

NCE/19/1901142 — Apresentação do pedido - Novo ciclo de estudos

1. Caracterização geral do ciclo de estudos

1.1. Instituição de Ensino Superior:
Universidade De Coimbra

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

1.2. Unidade orgânica (faculdade, escola, instituto, etc.):
Faculdade De Ciências E Tecnologia (UC)

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

1.3. Designação do ciclo de estudos:
Mestrado em Engenharia Mecânica

1.3. Study programme:
Master in 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:
<sem resposta>

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

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

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

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

1.9. Número máximo de admissões:

140

1.10. Condições específicas de ingresso.

Primeiro ciclo em Engenharia Mecânica, Engenharia e Gestão Industrial, ou área afim, ou apresentar um currículo escolar, científico ou profissional, reconhecido pelo órgão estatutariamente competente da unidade orgânica como adequado para a realização deste 2º ciclo de estudos

1.10. Specific entry requirements.

First cycle in Mechanical Engineering, Industrial and Management Engineering, or related area, or present a learning, scientific or professional curriculum that the organic unit of study cycle recognizes as appropriate to complete this 2nd cycle of studies

1.11. Regime de funcionamento.

Outros

1.11.1. Se outro, especifique:

Regime de tempo integral; Presencial

1.11.1. If other, specify:

Full-time; Face -to- Face

1.12. Local onde o ciclo de estudos será ministrado:

O ciclo de estudos será ministrado maioritariamente nas instalações do Departamento de Engenharia Mecânica da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra (DEM-FCTUC), situado no Pólo II da UC, onde existem 9 laboratórios, com cerca de 2900 m2, com equipamentos laboratoriais de elevada qualidade e atualidade. Os estudantes têm também acesso aos laboratórios situados noutros departamentos da FCTUC, bem como a laboratórios "externos", criados e dirigidos por docentes do DEM: LAI (Laboratório de Aerodinâmica Industrial - a cerca de 1000 m); LEDAP (Laboratório de Energética e Detónica - em Condeixa); LEIF (Laboratório de Estudo de Incêndios Florestais - na Lousã); Led&Mat (Laboratório de Ensaios e Desgaste & Materiais – no IPN a cerca de 1000 m).

1.12. Premises where the study programme will be lectured:

The study cycle will be taught mostly in the facilities of the Department of Mechanical Engineering (DEM) of the Faculty of Science and Technology of the University of Coimbra (DEM-FCTUC), located at the Pole II of the UC, where there are 9 laboratories, with about 2900 m2, with high quality laboratory equipment. Students also have access to laboratories located in other departments of the FCTUC, as well as to "external" laboratories created and run by DEM professors: LAI (Industrial Aerodynamics Laboratory – at about 1000 m); LEDAP (Energy and Detonic Laboratory - in Condeixa); LEIF (Forest Fire Study Laboratory - in Lousã); Led & Mat (Wear & Materials Testing Laboratory - at IPN about 1000 m

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

[1.13_Regulamento_Creditacao_Formacao_Anterior_Experiencia_Profissional_UC.pdf](#)

1.14. Observações:

Para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica (MEM) é obrigatório a obtenção de 120 ECTS, incluindo a elaboração e defesa pública de uma dissertação original de Mestrado (30 ECTS), a qual deve refletir a formação interdisciplinar obtida durante o curso, e restantes 90 ECTS distribuídos por diversas áreas científicas, tais como CEM (Ciências de Engenharia Mecânica), CE (Ciências de Engenharia) e CT (Competências Transversais). A dissertação de mestrado pode ser realizada em ambiente académico ou industrial, sendo que, obrigatoriamente, tem de ter um orientador da unidade orgânica. O Mestrado em Engenharia Mecânica não contempla a opção estágio, mas estão disponíveis estágios de verão, de frequência voluntária, para os alunos interessados em aplicar e desenvolver os seus conhecimentos em áreas específicas ou em contactar com a realidade do mundo profissional. Em termos de parcerias institucionais, a Universidade de Coimbra (UC) tem ao dispor dos seus estudantes e docentes diversos protocolos de estímulo à mobilidade para estudos, formação ou estágios curriculares e profissionais em instituições nacionais e estrangeiras de ensino superior, nomeadamente o programa ERASMUS Mundos/Outras mobilidades e o programa Almeida Garrett (a nível nacional)

1.14. Observations:

To obtain the Master's degree in Mechanical Engineering (MEM) it is mandatory to obtain 120 ECTS, including the preparation and public defense of an original Master's dissertation (30 ECTS), reflecting the interdisciplinary formation obtained during the course, and the others 90 ECTS belong to the fundamental scientific areas such CEM (Mechanical Engineering Sciences), CE (Engineering Sciences) and CT (Transversal Skills). The Master's Dissertation can be carried

out in academic or industrial environment, but in both situations, it will be oriented by a supervisor connected to University of Coimbra. The Master in Mechanical Engineering does not include internships but summer internships, with voluntary attendance, are available for students interested in deepening their knowledge in specific areas or get a contact with the reality of the professional world. In terms of institutional partnerships, the University of Coimbra (UC) has available to its students and teachers several protocols to stimulate mobility for studies, training or professional and internships in national and foreign higher education institutions, namely the ERASMUS-Mundus/Other mobility program and the Almeida Garrett program (National level).

2. Formalização do Pedido

Mapa I - Conselho Pedagógico da FCTUC

2.1.1. Órgão ouvido:

Conselho Pedagógico da FCTUC

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

[2.1.2._Extrato_ataCP_FCTUC_20200415_signed_100k.pdf](#)

Mapa I - Reitor da Universidade de Coimbra

2.1.1. Órgão ouvido:

Reitor da Universidade de Coimbra

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

[2.1.2._79_Eng_Mecanica_Mestrado_compressed.pdf](#)

Mapa I - Conselho Científico da FCTUC

2.1.1. Órgão ouvido:

Conselho Científico da FCTUC

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

[2.1.2._CC_FCTUC_22_01_2020.pdf](#)

Mapa I - Plano de correspondência

2.1.1. Órgão ouvido:

Plano de correspondência

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

[2.1.2._MEM_compressed.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 formação académica do Mestre Engenheiro Mecânico, na Universidade de Coimbra, visa prepará-lo para a conceção de máquinas e processos; conceção e a fabrico de peças e máquinas em geral; utilizando técnicas convencionais ou recorrendo a técnicas emergentes, ações de desenvolvimento na área energética e ambiental; gestão da produção; manutenção de equipamentos; atuarem como empreendedores nas áreas industriais afins. A formação ao nível do segundo ciclo confere formação nos vários domínios da engenharia mecânica proporcionando aos estudantes uma base sólida para a resolução de problemas, desenvolver procedimentos e integrar os conhecimentos de diferentes áreas, o que permitirá uma fácil integração no mercado de trabalho. O Mestrado em Engenharia Mecânica tem como objetivo formar profissionais com altas qualificações técnicas e científicas, bem como elevados padrões de responsabilidade profissional, social e ética, capazes de aplicar conceitos e técnicas a problemas de engenharia.

3.1. The study programme's generic objectives:

The academic background of the Mechanical Engineer Master at the University of Coimbra aims to prepare him for design and manufacture of parts and machines in general using conventional techniques or emerging techniques; for development actions in the energy and environmental area; for production management; for equipment maintenance; to act as entrepreneurs in the related industrial areas. Second cycle provides training in the several fields of mechanical engineering providing a solid basis for problem solving, developing procedures and integrating knowledge from different areas, which will allow them to easily integrate into industrial companies. The Master in Mechanical Engineering (MEM) aims to train professionals with high technical and scientific qualifications, as well as high standards of professional, social and ethical responsibility, able to apply Engineering concepts and techniques to the analysis and resolution of several and complex engineering problems.

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

Capacidade para integrar conhecimentos de matemática, ciência e engenharia. Capacidade para implementar programas experimentais, realizar experiências, analisar e interpretar os resultados. Capacidade para projetar sistemas complexos atendendo aos constrangimentos económicos, ambientais, sociais, éticos, de segurança e às limitações de produção e sustentabilidade. Capacidade para liderar equipas de engenharia multidisciplinares. Capacidade para identificar, formular e resolver problemas de engenharia usando ferramentas modernas e adequadas. Após completarem o Mestrado em Engenharia Mecânica os alunos devem possuir uma formação sólida, com formação específica numa das duas áreas de especialização oferecidas neste mestrado. Devem ainda ter adquirido competências que lhes permitam autonomia para dar resposta aos desafios que lhes forem sendo colocados.

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

Ability to integrate knowledge of math science and engineering. Ability to implement experimental programs, carry out experiments, analyze and interpret results. Ability to design complex systems meeting economic, environmental, social, ethical, safety constraints and production and sustainability constraints. Ability to lead multidisciplinary engineering teams. Ability to identify, formulate and solve engineering problems using modern and appropriate tools. After completing the Master in Mechanical Engineering students must have a solid background, with specific training in one of the two areas of specialization offered in this Master. They must also have acquired skills to deal with the challenges that will arise.

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:

A formação que se pretende conferir aos alunos é suportada por um corpo docente muito bem qualificado, que se encontra maioritariamente a desenvolver as suas atividades de investigação em unidades classificadas com “Excelente”. Esta ligação permite que os alunos tenham conhecimento das atividades de investigação desenvolvidas pelos docentes. Desta forma, o curso contribui para que o conhecimento existente e desenvolvido na UC seja transmitido pelos seus alunos para as futuras organizações empregadoras. A aproximação dos alunos à sociedade civil consegue-se também com o convite de pessoas, provenientes de diferentes domínios da sociedade, para a organização de seminários e “workshops” e ainda pelo envolvimento dos alunos, sob orientação dos docentes, nos projetos de investigação e de prestação de serviços entre o DEM-FCTUC e empresas. Deste modo, os alunos adquirem também um conjunto de competências transversais que garantem a sua formação global e estimulam a sua participação crítica e inovadora, promovendo o seu desenvolvimento pessoal e uma participação cívica. Entre essas competências transversais destacam-se: competências interpessoais, de comunicação, de liderança e de ética no trabalho. Neste contexto, os objetivos do Mestrado em Engenharia Mecânica encontram-se em linha com os três pilares da estratégia da UC: Ensino, Investigação e Transferência de saber.

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:

The education that is intended for the students is supported by a very well qualified teaching staff, which is mainly developing its research activities in units classified as “Excellent”. This link allows students to be aware of the research activities carried out by the teachers. In this way, the course contributes to the transmission by its students of the existing and developed knowledge from UC to the future employing organizations. Students can also be closer to civil society by inviting people from different areas of society to organize seminars and workshops, and by involving students, under the guidance of teachers, in research and development projects. of DEM-FCTUC and companies. In this way, students also acquire a set of transversal competences that guarantee their global formation and stimulate their critical and innovative participation, promoting their personal development and civic participation. Among these transversal competences are: communication, leadership and professional ethic competences. In this context, the objectives of the Master in Mechanical Engineering are in line with the three pillars of the UC strategy: Teaching, Research and Knowledge Transfer.

