. Mapa X. Orientadores cooperantes de estágio e/ou formação em serviço (obrigatório para ciclo de estudos com estágio obrigatório por Lei) / External supervisors responsible for following the students' activities (mandatory for study programmes with in-service training mandatory by law)

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

<sem resposta>

12. Análise SWOT do ciclo de estudos

12.1. Pontos fortes:

- **Formação sólida em UCs da especialidade principal;**
- **Existência de três áreas de especialização, conferindo versatilidade nas competências adquiridas, com uma forte formação prática, baseada na realização de projetos;**
- **Muitos dos docentes são especialistas reconhecidos internacionalmente nas áreas em que lecionam, seja pela sua atividade científica, seja pela vertente profissional;**
- **Existência de um processo de monitorização que inclui o sistema QUC e a realização de reuniões periódicas com representantes dos estudantes e responsáveis pelas UCs para analisar o funcionamento das mesmas e preparar os semestres de uma forma cuidadosa;**
- **Empregabilidade praticamente a 100%;**
- **O Núcleo de Estudantes de Engenharia Mecânica do IST e as secções Formula Student, TL moto, Técnico Solar Boat, PSEM, Técnico Fuel Cell, têm um papel importante na formação complementar dos estudantes e na sua futura integração no mercado de trabalho;**
- **O desenvolvimento da dissertação promove a integração dos estudantes em tarefas de investigação e/ou outras de caráter tecnológico em colaboração com empresas.**

12.1. Strengths:

- **Solid training in UCs of the main area of specialization;**
- **Existence of three areas of specialization, providing versatility in the acquired skills, with a strong practical training, based on the realization of projects;**
- **Many of the teachers are internationally recognized specialists in the areas in which they teach, either for their scientific activity or for their professional roles;**
- **Existence of a monitoring process that includes the QUC system and periodic meetings with representatives of students and heads of UCs to analyze their functioning and prepare the semesters in a careful manner;**
- **Virtually 100% employability;**
- **The Mechanical Engineering Students Nucleus of IST and the sections Formula Student, TL moto, Técnico Solar Boat, PSEM, Técnico Fuel Cell, have an important role in the complementary training of students and in their future integration in the job market;**
- **The development of the dissertation promotes the integration of students in research and / or other technological tasks in collaboration with companies.**

12.2. Pontos fracos:

- **Dificuldade em compatibilizar os diferentes interesses/ritmos de aprendizagem (ensino de massas);**
- **Dificuldade da Coordenação do MEMec em intervir nos mecanismos de distribuição de serviço docente;**
- **A ainda pouca relevância da componente do desempenho docente na avaliação dos Docentes do IST (RADIST);**
- **Dispersão da atividade dos docentes em tarefas não estritamente letivas e de investigação;**
- **Idade média dos docentes elevada;**
- **Número insuficiente de técnicos de laboratório qualificados;**
- **Ligação fraca de alguns estudantes à Escola e às suas atividades, designadamente atividades de I&D;**
- **Dificuldade de alguns estudantes na aprendizagem em língua inglesa;**
- **Alguma morosidade de docentes e estudantes a se adaptarem aos novos paradigmas de transmissão de conhecimentos centrados no aluno;**
- **Dificuldades em garantir o cumprimento da carga de trabalho planeada no início de cada semestre, sendo alguns ultrapassada a carga média associada ao número correspondente de ECTS;**
- **Dificuldades de acompanhamento das mudanças rápidas de índole tecnológica.**

12.2. Weaknesses:

- **Difficulty in matching the different interests / learning rhythms (mass teaching);**
- **Difficulty of the MEMec Coordination to intervene in the teaching service distribution procedure;**
- **The still little relevance of the teaching performance component in the evaluation of IST Teachers (RADIST);**
- **Dispersion of the activity of teachers in non-teaching and research tasks;**
- **High average age of teachers;**
- **Insufficient number of qualified laboratory technicians;**
- **Weak connection of some students to the School and its activities, namely R&D activities;**
- **Difficulty of some students in learning in English;**
- **Some slowness of teachers and students to adapt to the new paradigms of knowledge transmission centered on the student;**
- **Difficulties in ensuring compliance with the planned workload at the beginning of each semester, in some cases exceeding the average load associated with the corresponding number of ECTS;**
- **Difficulties in keeping up with rapid technological changes.**