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:

Produção e Projeto
Energia e Ambiente

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

Production and Design
Energy and Environment

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

Mapa II - Produção e Projeto

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

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

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
Ciências de Engenharia/Engineering Sciences	CE	6	3	
Competências Transversais/Soft Skills	CT	3		
Ciências de Engenharia Mecânica/Mechanical Engineering Sciences	CEM	96	12	
(3 Items)		105	15	

Mapa II - Energia e Ambiente

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

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

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
Ciências de Engenharia/Engineering Sciences	CE	6	3	
Competências Transversais/Soft Skills	CT	3		
Ciências de Engenharia Mecânica/Mechanical Engineering Sciences	CEM	96	12	
(3 Items)		105	15	

4.3 Plano de estudos

Mapa III - Produção e Projeto - 1º ano_1º semestre/ 1st year_1st semester

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

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

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)
Complementos de Processos de Fabrico/Complementary Manufacturing	CEM	Semestral	162	S- 28; TP- 28	6	
Comportamento Mecânico de Materiais/Mechanical Behaviour of Materials	CEM	Semestral	162	T- 28; TP- 20; PL - 8	6	
Conversão e Gestão de Energia/Energy Conversion and Management	CEM	Semestral	162	T- 28; TP- 28	6	
Máquinas Elétricas e Eletricidade / Electrical Machines and Electricity	CE	Semestral	162	T- 28; TP- 28	6	
Transferência de Calor e Massa/Heat and Mass Transfer	CEM	Semestral	162	T- 28; TP- 28	6	

(5 Items)

Mapa III - Produção e Projeto - 1º ano_2º semestre/ 1st year/2nd semester

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

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

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)
Climatização e Refrigeração/Heating, Ventilating, Air-conditioning and Refrigeration	CEM	Semestral	162	T- 28; TP- 28	6	
Controlo Industrial/Industrial Control	CEM	Semestral	162	T- 28; TP- 14; PL - 14	6	
Cálculo Automático de Estruturas/Automatic Calculation of Structures	CEM	Semestral	162	T- 28; TP- 28	6	
Dinâmica de Sistemas Multi-Corpo/Dynamic of Multibody Systems	CEM	Semestral	162	T- 28; TP- 28	6	
Economia Circular/Circular Economy	CT	Semestral	81	T-14h; TP- 14	3	

Órgãos de Máquinas/Machine Elements CEM Semestral 81 T-14;TP- 14 3
(6 Items)

Mapa III - Produção e Projeto - 2º ano_1º semestre/2nd year_1st semester

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

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

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 de Sistemas Mecânicos/Design of Mechanical Systems	CEM	Semestral	243	TP- 84	9	
Gestão da Produção/Production Management	CEM	Semestral	162	T- 28; TP- 28	6	
Opção 1/ 1st Option	CEM	Semestral	162	-	6	
Opção 2/ 2nd Option	CEM	Semestral	162	-	6	
Opção/Option	CE	Semestral	81	-	3	
Fabricação Subtrativa e Aditiva/Subtractive and Additive Manufacturing	CEM	Semestral	162	T- 28; PL- 28	6	Opção/Optional
Seleção de Materiais e Processos de Fabrico/ Selection of Materials and Manufacturing Processes	CEM	Semestral	162	T - 14; TP - 21; OT - 14	6	Opção/Optional
Robótica Industrial/Industrial Robotics	CEM	Semestral	162	T- 28; TP- 14; PL - 14	6	Opção/Optional
Simulação Numérica de Processos de Fabrico/ Numerical Simulation of Manufacturing Processes	CEM	Semestral	162	T- 28; PL- 28	6	Opção/Optional
Análise de Estruturas Avançadas/ Analysis of Advanced Structures	CEM	Semestral	162	T- 28; TP- 28	6	Opção/Optional
Complementos de Órgãos de Máquinas/Machine Elements Complements	CEM	Semestral	162	T- 28; TP- 28	6	Opção/Optional
Higiene e Segurança Ocupacionais/Occupational Hygiene and Safety	CE	Semestral	81	T- 28	3	Opção/Optional
Inovação e Empreendedorismo/Innovation and Entrepreneurship	CE	Semestral	81	TP- 28	3	Opção/Optional
Investigação Operacional/Operational Research	CE	Semestral	81	TP- 28	3	Opção/Optional

(14 Items)

Mapa III - Produção e Projeto - 2º ano_2º semestre/2nd year_2nd semester

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

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

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/Master Dissertation (1 Item)	CEM	Semestral	810	OT - 42	30	

Mapa III - Energia e Ambiente - 1º ano_1º semestre/1st year/1st semester

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

4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):
Energia e Ambiente/ Energy and Environment

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)
Aerodinâmica/Aerodynamics	CEM	Semestral	162	T- 28; TP- 28	6	
Comportamento Mecânico de Materiais/ Mechanical Behaviour of Materials	CEM	Semestral	162	T- 28; TP- 20; PL - 8	6	
Conservação e Gestão de Energia/Energy Conservation and Management	CEM	Semestral	162	T- 28; TP- 28	6	
Máquinas Elétricas e Eletricidade / Electrical Machines and Electricity	CE	Semestral	162	T- 28; TP- 28	6	
Transferência de Calor e Massa/Heat and Mass Transfer	CEM	Semestral	162	T- 28; TP- 28	6	

(5 Items)

Mapa III - Energia e Ambiente - 1º ano_2º semestre/1st year_2nd semester

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

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

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)
--------------------------------------	---	---------------------------	--	--	------	-----------------------------------

Climatização e Refrigeração/ Heating, Ventilating, Air-conditioning and Refrigeration	CEM	Semestral	162	T- 28; TP- 28	6
Controlo Industrial/Industrial Control	CEM	Semestral	162	T- 28; TP- 28	6
Economia Circular/Circular Economy	CT	Semestral	81	T-14; TP- 14	3
Modelação de Sistemas de Energia/Energy Systems Modeling	CEM	Semestral	162	T- 14; TP- 28; OT - 14	6
Sistemas de Propulsão/Propulsion Systems	CEM	Semestral	162	T- 28; TP- 28	6
Órgãos de Máquinas/Machine Elements	CEM	Semestral	81	T-14; TP-14	3

(6 Items)

Mapa III - Energia e Ambiente - 2º ano_1º semestre/2nd year_1st semester

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

Energia e Ambiente

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

Energy and Environment

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 de Sistemas de Energia/Design of Energy Systems	CEM	Semestral	243	TP - 84	9	
Gestão da Produção/Production Management	CEM	Semestral	162	T- 28; TP- 28	6	
Opção 1/ 1st Option	CEM	Semestral	162	-	6	
Opção 2/ 2nd Option	CEM	Semestral	162	-	6	
Opção/Option	CE	Semestral	81	-	3	
Tecnologias de Energia Renovável/ Technologies of Renewable Energy	CEM	Semestral	162	T-28; TP-28	6	Opção/Optional
Modelação Numérica de Fenómenos de Transferência/Numerical Modelling of Transport Phenomena	CEM	Semestral	162	T - 20; TP - 28; OT - 8	6	Opção/Optional
Turbomáquinas/Turbomachines	CEM	Semestral	162	T- 28; TP- 24; PL-4	6	Opção/Optional
Ecologia Industrial/Industrial Ecology	CEM	Semestral	162	T- 28; TP- 28	6	Opção/Optional
Qualidade Ambiental Interior/Indoor Environmental Quality	CEM	Semestral	162	T- 28; TP- 28	6	Opção/Optional
Higiene e Segurança Ocupacionais/Occupational Hygiene and Safety	CE	Semestral	81	T- 28	3	Opção/Optional
Inovação e Empreendedorismo/Innovation and Entrepreneurship	CE	Semestral	81	TP- 28	3	Opção/Optional
Investigação Operacional/Operational Research	CE	Semestral	81	TP- 28	3	Opção/Optional

(13 Items)

Mapa III - Energia e Ambiente - 2º ano_2º semestre/2nd year_2nd semester

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

Energia e Ambiente

4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):***Energy and Environment*****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/Master Dissertation (1 Item)	CEM	Semestral	810	OT - 42	30	

4.4. Unidades Curriculares**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:*****CEM*****4.4.1.3. Duração:*****Semestral*****4.4.1.4. Horas de trabalho:*****162*****4.4.1.5. Horas de contacto:*****T-28; TP-28*****4.4.1.6. ECTS:*****6*****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):*****Almerindo Domingues Ferreira (T-28; TP-28)*****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 objetivo principal dotar os alunos de uma sólida e autónoma formação de base sobre o***

comportamento de fluidos, sobretudo quando em escoamento, tendo em vista aplicações de engenharia mecânica. É estruturada através de um total de cinco capítulos, que assentam nas bases apreendidas em Mecânica dos Fluidos (leccionada na licenciatura) para abordar vários problemas práticos de engenharia que envolvem o escoamento de fluidos. Todas estas matérias se centram sobre a análise de fenómenos de transporte (de quantidade de movimento, de energia e de massa) que ocorrem em escoamentos de fluidos nas mais diversas aplicações práticas.

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

The main objective of the course is to provide students with a solid knowledge and basic training on the behavior of fluids, specially flowing fluids, for mechanical engineering applications. It is structured across a total of five chapters, involving use the foundations learned in Fluid Mechanics to address several practical engineering problems. All of these subjects focus on the analysis of transport phenomena (amount of movement, energy and mass) that occur in fluid flows in diverse practical applications.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Escoamento de camada limite; Escoamentos externos (força de resistência e força de sustentação); Turbulência: conceitos fundamentais; Escoamento potencial a duas dimensões de um fluido incompressível; Escoamentos de fluidos compressíveis.

4.4.5. Syllabus:

Boundary Layer; External flow (drag and lift forces); Turbulence: fundamental concepts; Plane potential flows of an incompressible fluid; Compressible flow.

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

O conteúdo está programado para conferir ao aluno capacidade para resolver problemas práticos de engenharia envolvendo o escoamento de fluidos. Para tal, aprofundam-se alguns conceitos teóricos e introduzidos na disciplina de Mecânica de Fluidos (no 1º Ciclo / Licenciatura).

Os conceitos introduzidos nas aulas teóricas terão uma correspondente abordagem laboratorial, através da realização de trabalhos experimentais.

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

Syllabus are designed in order to enable students to deal with practical engineering problems involving flow of fluids. Basic knowledge acquired in Fluid Mechanics (from the 1st Cycle graduation) is fully applied and extended in this course.

The theoretical concepts will be deepened in laboratory classes through appropriate experiments.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas teóricas (T): exposição da matéria definida. A participação ativa de cada aluno na discussão é objeto de avaliação. No final de cada aula é realizado um mini teste.

Aulas teórico-práticas (TP): resolução de problemas previamente definidos, sendo estimulada a participação ativa de cada aluno na discussão da sua solução, a qual é objeto de avaliação.

Método de avaliação: mini-testes: (5%) + trabalho de grupo (10%) + exame final (85%).

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Theoretical lectures (T): oral exposition of the defined topics. Individual participation of students in the discussion is evaluated. A quiz will be performed at the end of each lecture.

Practical lectures (TP): resolution of practical problems previously defined. Individual participation in the problem resolution is encouraged and evaluated.

Evaluation Method: quizzes (5%) + team work (10%) + final exam (85%).

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

A unidade curricular está estruturada no sentido de promover a participação ativa do aluno através do seu trabalho autónomo, e também do trabalho em grupo. O estímulo para participação na aula através da resolução de problemas, e da discussão oral, destina-se a promover a resolução de problemas em grupo, e a desenvolver a capacidade de expressão oral.

O incentivo à participação nas discussões, e consequente avaliação, procura incentivar e premiar o desenvolvimento de espírito crítico. Trata-se de colocar em prática a aplicação dos conhecimentos adquiridos nas áreas da mecânica dos fluidos em aplicações práticas de engenharia.

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

The course unit is structured for a practical application of the basic knowledge acquired in fluid mechanics. It aims to

*promote the active participation of each student through his autonomous work as well as team work. The encouraging participation, whether in solving a specific problem, or on an oral discussion, intends to promote the problem solution in the group and to develop oral expression skills. The incentive to participate in the discussions, and consequent evaluation, intends to encourage and develop the critical spirit.
The whole unit aims to apply the basic knowledge of fluid mechanics in engineering applications.*

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

*Oliveira, L.A., Lopes, A.G. (2016) – "Mecânica dos Fluidos" (5.ª ed.). ETEP - LIDEL.
White, F.M. (2015) – "Fluid Mechanics" (8th ed). McGraw-Hill Book Company, New York.
Çengel, Y.A., Cimbala, J.M. (2017) – "Fluid Mechanics: Fundamentals and Applications" (4th ed.). McGraw-Hill Companies, Inc.
Anderson, J. (2016) - "Fundamentals of Aerodynamics" (6th ed.). McGraw Hill Higher Education.
Munson, B.R., Young, D.F., Okiishi, T.H. (2016), Fundamentals of Fluid Mechanics (8th ed.). John Wiley & Sons.*

Mapa IV - Complementos de Processos de Fabrico

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Complementos de Processos de Fabrico

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Complementary Manufacturing Processes

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

CEM

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

4.4.1.5. Horas de contacto:

S - 28; TP - 28

4.4.1.6. ECTS:

6

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):

Bruno Miguel Quelhas de Sacadura Cabral Trindade (S – 18; TP – 18)

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

Dulce Maria Esteves Rodrigues (S – 10; TP – 10)

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

O objectivo é fornecer competências na área dos processos de fabrico, que permitam aos alunos ter uma visão mais abrangente acerca das diferentes tecnologias disponíveis para a produção de componentes de engenharia, em diferentes escalas dimensionais e volumes de produção. Estes conhecimentos deverão reforçar as competências já adquiridas acerca da seleção e integração de diferentes processos de fabrico, tendo em conta os requisitos de desempenho, mas também os aspetos económicos e de sustentabilidade

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

The objective is to provide skills in manufacturing processes, such that students gain a broader view of the different technologies available for the production of engineering components, at different dimensional scales and production volumes. These competences will reinforce the knowledge previously acquired regarding the selecting and integrating of different manufacturing processes, taking into account performance requirements as well as economic and sustainability aspects.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. *Processos especiais de fundição.*
2. *Tecnologias de soldadura não convencionais.*
3. *Tecnologia de Ligações coladas.*
4. *Tecnologia de pós.*
5. *Processamento de polímeros.*
6. *Engenharia de superfícies.*

4.4.5. Syllabus:

1. *Special casting processes.*
2. *Unconventional welding technologies.*
3. *Adhesive bonding technology.*
4. *Powder Technology.*
5. *Polymer Processing.*
6. *Surface engineering*

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

A unidade curricular está estruturada para que os alunos, numa primeira fase, adquiram conhecimentos acerca de alguns processos não convencionais de fundição e soldadura, bem como na área das ligações coladas. De seguida, são sensibilizados para a produção de componentes/sistemas a partir de pós simples ou compósitos. O processamento de polímeros é abordado a seguir, onde se procura explorar o conhecimento científico que serve de suporte ao desenvolvimento de novas metodologias necessárias para operar à escala micrométrica para diferentes aplicações. Neste contexto, conclui-se com os processos de modificação da superfície. A caracterização física, química e dimensional do componente/dispositivo/sistema após as diversas etapas de fabrico in situ e ex situ é um dos enfoques desta unidade curricular.

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

The course is structured so that students, in a first phase, acquire basic knowledge about some unconventional casting and welding processes, as well as in the area of bonded joints. They are then informed about the production of components/systems from simple or composites powders. The processing of polymers is discussed afterwards, which seeks to explore the scientific knowledge that supports the development of new methodologies required to operate at the micrometer scale for different applications. In this context, the last topic is the surface modification processes. The physical, chemical and dimensional characterization of the component/device/system after the various in situ and ex situ manufacturing steps is one of the focuses of this course.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Os métodos de ensino adotados têm como objetivo principal transmitir o conhecimento essencial sobre a aplicação de processos de fabrico na produção de componentes de engenharia. As aulas presenciais são proferidas por especialistas nos temas-chave, que ensinam os conceitos científicos e tecnológicos e estimulam a discussão sobre a sua importância para os futuros mestres, sendo estabelecida a relação entre o produto e a tecnologia. As aulas são complementadas por visitas às indústrias onde as tecnologias abordadas estão disponíveis.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The teaching methods adopted aim to convey the essential knowledge about the application of manufacturing processes in the production of engineering components. The face-to-face classes are delivered by specialists in the key topics, who teach the basics and stimulate discussion of their importance for future MSc, establishing the relationship between the product and the technology. Classes are complemented with visits to industries where the addressed technologies are available.

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

A metodologia baseia-se principalmente em aulas presenciais (Seminários e teórico-práticas), em que o objetivo é estabelecer correlações entre os materiais e os processos de fabrico passíveis de serem utilizados na produção de componentes ou na alteração das propriedades superficiais. Algumas das tecnologias estudadas são analisadas em detalhe nas visitas de estudo às indústrias, onde estão disponíveis. Os alunos são incentivados a tomar uma atitude pró-ativa na pesquisa de bibliografia sobre novos processos e propriedades do produto final. A realização de mini-testes, para cada tópico, procura incentivar o estudo contínuo, e permite que os alunos tenham uma visão oportuna da

sua compreensão dos conteúdos programáticos. A apresentação e discussão dos trabalhos de síntese promove o desenvolvimento da avaliação crítica do aluno dos diferentes tópicos.

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

The methodology is based mainly on classroom classes (Seminars and theoretical-practical), where the objective is to establish correlations between materials and manufacturing processes that can be used in the production of components or in the alteration of surface properties. Some of the technologies studied are analyzed in detail on field trips to industries, where they are available. Students are encouraged to take a proactive stance in bibliographic research on new processes and properties of the final product, and the technologies studied are already successfully deployed in the industry. Taking test for each topic encourages continuous study, and allows students to have a timely view of their understanding of syllabus. The presentation and discussion of synthesis works promotes the development of the student critical evaluation of the different subjects.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

*D.H. Phillips, **Welding Engineering: an introduction**, John Wiley & Sons, Ltd., 2015.*

*G. Habenicht, **Applied Adhesive Bonding**, Wiley-VCH, 2006.*

*C. Suryanarayana, **Non-Equilibrium Processing of Materials**, Pergamon, 1999.*

*M.J. Madou, **Fundamentals of Microfabrication: the Science of Miniaturization**, 2nd edition, CRC press LLC, 2002.*

*A. Gebhardt; **Understanding Additive Manufacturing: Rapid Prototyping - Rapid Tooling - Rapid Manufacturing**; Elsevier, 2012.*

*J.-F. Agassant, P. Avenas, M. Vincent, **Polymer Processing: Principles and Modelling**, Elsevier, 2017.*

Mapa IV - Comportamento Mecânico de Materiais

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Comportamento Mecânico de Materiais

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Mechanical Behaviour of Materials

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

CEM

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

4.4.1.5. Horas de contacto:

T -28; TP - 20; PL - 8

4.4.1.6. ECTS:

6

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 António Martins Ferreira (T -28; TP - 20; PL - 8)

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):

Preende-se transmitir aos alunos o conhecimento técnico-científico actual sobre o comportamento mecânico dos materiais, nomeadamente: a fractura frágil e dúctil, a fadiga e ainda a interacção dos materiais com o meio, particularmente a fluência e a corrosão sob tensão. Será também abordada a fractura e fadiga em materiais compósitos. São transmitidos os conhecimentos necessários para o dimensionamento de componentes de média complexidade sujeitos a cargas estáticas e à fadiga. Os alunos deverão adquirir as competências para compreender os fenómenos descritos e agir de forma autónoma em actividades de controlo de qualidade, projecto e selecção de materiais, análise crítica de peças com defeitos e manutenção.

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

The aim is to provide the students with scientific and technical knowledge on the mechanical behavior of materials, namely: brittle and ductile fracture, fatigue and the interaction of materials with the environment, particularly creep and stress corrosion. Fracture and fatigue in composite materials will also be addressed. Students should acquire the skills to understand the phenomena described and to act independently in quality control activities, design and material selection, critical analysis of defective parts and maintenance

4.4.5. Conteúdos programáticos:

*Fratura dos materiais: Fator de intensidade de tensão; Plastificação na extremidade da fenda; Tenacidade à fratura; Parâmetros elasto-plásticos: CTOD e Integral J; Determinação experimental de K_{Ic} , do CTOD e do integral J; Fratura interlaminar de materiais compósitos; Diagrama de avaliação de falha e “crack driving force”.
Fadiga dos materiais: Avaliação de danos usando a abordagem local de tensão-deformação; Curvas de propagação de fendas; Limiar e parâmetros de propagação; Leis da propagação; Efeito de sobrecargas; Corrosão sob tensão e Curvas da/dt-K; Fadiga com corrosão; Iniciação de fendas a partir de entalhes. Fadiga em materiais compósitos: caracterização do dano e principais parâmetros.
Fluência: Ensaio de fluência; Fluência para vidas longas; Relaxação de tensões; Tensões e deformações na flexão pura de uma barra de secção retangular.
Desgaste: Topografia das superfícies; Desgaste por: abrasão, adesão e erosão.*

4.4.5. Syllabus:

*Fracture of materials: Stress intensity factor; plasticization at crack tip; Fracture toughness; Elastoplastic parameters: CTOD and Integral J; Experimental determination of K_{Ic} , CTOD and J integral; Interlaminar fracture of composite materials; Failure assessment diagram and crack driving force.
Fatigue of materials: Fatigue damage assessment using local stress-strain approach; Crack propagation curves; Propagation parameters and thresholds; Laws of fatigue crack propagation; Effect of overloads; Stress corrosion and da/dt - K curves; Fatigue with corrosion; Crack initiation from notches; Fatigue in composite materials: damage characterization and main parameters.
Creep: Creep tests; Creep for long lives; Stress relaxation; Stresses and strains for pure bending of a rectangular section bar.
Wear: Topography of surfaces; Wear by: abrasion, adhesion and erosion.*

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

Trata-se de uma área formativa de base no Projeto Mecânico, que está em permanente evolução, reflexo do desenvolvimento permanente nos domínios dos novos materiais, novas filosofias de projecto e novos métodos de cálculo. Apesar disso, grande parte do programa, referente aos conceitos, solicitações e métodos de analíticos de cálculo, constitui a base para fornecendo aos alunos os conceitos necessários para a selecção e dimensionamento dos elementos de máquinas e estruturas. Por outro lado é possível introduzir os novos avanços científicos em termos de caracterização do comportamento mecânico dos materiais e dos métodos de cálculo.