12.3. Oportunidades:

- **Possibilidades de os engenheiros mecânicos desenvolverem trabalho em áreas emergentes, tais como energias renováveis, nano e microtecnologia, novos materiais e processos de fabrico, edifícios inteligentes, biomecânica, biomédica, fábricas do futuro, entre outras;**

- *Necessidade crescente de profissionais nas áreas da engenharia mecânica nomeadamente produção, energia e controlo e automação industrial;*
- *Reequipamento laboratorial com base em programas de financiamento nacionais ou europeus, com origem pública ou privada (e.g. alguns laboratórios foram equipados por empresas nacionais);*
- *Número elevado de recém-doutorados com grande qualidade intelectual e científica com potencial para assegurarem a eventual renovação do corpo docente;*
- *Possibilidade de envolver em tarefas de docência os investigadores doutorados afectos a atividade de investigação, nomeadamente nos Centros de Investigação (IDMEC, IN+, CCTAE, CENTEC e MARTEC);*
- *Inclusão dos estudantes em atividades de I&D, por meio de trabalhos e projectos opcionais a UC de especialização.*

12.3. Opportunities:

- *Possibilities for mechanical engineers to develop work in emerging areas, such as renewable energy, nano and microtechnology, new materials and manufacturing processes, intelligent buildings, biomechanics, biomedics, factories of the future, among others;*
- *Increasing need for professionals in the areas of mechanical engineering, namely production, energy and industrial automation and control;*
- *Laboratory retrofitting based on national or European funding programs, with public or private origin (eg some laboratories have been equipped by national companies);*
- *High number of recent doctorates with high scientific quality with the potential to ensure the eventual renewal of the teaching staff;*
- *Possibility of involving doctoral researchers involved in research activities in teaching tasks, namely in the Research Centers (IDMEC, IN +, CCTAE, CENTEC and MARTEC);*
- *Inclusion of students in R&D activities, through optional work and projects to specialization UC .*

12.4. Constrangimentos:

- *Carácter fundamentalmente regional/local da captação de estudantes;*
- *Envelhecimento do corpo docente e falta de renovação, que se acentuou com a crise económico-financeira, que faz com que se funcione acima do rácio docente/aluno desejável;*
- *Falta de bolseiros e estudantes de doutoramento, nas aulas práticas e de laboratório;*
- *A redução do financiamento verificado nos últimos anos dificulta a manutenção, reparação e aquisição de equipamentos, a renovação de espaços e a aquisição de consumíveis;*
- *Dificuldade de renovação do corpo docente e dos funcionários não-docentes, que se agravou consideravelmente com a crise económica;*
- *Dificuldade de adaptação ao espírito do ensino universitário por parte de alguns estudantes, nomeadamente no que diz respeito à capacidade de desenvolver estudo autónomo;*
- *A crise económico-financeira e a sólida formação dos estudantes do MEMec faz com que muitos deles aproveitem oportunidades no estrangeiro, não continuando em Portugal os estudos ao nível do 3º ciclo ou a não se integrando na indústria e nas empresas de base tecnológica nacionais.*

12.4. Threats:

- *Fundamentally regional / local character of student recruitment;*
- *Aging of the teaching staff and lack of renewal, which was accentuated by the economic and financial crisis, which makes it work above the desirable teacher / student ratio;*
- *Lack of scholarship holders and PhD students, in practical and laboratory classes;*
- *The reduction in financing seen in recent years makes it difficult to maintain, repair and purchase equipment, renovate spaces and purchase consumables;*
- *Difficulty in renewing the teaching staff and non-teaching staff, which has worsened considerably with the economic crisis;*
- *Difficulty in adapting to the spirit of university education by some students, namely with regard to the ability to develop autonomous study;*
- *The economic-financial crisis and the solid training of MEMec students means that many of them take advantage of opportunities abroad, not continuing their studies at the level of the 3rd cycle in Portugal or not integrating themselves into industry and national technology-based companies.*

12.5. Conclusões:

A engenharia mecânica é uma atividade profissional regulamentada pela Ordem dos Engenheiros que se consubstancia na aplicação de conhecimentos teóricos, práticos e experimentais, enquadrados por constrangimentos de natureza económica, social, ética e ambiental, à conceção, projeto, fabrico, controlo e gestão de produtos, processos, equipamentos e sistemas energéticos e tecnológicos.