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

This is a basic formative area in Mechanical Design, which is nevertheless a scientific area in permanent evolution, reflecting the continuous development in the fields of new materials, new design philosophies and new methods of calculation. However, much of the program, referring to the concepts, applications and analytical methods of calculation, remains the basic programme, providing students with the concepts needed for the selection and design of machine elements and structures. On the other hand it is possible to introduce the new scientific advances in terms of characterizing the mechanical behavior of materials and methods of calculation.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Nas aulas teóricas faz-se a apresentação e desenvolvimento dos tópicos que correspondem ao conteúdo programático da disciplina. Aulas teórico-práticas desenvolvem aplicações dos conceitos ministrados nas aulas teóricas a problemas concretos, procurando-se que o aluno tenha uma participação activa sugerindo estratégias de resolução dos problemas propostos. Os alunos participam ainda num número limitado de aulas laboratoriais sobre ensaios mecânicos sobre as quais terão de realizar um relatório. A avaliação será por exame final (90%) e trabalho laboratorial (10%).

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Theoretical classes present and develop topics that correspond to the syllabus of the course. Theoretical-practical classes develop applications of the concepts taught in theoretical classes to concrete problems, seeking that the student has an active participation suggesting strategies for solving the proposed problems. Students also participate in a limited number of mechanical testing laboratory classes on which to report. Final exam (90%) and laboratory work (10%).

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

Durante as aulas teóricas são expostos e colocados à disposição dos alunos textos elaborados para o efeito com recurso a transparências. Estes textos são notas retiradas da literatura especializada e reflectem a perspectiva e experiência dos docentes nestes temas. Os alunos são também encorajados a pesquisar literatura sobre o conteúdo programático da disciplina. A preparação e apresentação das aulas obedecem a uma programação bem definida e seguem o conceito tradicional de aulas teóricas e teórico-práticas. Os alunos participam também em aulas laboratoriais sobre ensaios mecânicos.

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

During the lectures, texts prepared for this purpose using transparencies are exposed and made available to students. These texts are notes taken from the specialized literature and reflect the perspective and experience of teachers in these subjects. Students are also encouraged to research literature on the syllabus of the course. Class preparation and presentation follow a well-defined schedule and follow the traditional concept of theoretical and practical classes. Students also participate in laboratory classes on mechanical testing.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

*Broeck, D., Elementary Engineering Fracture Mechanics, Ed. Noordhoff, Holanda, 1974.
Hertzberg, R.W., Deformatio and of Fracture Mechanics of Engineering Materials, Ed. John Wiley Sons, London, 1979.
Rolfe and Barsom, Fracture and Fatigue Control in Structures. Applications of Fracture Mechanics, Ed. Prentice-Hall, 1977.
Branco, C.M., Mecânica dos Materiais, Fundação Calouste Gulbenkian, 3ª Edição, 1998.*

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

Conversão e Gestão de Energia

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Energy Conversion and Management

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

CEM

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

4.4.1.5. Horas de contacto:

T - 28; TP - 28

4.4.1.6. ECTS:

6

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 de Figueiredo Vieira Carvalheira (T - 28; TP - 28)

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 adquirir os conhecimentos dos fundamentos da ciência da combustão, aplicar estes conhecimentos fundamentais para descrever e analisar fenómenos de combustão e resolver problemas de combustão, adquirir conhecimentos das aplicações práticas (e.g. caldeiras, turbinas a gás) e da sua relevância económica e ambiental. As áreas de conhecimento fundamentais da ciência da combustão são a termoquímica, os processos de transferência de calor, de massa e de quantidade de movimento, nos regimes laminar e turbulento, a mecânica dos fluidos e a cinética química. Os problemas de combustão em que se aplicam estes conhecimentos básicos são as chamas de pré-mistura e as chamas de difusão de jacto nos regimes laminar e turbulento, a evaporação e a combustão de gotículas, a combustão de sólidos, a detonação em gases, a ignição e extinção de chamas de pré-mistura e o cálculo das propriedades e composição dos produtos da combustão. Estudo dos ciclos de potência de gás, de vapor e combinados.

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

Students must acquire the knowledge of the foundations of the science of combustion, apply this fundamental knowledge to describe and analyse combustion phenomena and solve combustion problems, acquire knowledge of practical applications (e.g. boilers, gas turbines) and of their economic and environmental relevance. The fundamental areas of knowledge of the science of combustion are thermochemistry, the processes of heat, mass and momentum transfer, in the laminar and turbulent regimes, fluid mechanics and chemical kinetics. The combustion problems to which this basic knowledge is applied are premixed flames and jet diffusion flames in the laminar and turbulent regimes, droplet evaporation and combustion, solids combustion, detonations in gases, ignition and extinction of premixed flames and the calculation of the properties and composition of the combustion products. Study of gas, vapor and combined power cycles

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Introdução. Propriedades dos gases e teoria cinética dos gases. Combustão e termoquímica: entalpia de reacção e poder calorífico; temperaturas de chama adiabática; equilíbrio químico. Processos moleculares de transporte de calor e de difusão de massa em misturas binárias e multi-componente. Cinética química: taxas de reacções elementares; taxas de reacção para mecanismos multi-degrau; relação entre coeficientes de taxa e constantes de equilíbrio. Alguns mecanismos químicos importantes. Acoplando cinética química e termoquímica de sistemas reactivos. Equações de conservação para escoamentos reactivos. Ondas de deflagração e detonação de pré-mistura de gases. Chamas laminares de pré-mistura. Ignição e extinção de chamas de pré-mistura. Chamas laminares de difusão. Evaporação e combustão de gotículas. Chamas turbulentas de pré-mistura. Chamas turbulentas de difusão. Combustão de sólidos. Produtos da combustão poluentes. Ciclos de potência de gás. Ciclos de potência de vapor combinados.

4.4.5. Syllabus:

Introduction. Properties of gases and kinetic theory of gases. Combustion and thermochemistry: enthalpy of reaction and heating value; adiabatic flame temperatures; chemical equilibrium. Molecular processes of heat transfer and mass diffusion in binary and multicomponent mixtures. Chemical kinetics: elementary reaction rates; rates of reaction for multistep mechanisms; relation between rate coefficients and equilibrium constants. Some important chemical mechanisms. Coupling chemical kinetics and thermochemistry of reacting systems. Conservation equations for reacting flows. Deflagration and detonation waves of premixed gases. Premixed laminar flames. Ignition and extinction of premixed flames. Laminar diffusion flames. Droplet evaporation and combustion. Turbulent premixed flames. Turbulent diffusion flames. Burning of solids. Pollutant combustion products. Gas power cycles. Vapor and combined power cycles.

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

A aquisição dos conhecimentos fundamentais da ciência da combustão, a sua aplicação na descrição, análise e resolução de problemas de combustão e o conhecimento das aplicações são tratados nos seguintes itens do programa: Propriedades dos gases e teoria cinética dos gases; Combustão e termoquímica: Entalpia de reacção e poder calorífico, Temperaturas de chama adiabática, Equilíbrio químico; Processos moleculares de transporte de calor e de difusão de massa em misturas binárias e multi-componente; Cinética química: Taxas de reacções elementares, Taxas de reacção para mecanismos multi-degrau, Relações entre coeficientes de taxa e constantes de equilíbrio; Alguns mecanismos químicos importantes; Acoplando análise química e térmica de sistemas reactivos; Equações de conservação para escoamentos reativos; Ondas de deflagração e detonação de pré-mistura de gases; Chamas laminares de pré-mistura; Ignição e extinção de chamas. Os ciclos de potência de gás, de vapor e combinados são tratados.

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

The acquisition of fundamental knowledge of the science of combustion, its application in the description, analysis and solution of combustion problems and the knowledge of applications are treated in the following items of the program: Properties of gases and kinetic theory of gases; Combustion and thermochemistry: Heat of reaction and heating value, Adiabatic flame temperatures, Chemical equilibrium; Molecular transport processes of heat and mass diffusion in binary and multicomponent mixtures; Chemical kinetics: Elementary reaction rates, Rates of reaction of multistep mechanisms, Relation between rate coefficients and equilibrium constants; Some important chemical mechanisms; Coupling chemical and thermal analysis of reacting systems; Conservation equations for reacting flows; Deflagration and detonation waves of premixed gases; Premixed laminar flames; Ignition and extinction of flames. Gas power cycles and vapor and combined power cycles are treated.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A metodologia seguida nas aulas teóricas consiste em primeiro lugar motivar o aluno para o estudo das matérias a apresentar e em segundo lugar apresentar as matérias de uma forma inteligível para o aluno. A apresentação na aula é feita recorrendo a meios audiovisuais em formato digital como a projecção de imagens e filmes. A metodologia seguida nas aulas teórico-práticas consiste na resolução de problemas teórico-práticos cuidadosamente escolhidos. Método de avaliação:

2 Relatórios de trabalhos de simulação numérica, 15 %

8 Relatórios de resolução de problemas, 20 %

Frequência ou Exame, 65 %.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The methodology followed in the lectures consists first to motivate the student to study the subject to be presented and secondly to present the subject in an understandable way for the student. The presentation in the class is done using audiovisual media in digital format such as the projection of images and movies.

The methodology followed in theoretical and practical classes consists in solving theoretical and practical problems carefully chosen. Evaluation method:

2 Numerical simulation practical work reports, 15 %

8 Problem solving reports, 20 %

Midterm Exam or Exam, 65 %.

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

Os alunos têm acesso à bibliografia principal da disciplina desde a primeira aula e são encorajados a pesquisar literatura sobre o conteúdo programático da disciplina. Os assuntos são apresentados aos alunos nas aulas teóricas onde têm o primeiro contacto com a matéria e onde os aspectos teóricos são apresentados e discutidos. Sempre que possível a importância do assunto em aplicações práticas e a sua relevância económica e ambiental são apresentadas. Nas aulas teórico-práticas são resolvidos problemas teóricos e práticos com interesse para aplicações práticas na maioria dos casos. Em 10 das 14 semanas da duração do curso os alunos têm um problema para resolver em casa, que é ou um problema simples para o qual têm que apresentar uma resolução escrita para ser avaliada, num total de 8 problemas por semestre ou um relatório escrito de um trabalho prático de simulação numérica, também para ser avaliado, num total de 2 trabalhos práticos de simulação numérica por semestre.

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

The students have access to the main bibliography of the course from the first day of class and are encouraged to read literature on the syllabus of the course. The subjects are presented to the students in the lectures where they get a first contact with the subject and where the theoretical aspects are presented and discussed. Whenever possible the importance of the subject on practical applications and its economic and environmental importance are presented. In the theoretical and practical classes are solved theoretical and practical problems with interest for practical applications in most cases. In 10 of the 14 weeks of duration of the course the students have a problem to solve at home, which is either one simple problem, for which a written solution must be presented to be evaluated, in a total of 8 problems per semester or a written report of a numerical simulation practical work, also to be evaluated, in a total of 2 numerical simulation practical works per semester.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

1. Turns, Stephen R., An Introduction to Combustion: Concepts and Applications, 3rd ed., McGraw-Hill series in Mechanical Engineering, 2011.

2. Borman, Gary L., and Ragland, Kenneth W., Combustion Engineering, 2nd ed., McGraw-Hill series in Mechanical Engineering, 1998.

3. Poling, Bruce E., Prausnitz, John M., O'Connell, John, The Properties of Gases & Liquids, 5th Ed., McGraw-Hill Chemical Engineering Series, Singapore, 2001.

4. Çengel, Yunus A., Boles, Michael A., Kanoglu, Mehmet, Thermodynamics, An Engineering Approach, 9th Ed., McGraw-Hill, 2019.

5. Kuo, Kenneth K., Principles of Combustion, John Wiley & Sons, Inc., 1986.

6. Bergman, T.L., Lavine, A.S., Incropera, F.P., DeWitt, D.P., *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*, John Wiley & Sons, 8th ed., 2017.
7. White, Frank M., *Fluid Mechanics*, 7th Edition, McGraw-Hill, 2011.
8. Chase, M.W., Jr. et al. (eds.), *JANAF Thermochemical Tables, Third Edition*, J. Phys. Chem. Ref. Data, 14 (Suppl. 1), 1985.

Mapa IV - Máquinas Elétricas e Eletricidade

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Máquinas Elétricas e Eletricidade

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Electrical Machines and Electricity

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

CE

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

4.4.1.5. Horas de contacto:

T-28; TP-28

4.4.1.6. ECTS:

6

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):

Ricardo António Lopes Mendes (T-28; TP-28)

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):

Análise e caracterização de circuitos eléctricos AC monofásicos e trifásicos. Caracterização da potência eléctrica em regime DC, AC (monofásica e trifásica), compreender o conceito de fator de potência e técnicas de compensação. Compreender os fenómenos magnéticos que estão na base do princípio de funcionamento das máquinas eléctricas. Descrever e analisar o princípio de funcionamento de transformadores eléctricos, geradores síncronos, motores síncronos, motores de indução e variadores de velocidade. O aluno deve ser capaz de descrever e prever funcionamento de um motor, de escolher o motor apropriado, em função de uma tarefa industrial, e avaliar o consumo energético de uma máquina eléctrica. Paralelamente, pretende-se que os alunos desenvolvam competências instrumentais (comunicação oral e escrita), pessoais (raciocínio crítico) e sistémicas (aplicar na prática os conhecimentos teóricos).

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

Analysis and characterization of AC single and three phase circuits. Understanding Electrical power in AC systems, power factor and power factor compensation. Understanding the magnetics phenomena that supporting the working principle of the electrical machinery. Description and analysis of the working principle of the transformers, synchronous generators, synchronous motors, induction motors and drives. The student should be able to describe

and predict operation point of a motor, to choose the correct motor according to an industrial task, and evaluate the energy consumption of an electric machine.

The aim is the development of instrumental skills (oral and written communication), personal (critical thinking) and systemic (apply in practice the theoretical knowledge).

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Noção de resistência, bobine e condensador. Impedância e associações de impedâncias. Amplitude e valor eficaz, representação em notação simbólica ou complexa. Análise de circuitos eléctricos AC monofásicos e trifásicos; ligação em triângulo e estrela com e sem neutro. Potência instantânea, aparente, real e reativa, compensação do factor de potência. Campo Magnético e de indução magnética. Circuitos magnéticos, fluxo, força magnetomotriz e relutância. Princípio de funcionamento do transformador, regulação em tensão e eficiência. Gerador e Motor Síncrono Trifásico - construção, binário, equações e características de funcionamento, arranque, regulação do factor de potência. Motor Trifásico de Indução (rotor em gaiola de esquilo ou rotor bobinado) - construção, princípio de funcionamento, escorregamento e velocidade de rotação, eficiência, processos de arranque. Variação de Velocidade. Seleção do motor em função da curva de carga.

4.4.5. Syllabus:

Single-phase circuits with resistors, inductors and capacitors, impedance and impedance associations. Notion of instantaneous power, apparent power, real and reactive power, power factor compensation. Basic three-phase circuits, delta connection and star with and without neutral. Magnetic field and magnetic induction. Magnetic circuits, fundamental equations, flux, magnetomotive force and reluctance. Working principle of the transformer, voltage regulation and efficiency. Principle of operation of the rotary electric machine such as a generator and motor. Three Phase Synchronous Motor and Generator - construction, working principle, equations, and operating characteristics, starting, regulating the power factor. Three-phase Induction Motor - construction, working principle, slip and speed, operating characteristics, start-up procedures, engine rotor cage or short-circuited, wound-rotor motor or rings. Variation of speed. Motor selection based on load curve.

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

Sendo uma área do conhecimento onde os conceitos de electricidade e magnetismo estão bem estabelecidos, os conteúdos programáticos da disciplina permitem atingir os objectivos da disciplina. A base do programa da disciplina que se apoia na análise de circuitos AC, monofásicos e trifásicos, no princípio de funcionamento e nas características principais das máquinas eléctricas estudadas fornece aos alunos os conceitos necessários para a compreensão e utilização deste tipo de sistemas eléctricos.

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

Being an area of knowledge where the concepts of electricity and magnetism are well established, the syllabus of the course allows achieving the objectives of the discipline. The basis of the syllabus which is based on the analysis of single phase and three phase AC circuits, and the working principle and the main characteristics of electrical machines studied provides students with the necessary concepts for understanding and using this type of electrical systems

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As aulas decorrem em regime teórico-prático onde os conceitos teóricos são ilustrados com exemplos de aplicação. Os módulos teóricos são expositivos, com recurso a meios multimédia. As aulas Teórico-Práticas são utilizadas para desenvolver, ilustrar e resolver mais profundamente a aplicação em problemas concretos, dos conceitos teóricos e metodológicos, apresentados nas aulas teóricas. Pode ser proposto aos alunos a realização de um trabalho de seminário, ou trabalho experimental, sobre temas selecionados do programa. Exame final (100% - 80%) e trabalho de síntese (0% - 20%).

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Classes take place in theoretical and practical scheme in which theoretical concepts are illustrated with examples. The theoretical modules are expository in nature tutorial, using multimedia. The practical classes will be used to develop, illustrate and settle deeper into the application in practical problems, the theoretical and methodological concepts presented in lectures. Can be suggested to students to carry out work of a seminar, or experimental work on selected topics of the syllabus.

Final exam (100% - 80%) and synthesis work (0% - 20%).

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

A preparação e apresentação das aulas não obedecem a uma programação rígida. Esta flexibilidade permite colmatar eventuais falhas na formação prévia dos alunos e explorar de forma mais aprofundada alguns tópicos selecionados no programa. Após as aulas são disponibilizadas, aos alunos, as notas teóricas que serviram de base à apresentação da matéria. Estes documentos, não sendo uma sebenta, facilitam o estudo e o enquadramento da matéria apresentada. Durante o curso pode ser proposto um trabalho monográfico sobre a matéria, ou a realização de um trabalho

laboratorial onde são aplicados alguns dos conceitos teóricos.

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

The preparation and presentation of lessons do not follow a rigid schedule. This flexibility allows us to correct any gaps in previous training of students and to explore in more depth some selected topics in the program. After classes, the notes that served as the theoretical basis for the presentation of the matter are offered to the students. Despite not being a formal text, these documents, facilitate the study of matter and the framework presented. During the course can be proposed to the students to perform a monograph about one subject, or to perform a laboratory work where they can apply some of the theoretical concepts.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- Nilson, James W., Electric Circuits, Addison Wesley Pub. 10th Ed., 2015.*
- Charles Alexander and Matthew Sadiku, Fundamentals of Electric Circuits 7th Edition, 2020*
- Meireles, Vítor Cancela; Circuitos Eléctricos, LIDEL, 5ª ed. 2009.*
- Chapman, S., Electric Machinery Fundamentals, Mc Graw Hill, 5th ed., 2011.*
- Mendes, Ricardo, PDF's de apoio às aulas teóricas, 2018.*

Mapa IV - Transferência de Calor e Massa

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Transferência de Calor e Massa

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Heat and Mass Transfer

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

CEM

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

4.4.1.5. Horas de contacto:

T-28; TP-28

4.4.1.6. ECTS:

6

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 Joaquim da Costa (T-28; TP-28)

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):

Objetivos – aprofundar, complementar e aplicar os conhecimentos fundamentais de Transmissão de Calor (1º ciclo), focando os temas: trocas de radiação através de meios absorventes; análise do desempenho e dimensionamento de sistemas de alhetas; convecção com mudança de fase (ebulição e condensação); dimensionamento e análise de

permutadores de calor; transferência de massa.

Competências a desenvolver – cálculo estimativo de transferência de calor em fornos industriais; dimensionamento e análise do desempenho de equipamentos térmicos (e.g., permutadores de calor, condensadores, evaporadores/caldeiras de produção de vapor; análise de processos de transferência de massa.

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

Objectives - to deepen, complement and apply the fundamental knowledge of Heat Transfer (1st cycle), focusing on the themes: exchange of radiation through an absorbent medium; performance analysis and dimensioning of fin systems; convection with phase change (boiling and condensation); dimensioning and analysis of heat exchangers; mass transfer phenomena.

Skills to be developed - estimation of heat transfer rate in industrial furnaces; dimensioning and performance analysis of thermal equipment (e.g., heat exchangers, condensers, evaporators/steam boilers; analysis of mass transfer processes.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1. Radiação térmica em meio absorvente*
- 2. Sistemas com alhetas.*
- 3. Convecção com mudança de fase: ebulição e condensação*
- 4. Permutadores de calor*
- 5. Transferência de massa*

4.4.5. Syllabus:

- 1. Thermal radiation across a participating medium*
- 2. Extended surfaces*
- 3. Boiling and condensation*
- 4. Heat exchangers*
- 5. Mass transfer*

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

Em complemento da disciplina de Transmissão de Calor (1º ciclo), trata-se o efeito de um meio absorvente nas trocas de radiação entre superfícies. Aborda-se também, de forma detalhada, a análise e o dimensionamento de sistemas com alhetas. De igual modo, transmitem-se ao aluno os conhecimentos para a caracterização física dos fenómenos de ebulição e de condensação, assim como para a aplicação do método empírico para a determinação do coeficiente de convecção. No capítulo de Permutadores de Calor, o aluno é chamado a aplicar, de forma integrada, os conhecimentos até aí adquiridos para a seleção, a análise de desempenho e o dimensionamento destes equipamentos térmicos. Finalmente, são transmitidos ao alunos os conceitos necessários de transferência de massa por difusão e por convecção, das metodologias para estimar as taxas de transporte e da analogia com a transmissão de calor.

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

To complement the preceding course of Heat Transfer, some specific topics are first addressed in detail: finned systems and performance parameters; and radiation exchanges between surfaces separated by a participating medium. Similarly, the students acquire the knowledge to understand the physical phenomena of boiling and condensation, as well as the empirical method for determining the convection coefficient in such processes and various configurations. In the chapter on heat exchangers, the student should apply in an integrated manner the knowledge acquired so far to the selection, performance analysis and sizing of thermal equipments. Finally, students are provided with the necessary concepts of diffusion and convection mass transfer, the methods for estimating rates of mass transport and the analogy with heat transfer.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As aulas teóricas têm um formato tradicional, sendo essencialmente conduzidas através da exposição da matéria com apoio de slides em Powerpoint.