O modelo de organização da formação superior em engenharia mecânica do IST assenta no desenvolvimento de um conjunto muito diversificado de competências que permitem assegurar aos estudantes e profissionais de engenharia condições de integração profissional num leque relativamente vasto de saídas profissionais e em circunstâncias similares às que são proporcionadas pelas instituições de referência de ensino universitário do espaço Europeu. De facto, os engenheiros mecânicos formados no IST têm grande facilidade em integrar-se no mercado de trabalho, uma vez que as entidades empregadoras continuam a procurar nesta formação superior as boas qualidades

sistematicamente demonstradas ao longo dos tempos pelos seus profissionais.

O DEM acumula a experiência de várias décadas de empenhamento em atividades de ensino, investigação e desenvolvimento. A diversidade de competências intrínsecas a um corpo docente próprio qualificado e constituído integralmente por doutorados, associadas à qualidade e variedade dos equipamentos experimentais que se encontram instalados nos seus laboratórios conferem ao DEM a excelência indispensável a um ensino de elevada qualidade. A formação de 2º ciclo em engenharia mecânica está organizada num ciclo de estudos conducente ao grau de mestre em engenharia mecânica com a duração total de 4 semestres curriculares de trabalho.

A estrutura curricular do mestrado em Engenharia Mecânica desenvolve-se em torno de três áreas de especialização fundamentais: a transformação e utilização de energia, o projeto e fabrico de produtos, equipamentos e sistemas industriais e o controlo e automação de sistemas mecânicos. O principal objetivo do curso de mestrado em Engenharia Mecânica é a formação de engenheiros mecânicos com competências para:

- Conceber, projetar, fabricar e operar sistemas e produtos de engenharia mecânica de uma forma criativa, crítica, autónoma e interdisciplinar, incorporando as mais recentes inovações tecnológicas;*
- Resolver problemas de engenharia, tanto em situações conhecidas como em situações novas, em contextos alargados e multidisciplinares, no âmbito da conceção de produtos, equipamentos e sistemas sujeitos a condicionamentos tecnológicos, económicos, sociais e ambientais;*
- Lidar com problemas de engenharia mecânica complexos, recolhendo, selecionando e interpretando a informação relevante, incluindo casos de informação limitada ou incompleta, e integrar conhecimentos de modo a obter soluções ou emitir juízos, tendo em conta as implicações e responsabilidades éticas e sociais que resultem ou condicionem essas soluções e juízos.*

12.5. Conclusions:

Mechanical engineering is a professional activity regulated by the Order of Engineers that is based on the application of theoretical, practical and experimental knowledge, framed by economic, social, ethical and environmental constraints, to the conception, design, manufacture, control and management of products, energy and technological processes, equipment and systems.

The organization model for higher education in mechanical engineering at IST is based on the development of a very diversified set of skills that enable students and engineering professionals to ensure professional integration conditions in a relatively wide range of professional opportunities and in circumstances similar to those offered. reference institutions of university education in the European area.

In fact, mechanical engineers trained at IST find it very easy to integrate into the job market, since employers continue to seek in this higher education the good qualities systematically demonstrated over time by their professionals.

The Mechanical Engineering Department of IST accumulates the experience of several decades of commitment to teaching, research and development activities. The diversity of competencies intrinsic to a qualified teaching staff entirely composed of holders of a PhD degree associated with the quality and variety of experimental equipment installed in their laboratories gives the current Mechanical Engineering Department of IST the excellence that is essential for high quality teaching.

The 2nd cycle training in mechanical engineering is organized in a model of study cycle leading to a master's degree in mechanical engineering with a total duration of 4 curricular semesters of work.

The curricular structure of the Master in Mechanical Engineering is developed around three fundamental areas of specialization: the transformation and use of energy, the design and manufacture of products, equipment and industrial systems and the control and automation of mechanical systems. The main objective of the Master's course in Mechanical Engineering is to train mechanical engineers with skills to:

- Conceive, design, manufacture and operate mechanical engineering systems and products in a creative, critical, autonomous and interdisciplinary way, incorporating the latest technological innovations;*
- Solve engineering problems, both in known situations and in new situations, in broad and multidisciplinary contexts, in the context of the design of products, equipment and systems subject to technological, economic, social and environmental constraints;*
- Dealing with complex mechanical engineering problems, collecting, selecting and interpreting relevant information, including cases of limited or incomplete information, and integrating knowledge in order to obtain solutions or make judgments, taking into account the resulting ethical and social implications and responsibilities or condition these solutions and judgments .*