As aulas teórico-práticas são dedicadas à análise e à resolução de problemas teórico-práticos, desenvolvidas com detalhe, com metodologia sistemática e interagindo com os alunos.

Métodos de avaliação:

- Frequência;*
- Exame.*

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The lectures have a traditional format, where the subjects are exposed essentially with the support of Powerpoint slides.

The practical classes are devoted to the analysis and solving of practical problems, of varied types for each subject/chapter. for application of the theoretical knowledge. Some orientations are provided regarding two problems

that the student should solve by his own, over the semester, and present the corresponding reports.

Methods of assessment:

- *Midterm exam;*
- *Exam.*

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

Os alunos são encorajados a explorar a literatura sobre o conteúdo programático da disciplina. Pretende-se motivá-los para o estudo regular das matérias que são leccionadas, e para desenvolverem as suas capacidades de forma autónoma e criativa, que lhes permitam ter uma visão global adequada à abordagem de análise de processos térmicos. Nas aulas práticas, são enunciados, analisados e resolvidos problemas com um cariz relacionado com a prática da engenharia. Além disso, há um empenho forte em relacionar os temas e os exercícios tratados com fenómenos e processos comuns, que sejam facilmente observáveis no dia-a-dia: na natureza, nos ambientes doméstico e industrial, em equipamentos e sistemas de energia comuns. O aluno dispõe, desde o início, de cópias dos slides de apoio às aulas teóricas, das tabelas de propriedades térmicas, e dos enunciados dos problemas (com sumário das respectivas soluções), promovendo nele o treino na análise e resolução dos exercícios não tratados em aula.

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

Students are encouraged to explore the literature on the syllabus of the course. It is intended to motivate them for a regular study of the subjects that are taught, and to develop their skills in an autonomous and creative way, which will allow them to have a global vision adequate to the analysis approach of thermal processes. In practical classes, problems related to engineering practice are described, analyzed and solved. In addition, there is a strong commitment to relate the themes and exercises treated with common phenomena and processes, which are easily observable in daily life: in nature, in the domestic and industrial environments, in common equipment and energy systems. The student has, from the beginning, copies of slides that support the theoretical classes, tables of thermal properties, and statements of problems (with a summary of the respective solutions), promoting training in the analysis and resolution of exercises not treated in class.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

or ordem de consulta sugerida (By suggested consultation order):

- *Slides das aulas teóricas, José J. Costa, 2020*
- *Y.A. Çengel, Heat Transfer: a Practical Approach, WCB/McGraw-Hill, 3th ed., 2006.*
- *Incropera, DeWitt, Bergman, Lavine, "Fundamentals of Heat and Mass Transfer", John Wiley & Sons, 7th ed., 2011, ISBN: 978-0470-50197-9*
- *Rui Figueiredo, e colab. de José Costa e António Raimundo, "Transmissão de Calor - Fundamentos e Aplicações", LIDEL, 2015, ISBN: 978-972-757-983-9*
- *Miguel Oliveira Panão, "Sebenta de Transmissão de Calor", 2a. Ed., 2020.*
- *Yunus A. Çengel, "Transferência de Calor: uma abordagem prática", 3ª edição, McGraw-Hill Interamericana do Brasil, 2009.*

Mapa IV - Cálculo Automático de Estruturas

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Cálculo Automático de Estruturas

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Automatic Calculation of Structures

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

CEM

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

4.4.1.5. Horas de contacto:

T- 28; TP- 28

4.4.1.6. ECTS:

6

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):*Ana Paula Betencourt Martins Amaro (T- 28; TP- 28)***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:**

<sem resposta>

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

Esta unidade curricular tem por objectivo proporcionar uma visão global dos modelos numéricos que podem ser utilizados na modelação de diversos componentes estruturais como barras, veios, vigas, membranas, placas e cascas. Procura também destacar o papel da modelação numérica, baseada no método dos elementos finitos, no apoio à tomada de decisões e na melhoria da qualidade do projecto. No final desta unidade curricular, os alunos deverão estar aptos a:

- 1) Identificar os vários modelos cinemáticos que podem ser utilizados no MEF;*
- 2) Conhecer as pertinências e especificidades dos elementos finitos que podem ser utilizados num programa comercial de EF;*
- 3) Conhecer e utilizar um programa comercial de EF na resolução de problemas estruturais: estática, dinâmica, instabilidade, análise transitória.*
- 4) Analisar criticamente os resultados numéricos obtidos com base numa, qualquer, modelação e tentar encontrar soluções alternativas.*

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

This course aims to provide an overview of numerical models that can be used in modeling several structural components such as bars, shafts, beams, membranes, plates and shells. It also seeks to highlight the role of numerical modeling based on finite element method, to support decision making and improving the quality of the project. At the end of this course, students should be able to:

- 1) Identify the various kinematic models that can be used in the FEM;*
- 2) Understanding the relevance and specificity of finite elements that can be used in a commercial FE program;*
- 3) Know and use a commercial FE program in solving structural problems: static, dynamic, unstable, transient analysis.*
- 4) To analyze the numerical results obtained on the basis of any modeling, and try to find alternative solutions.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Parte I: Modelos cinemáticos utilizados no método dos elementos finitos: modelos de estruturas reticuladas, modelos em estados planos, modelos de placas, cascas e estruturas tridimensionais. Equação de equilíbrio para cascas: casca cilíndrica; casca esférica. Tensões nas superfícies das cascas.

Aspectos numéricos e de programação: métodos de resolução de sistemas de equações algébricas, integração numérica. Formulação genérica de um problema dinâmico não linear geral baseada na aproximação pelo método dos elementos finitos: Métodos de resolução de problemas não lineares. Problemas de dinâmica: análise modal e análise transitória. Análise de instabilidade.

Parte II. Práticas de mecânica computacional: Resolução de problemas simples com barras, vigas, placas e cascas. Resolução de problemas de dinâmica: análise modal e análise transitória. Resolução de problemas de instabilidade. Exercícios práticos de ligação entre programas de CAD e de Elementos Finitos.

4.4.5. Syllabus:

Part I: Models of reticulated structures, models of plan States, models of plates, shells and three-dimensional structures. Shell equation equilibrium: cylindrical shell; spherical shell. Shell tensions.

Numerical aspects of programming: methods for solving systems of algebraic equations, numerical integration. Generic formulation of a general nonlinear dynamic problems based on the finite element approach: Methods for solving nonlinear problems. Problems of dynamics: modal analysis and transient analysis. Analysis of instability.

Part II. Practices in computational mechanics: Troubleshooting simple bars, beams, plates and shells. Solution of dynamic problems: modal analysis and transient analysis. Solution of instability problems. Practical training how to exchange information between a CAD and a finite element program.

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

Serão apresentadas as diversas teorias cinemáticas dos modelos em elasticidade linear elástica e as suas soluções em

aplicações mais comuns. Usando formulações energéticas e aproximação pelo método dos elementos finitos em estática e dinâmica no domínio linear elástico, serão estudados os diversos modelos cinemáticos de elementos finitos e as questões específicas de cada modelo. Serão abordados os diversos aspetos práticos da programação do método dos elementos finitos, nomeadamente a integração numérica, a resolução de sistemas de equações e o pré e pós processamento gráfico. Do ponto de vista prático, serão apresentados alguns exemplos nos quais é possível obter soluções analíticas que permitam aferir as limitações dos modelos numéricos utilizados na resolução numérica dos mesmos. Os exemplos de aplicação serão resolvidos utilizando o programa comercial de elementos finitos ADINA e, conseqüentemente, algumas questões estão diretamente relacionadas com a utilização do programa ADINA

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

We will present the various theories of kinematic models in linear elasticity and elastic solutions in their most common applications. Using energy formulations and approximation by finite element method in static and dynamic linear elastic in the field, we will study the various kinematic finite elements and issues specific to each model. It will examine the various practical aspects of programming the finite element method, namely the numerical integration, solving systems of equations and pre and post processing graph. From a practical standpoint, some examples where it is possible to obtain analytical solutions will be presented and, their solutions will allow assessing the limitations of numerical models. The application examples are solved using a commercial finite element program ADINA and, therefore, some teaching issues will be related with the use of ADINA program.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Os conteúdos teóricos desta unidade curricular serão expostos através de aulas ilustradas com casos práticos. Os estudantes serão motivados para aplicar as competências adquiridas através de atividades teórico-práticas associadas à utilização de programas de elementos finitos, incluindo a análise e discussão de resultados. A partilha de experiências profissionais relevantes será encorajada ao longo destas atividades.

A avaliação compreende a apresentação e discussão de trabalhos propostos (20%-30%) e Frequência/Exame final (80%-70%).

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The theoretical contents of the curricular unit will be presented through lectures illustrated with practical cases. Students are encouraged to apply the competences acquired through practical activities associated with the training of using a finite element program, including the analysis and discussion of results. The sharing of professional experience will be encouraged during these activities.

The assessment includes the presentation and discussion of proposed assignments (20%-30%) and a Frequency/Exam (80%-70%).

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

As metodologias de ensino estão em coerência com os objetivos da unidade curricular dado que:

1) A exposição do programa associada à apresentação de casos práticos e à sua resolução possibilita uma explicitação adequada dos conteúdos;

2) A exposição das questões e desafios da modelação numérica, suportada pela obtenção de soluções analíticas, possibilita a compreensão dos limites associados aos vários modelos numéricos, bem como o desenvolvimento do espírito crítico fundamentado em questões teóricas.

O regime de avaliação foi concebido para medir até que ponto as competências foram adquiridas/desenvolvidas.

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

The teaching methodologies are consistent with the objectives of the course because:

1) Exposure of the program associated with the presentation of practical cases and their resolution allows an adequate explanation of the contents;

2) The exposure of the issues and challenges of numerical modeling, supported by analytical solutions, enables the understanding of the limitations associated with several numerical models, as well as the development of critical thinking based on theoretical questions.

The assessment system was designed to measure the extent to which skills were acquired/developed.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

[1] Neto, M.A.; Amaro, A.; Roseiro, L.; Cirne, J.; Leal, R., Engineering computation of structures: the finite element method. Springer, 2015

[2] Bathe K.-J., Finite Element Procedures in Engineering Analysis, Prentice-Hall, New Jersey, 1982.

[3] Zienkiewicz, O.C. and Taylor, R.L., The Finite Element Method, Volume I and II, Mac-Graw Hill Book Company, 1991.

[4] Hinton E. and Owen D. R. J., An Introduction to Finite Element Computations, Pineridge Press Int., Swansea, 1986.

[5] Hinton E. and Owen D. R. J., Finite Element Programming, Academic Press, 1977

[6] Mota Soares C. A., Elementos Finitos em Mecânica dos Sólidos, Relatório M 1.82.03, IST, Lisboa, 1982.

[7] Mota Soares, Carlos A. ; Teorias e Análises de Cascas: Métodos Analíticos e Aproximados; CEMUL, Relatório M1.82.02, IST, Lisboa, 1982.

[8] Ugral A., *Stresses in Plates and Shells*, McGraw-Hill, 2nd ed, 1999.

[9] *A Finite Element Primer*, Nafems, 1992

Mapa IV - Climatização e Refrigeração

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Climatização e Refrigeração

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Heating, ventilating, air-conditioning and refrigeration

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

CEM

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

4.4.1.5. Horas de contacto:

T- 28; TP- 28

4.4.1.6. ECTS:

6

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):

Adélio Manuel Rodrigues Gaspar (T- 28; TP- 28)

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 principal objetivo apresentar e desenvolver os conceitos fundamentais sobre aquecimento, ventilação e ar condicionado (AVAC) e refrigeração. A abordagem dos temas relacionados com a saúde e conforto térmico, o comportamento térmico de edifícios, a noção de cargas térmicas, a psicrometria, os princípios de ventilação e os componentes dos sistemas de climatização e refrigeração, pretende dotar os alunos das bases necessárias para desenvolver projectos, analisar e operar sistemas de climatização em edifícios. A abordagem aos fundamentos de funcionamento e tecnologias de refrigeração pretende dotar os alunos de conhecimento para interpretar e atuarem sobre sistemas de refrigeração.

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

The main objective of this course is to present and develop the concepts of heating, ventilating and air conditioning (HVAC) and refrigeration (R). Addressing topics related to health and thermal comfort, the thermal behavior of buildings, the notion of thermal loads, psychrometrics, ventilation principles and the components of HVAC systems, aims to provide students with the necessary foundations to develop projects, analyze and operate climate control systems in buildings. The approach to the fundamentals of refrigeration technologies is intended to provide students with knowledge to interpret and act on refrigeration systems.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1) *Psicrometria;*
- 2) *Ventilação e qualidade do ambiente interior;*
- 3) *Térmica de edifícios e cargas térmicas;*
- 4) *Equipamentos de produção de energia (calor e frio)*
- 5) *Refrigeração (ciclos, componentes e sistemas, fluidos frigorigéneos)*

4.4.5. Syllabus:

- 1) *Psychometrics;*
- 2) *Ventilation and indoor environmental quality;*
- 3) *Thermal properties of buildings and thermal loads;*
- 4) *Energy production equipment (heating and cooling)*
- 5) *Refrigeration (cycles, components and systems, refrigerants)*

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

A unidade curricular pretende apresentar e desenvolver os conceitos fundamentais de controlo higrotérmico de espaços interiores e tratamento de ar, pelo que são desenvolvidos os fundamentos do ar húmido e apresentados equipamentos de tratamento de ar. Relativamente à climatização de espaços, abordam-se os requisitos e procedimentos relacionados com a ventilação, qualidade do ar e conforto térmico. Abordam-se as principais características que influenciam o comportamento térmico dos edifícios, para compreensão das cargas térmicas necessárias para aquecimento e arrefecimento. São abordados os fundamentos e as tecnologias relacionados com os equipamentos para produção de energia térmica (calor e frio) e as principais configurações dos sistemas de distribuição da energia. Na vertente dos sistemas de refrigeração, abordam-se os princípios de funcionamento e as tecnologias para dotar os alunos de conhecimentos suficientes para análise e iniciarem o projeto de sistemas.

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

The course intends to present and develop the fundamental concepts of hygrothermal control of indoor spaces and air handling. Therefore, the humid air fundamentals are developed and air handling equipment is presented. Regarding the air conditioning of spaces, the requirements and procedures related to ventilation, air quality and thermal comfort are addressed. The main characteristics that influence the thermal behavior of buildings are discussed, in order to understand the thermal loads required for heating and cooling. The fundamentals and technologies related to thermal energy production (heat and cold) and the main configurations of the energy distribution systems are discussed. Regarding refrigeration systems, the principles of operation and technologies are provided to provide students with sufficient knowledge to analyze and initiate systems' design.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As aulas teóricas têm um formato tradicional, sendo essencialmente conduzidas através da exposição da matéria com o apoio de apresentações em diapositivos e outros meios multimédia.

As aulas teórico-práticas são dedicadas à análise e à resolução de problemas de aplicação dos conhecimentos teóricos. Exame final (100%).

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The lectures have a traditional format, which is essentially driven by the exposure of the subjects with the support of Powerpoint presentations and other multimedia.

The practical classes are devoted to the analysis and solving of practical problems for application of the theoretical knowledge.

Final exam (100%).

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

Os alunos são encorajados a pesquisar literatura sobre o conteúdo programático da disciplina, tendo também acesso a apontamentos resumidos da autoria dos docentes. Durante as aulas, a exposição do docente é intercalada com a apresentação de exemplos comuns de aplicação dos conceitos. Nas aulas teórico-práticas são enunciados, analisados e resolvidos problemas com um cariz tão próximo quanto possível da prática da engenharia.

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

Students are encouraged to research the available literature on the subject, having also access to study material provided by the teachers. During classes, the subjects' explanation is interspersed with the presentation of common examples of application of the concepts. In the practical classes the problems are described, analyzed and solved as closely as possible to the practice of engineering.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- ASHRAE Handbook – HVAC Systems and Equipment, 2016;*
ASHRAE Handbook—Fundamentals, 2017;

ASHRAE Handbook—HVAC Applications, 2019;

Kreider, J. F. Handbook of Heating, ventilation and air conditioning, CRC Press, 2001;

McQuiston, F.C., Parker, J. and Spitler, J. D. Heating, Ventilating and Air Conditioning: Analysis and Design, John Wiley and Sons, 2005;

Normas e regulamentação diversa (ISO, ASHRAE; DIN; NP);

Roriz, L. Climatização - Conceção, Instalação e Condução de Sistemas, Alfragide: Edições Orion, 2006.

Mapa IV - Controlo Industrial

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Controlo Industrial

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Industrial Control

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

CEM

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

4.4.1.5. Horas de contacto:

T - 28; TP - 14; PL - 14

4.4.1.6. ECTS:

6

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):

Joaquim Norberto Cardoso Pires da Silva (T - 28; TP - 14; PL - 14)

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):

Nesta disciplina pretende-se que os alunos sejam capazes de formular corretamente os conceitos envolvidos na adoção de técnicas de controlo industrial numa plataforma de Indústria 4.0, sejam capazes de sistematizar conceitos, de dialogar com especialistas especificando intervenções, de planear e gerir processos de robotização, de intervir ao nível técnico e sejam capazes de identificar situações de erro e mobilizar as equipas necessárias para lhes dar solução. Esta disciplina complementa e atualiza formação previamente obtida, nomeadamente em programação, controlo automático, robótica, sistemas distribuídos de produção, interfaces homem-máquina, sistemas de CAD, sistemas de controlo de produção industrial, sensores e atuadores, fornecendo formação técnica e científica detalhada que permite aos alunos atuarem na fase de projeto e programação. A disciplina implica a realização de um projeto, o que, na prática, significa a realização de uma solução robotizada para um determinado problema.

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

This course aims to enable students to formulate correctly the concepts involved in the adoption of industrial control technics in an Industry 4.0 platform, to systematize concepts, to dialogue with specialists specifying interventions, to plan and manage robotization processes, intervene at the technical level and are able to identify error situations and

mobilize the teams needed to remedy them. This course complements and updates previously obtained training, namely in programming, automatic control, robotics, distributed production systems, human machine interfaces, CAD systems, industrial production control systems, sensors and actuators, providing detailed technical and scientific training that allows students to work in the design and programming phase. Discipline implies the realization of a project, which in practice means the realization of a robotic solution to solve a particular industrial problem.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. Introdução à Automação Industrial

- *Sistemas de produção modernos: introdução.*
- *Indústria 4.0: as oportunidades, os desafios e o impacto social.*

2. Fundamentos

- *Eletrónica e Instrumentação.*
- *Sistemas de aquisição.*
- *Sensores.*
- *Atuadores:*
 - *Pneumáticos e hidráulicos.*
 - *Eléctricos: motores.*
 - *Variadores de velocidade.*
- *Controladores automáticos industriais.*
- *Princípios de modelização de sistemas.*
- *Redes de dados e comunicações.*
- *Programação: exemplos.*

3. Autómatos industriais –

- *Fundamentos e organização: PLC e outros sistemas.*
- *Programação usando GRAFCET, linguagens comuns e ferramentas avançadas.*
- *Monitorização e controlo remoto.*
- *Exemplos.*

4. Sistemas automáticos avançados: robôs industriais.

5. Células de produção: sistemas flexíveis de produção (FMS) e sistemas de produção integrados por computador (CIM).

6. Requisitos para a automação industrial: onde, como e quando.

4.4.5. Syllabus:

1. Introduction to Industrial Automation

- *Modern production systems: introduction.*
- *Industry 4.0: opportunities, challenges and social impact.*

2. Basics

- *Electronics and Instrumentation.*
- *Acquisition systems.*
- *Sensors.*
- *Actuators:*
 - *Pneumatics and hydraulics.*
 - *Electric: motors.*
 - *Speed variators.*
- *Industrial automatic controllers.*
- *Principles of systems modeling.*
- *Data and communications networks.*
- *Programming: examples.*

3. Industrial automata

- *Fundamentals and organization: PLC and other systems.*
- *Programming using GRAFCET, common languages and advanced tools.*
- *Monitoring and remote control.*
- *Examples.*

4. Advanced automatic systems: industrial robots.

5. Production cells: flexible production systems (FMS) and computer integrated production systems (CIM).

6. Requirements for industrial automation: where, how and when.

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

O plano de estudos adota uma abordagem introdutória e complementar aos elementos essenciais de um sistema de controlo industrial, nomeadamente: sensores, sistemas de aquisição, controladores industriais PID, sintonia de controladores, equipamentos de controlo, atuadores e modelização de sistemas. Os conceitos elementares são apresentados em detalhes, discutindo as razões pelas quais são usados e os objetivos a serem alcançados. Vários exemplos detalhados e estudos de caso são apresentados (na forma de seminários), permitindo que os alunos obtenham uma aprendizagem muito completa que lhes permita alcançar os objetivos definidos. Os alunos experimentam e realizam várias soluções e são chamados a desenvolver um projeto que envolva pesquisa e realização

prática com demonstração.

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

The study plan adopts an introductory and complementary approach to the essential elements of an industrial control system, namely: sensors, acquisition systems, industrial PID controllers, tuning of controllers, control equipment, actuators and systems modeling. The elementary concepts are presented in detail, discussing the reasons why they are used and the objectives to be achieved. Several detailed examples and case studies are presented (in the form of seminars), allowing students to achieve a very complete learning that allows them to achieve the defined objectives. Students experiment and carry out various solutions and are asked to develop a project that involves research and practical realization with demonstration.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas regulares com exposição detalhada, recorrendo a meios audiovisuais, sobre as matérias planeadas, bem como setups industriais existentes nos laboratórios preparados para este curso.

Os estudantes realizam, em grupos de 2 elementos um trabalho prático, que inclui realização prática e pesquisa, que tem de ser demonstrado e apresentado publicamente.

Frequência - 25%

Projeto - 50%

Trabalho de investigação - 25%

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Regular classes with detailed exposure, using audiovisual media, on the planned subjects, and industrial setups existing in the laboratories prepared for this course.

Students carry out a practical assignment (in groups of 2-elements), which includes practical realization and research of a certain topic, which has then to be demonstrated and publicly presented.

Midterm exam - 25%

Project - 50%

Research work - 25%

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

Para atingir os objetivos definidos, é importante conjugar 3 aspetos: aulas presenciais expositivas e de discussão de conceitos, aulas de apresentação de casos práticos (com demonstração) e trabalhos práticos, a realizar pelos alunos, que incluam a pesquisa de um determinado tópico. Isso significa que tem de estar disponível um laboratório que esteja equipado com as tecnologias abordadas nesta disciplina. Utiliza-se o Laboratório de Robótica Industrial do Departamento de Engenharia Mecânica da UC: <http://www.jnorbertopires.pt/uc-industrial-robotics-laboratory/>

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

In order to achieve the defined objectives, it is important to combine 3 aspects: classroom classes with presentation and discussion of concepts, classes where practical cases are presented (with demonstration) and practical work, to be performed by students, including research on a particular topic. This means that a laboratory must be available that is equipped with the technologies covered in this discipline. We use here the Industrial Robotics Laboratory from the Mechanical Engineering Department (University of Coimbra): <http://www.jnorbertopires.pt/uc-industrial-robotics-laboratory/>

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Automação e Controlo Industrial, J. Norberto Pires, Lidel, 2019 (1ª edição).

- Robótica Industrial, J. Norberto Pires, Lidel, 2018 (1ª edição)

- Modern Control Engineering, K. Ogata, Prentice Hall, 2009 (5th edition)

- HandBook of Modern Sensors , Jacob Fraden, Springer-Nature Handbook, American Institute of Physics, 2010.

Mapa IV - Dinâmica de Sistemas Multicorpo

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Dinâmica de Sistemas Multicorpo

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Dynamic of multibody systems

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

CEM

4.4.1.3. Duração:**Semestral****4.4.1.4. Horas de trabalho:****162****4.4.1.5. Horas de contacto:****T-28; TP- 28****4.4.1.6. ECTS:****6****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):****Maria Augusta Neto (T-28; TP- 28)****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 visa acelerar o processo de inovação, reduzir custos de desenvolvimento e aumentar a qualidade dos produtos de engenharia. Procura avaliar a eficiência de um projeto, utilizando as metodologias de simulação de sistemas multicorpo, para diminuir o número de protótipos, evitando surpresas desagradáveis no ciclo de desenvolvimento, e fornecendo respostas rápidas às alterações de última hora. No final desta unidade curricular, os alunos deverão estar aptos a:

- 1) Identificar e definir o conceito de sistema multicorpo;*
- 2) Definir os vários tipos de coordenadas, constrangimentos cinemáticos e as equações de movimento de sistemas multicorpo com constrangimentos;*
- 3) Conhecer e utilizar um programa comercial que permita simular sistemas multicorpo e calcular as coordenadas e as forças generalizadas.*
- 4) Analisar criticamente os resultados numéricos obtidos com base numa, qualquer, modelação e tentar encontrar soluções alternativas.*

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

This course aims to accelerate the innovation process, to reduce development costs and increase the quality of engineering products. Using the multi-body simulation methods, is possible to evaluate the project performance and reduce the number of prototypes, avoiding unpleasant surprises in the development cycle, and providing quick responses to last-minute project changes. At the end of this course unit students may be able to:

- 1) Identify and define the concept of multibody system;*
- 2) Define the several coordinate types, kinematic constraints and equations of motion of constrained multibody systems;*
- 3) Create and use a commercial program that allows multi-body systems simulations with the computation of generalized coordinates and forces.*
- 4) Critically analyse the numerical results and try to find alternative solutions*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1. Introdução aos conceitos fundamentais dos sistemas multicorpo: a) Sistemas de referência; b) Mecânica da partícula; c) Mecânica dos corpos rígidos; d) movimento constrangido.*
- 2. Formulação Análise dinâmica de sistemas multicorpo rígidos: a) equações da cinemática de corpos rígidos em coordenadas cartesianas; b) equações do movimento de sistemas de corpos rígidos; c) equações do movimento de sistemas multicorpo;*
- 3. Resolução das equações do movimento de sistemas multicorpo: constrangimentos redundantes.*
- 4. Integração numérica das equações do movimento:*
- 5. Métodos de controlo da violação de constrangimentos: Método de estabilização de Baumgarte; Formulação de*

Lagrange aumentada; Partição de coordenadas.

6. Formulação e análise de exemplos de aplicação de sistemas multicorpo: sistema biela manivela; mecanismo de quatro barras.

7. Equações do movimento de sistemas multicorpo flexíveis

4.4.5. Syllabus:

Introduction to the fundamental concepts of multibody systems: a) Reference systems; b) Particle mechanics; c) Mechanics of rigid bodies; d) constrained movement.

2. Formulation and Dynamic analysis of rigid multibody systems: a) kinematic of a rigid body in Cartesian coordinates; b) equations of motion of rigid body systems; c) equations of motion of multibody systems.

3. Solution of equations of motion of multibody systems: redundant constraints.

4. Numerical integration of the equations of motion:

5. control of the constraint's violation: Baumgarte stabilization method; Augmented Lagrange formulation; Coordinate partitioning method.

6. Formulation and analysis of examples of application of multibody systems: slider-crank; Four-bar mechanism.

7. Equations of motion of flexible multibody systems

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

Os conteúdos programáticos estão em coerência com os objetivos da unidade curricular dado que o programa foi concebido para abordar de forma integrada a formulação e resolução de sistemas mecânicos multicorpo. Nesse sentido, são apresentados os conceitos fundamentais de sistemas multicorpo rígidos necessários à obtenção das equações do movimento e, posteriormente, os métodos de resolução das mesmas. Durante a exposição dos conteúdos são utilizados sistemas multicorpo simples para exemplificar a obtenção de soluções analíticas. Posteriormente, os conteúdos destes pontos são essenciais para compreender a formulação e análise dinâmica de sistemas multicorpo flexíveis. As equações do movimento de sistemas multicorpo flexíveis são obtidas utilizando os métodos energéticos clássicos.

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

The syllabus is consistent with the objectives of the course because the program was designed to address the formulation and resolution of multibody mechanical systems in an integrated manner. In this sense, the fundamental concepts of rigid multibody systems necessary to obtain the equations of motion and their resolution are presented. The contents are explained using simplified multibody systems as example on how to obtain analytical solutions. Subsequently, these concepts are essential for understanding the formulation and the dynamic analysis of flexible multibody systems. The equations of motion of flexible multibody systems are obtained using the classical energy methods

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Os conteúdos teóricos desta unidade curricular serão expostos através de aulas ilustradas com casos práticos. Os estudantes serão motivados para aplicar as competências adquiridas através de atividades teórico-práticas associadas à utilização de programas de sistemas de multicorpo, incluindo a análise e discussão de resultados. A partilha de experiências profissionais relevantes será encorajada ao longo destas atividades. A avaliação compreende a apresentação e discussão de trabalhos propostos (0-30%) e Frequência/Exame final (100%-70%).

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The theoretical contents of the curricular unit will be presented through lectures illustrated with practical cases. Students are encouraged to apply the competences acquired through practical activities associated with the training of using multibody program, including the analysis and discussion of results. The sharing of professional experience will be encouraged during these activities.

The assessment includes the presentation and discussion of proposed assignments (0%-30%) and a Frequency/Exam (100%-70%).

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

As metodologias de ensino estão em coerência com os objetivos da unidade curricular dado que:

1) A exposição do programa associada à apresentação de casos práticos e à sua resolução possibilita uma explicitação adequada dos conteúdos;

2) A exposição de questões e desafios da modelação multicorpo, suportada pela obtenção de soluções analíticas e numéricas, possibilita a compreensão dos limites de aplicação desta metodologia, bem como o desenvolvimento do espírito crítico fundamentado em questões teóricas.

O regime de avaliação foi concebido para medir até que ponto as competências foram adquiridas/desenvolvidas.

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

The teaching methodologies are consistent with the objectives of the course because:

1) *Exposure of the program associated with the presentation of practical cases and their resolution allows an adequate explanation of the contents;*

2) *The exposure of the issues and challenges of multibody modeling, supported by analytical and numerical solutions, enables the understanding of the limitations associated with this methodology, as well as the development of critical thinking based on theoretical questions.*

The assessment system was designed to measure the extent to which skills were acquired/developed.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

[1] *Shabana, A. A., Dynamics of multibody systems, Third Edition, Cambridge University Press 2005.*

[2] *Nikravesh, P. E., Computer Aided Analysis of Mechanical Systems, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1998.*

[3] *Neto, M. A., Optimização de sistemas dinâmicos multicorpo flexíveis em materiais compósitos, Universidade de Coimbra, Março de 2006. <https://ap1-dev.uc.pt/handle/10316/1985>.*

[4] *Neto, M.A.; Amaro, A.; Roseiro, L.; Cirne, J.; Leal, R., Engineering computation of structures: the finite element method. Springer, 2015*

Mapa IV - Economia Circular

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Economia Circular

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Circular Economy

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

CT

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

81

4.4.1.5. Horas de contacto:

T - 14; TP - 14

4.4.1.6. ECTS:

3

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):

Fausto Freire (T-14; TP-14)

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 objetivos de aprendizagem visam compreender e discutir o potencial da Economia Circular, enquanto conceito estratégico que assenta na prevenção, redução, reutilização, recuperação e reciclagem de materiais e energia, para substituir o conceito de “fim-de-vida” da economia linear por novos fluxos circulares de reutilização, restauração e renovação.

Pretende-se o desenvolvimento de competências para compreender conceitos, estratégias e ferramentas

metodológicas, numa perspetiva integrada, sistémica e interdisciplinar, promovendo a discussão e análise crítica, tais como o conceito de Economia Circular e a relevância de pensar em termos de “Ciclo de Vida”. Pretende-se dotar ainda os alunos das bases necessárias para resolver exercícios e analisar exemplos reais e casos de estudo, que evidenciem como a economia circular é um elemento-chave para promover a dissociação entre o crescimento económico e o aumento no consumo de recursos, relação tradicionalmente considerada como inexorável.

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

The learning outcomes aim to enable students to understand and discuss the potential of Circular Economy, as a strategic concept based on the prevention, reduction, reuse, recovery and recycling of materials and energy, to replace the linear economy “end-of-life” concept by new circular flows of reuse, restoration and renovation.

Concepts, strategies and methodological tools are introduced in an integrated, systemic and interdisciplinary perspective, promoting discussion and critical analysis. Understand the concept of Circular Economy and the relevance of life cycle thinking. Solving exercises and analysis of real examples and case studies, showing how the circular economy is a key element to promote resource decouple from economic growth.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- *Economia Circular (EC): Introdução, conceitos e perspetiva histórica. Estratégias e ferramentas.*
- *Novos modelos de negócios e de produção (promovendo a eficiência energética e de materiais e a valorização de subprodutos e resíduos). Eco-parques e simbiose industrial.*
- *Avaliação de ciclo de vida e Ecodesign: metodologia e aplicações. Avaliação de Fluxos de Materiais.*
- *Economia de performance, focada na preservação e valorização do capital natural, promovendo a criação de valor e a sustentabilidade. A relevância da extensão do ciclo de vida (reutilização, remanufatura, recondicionamento. A servitização e a desmaterialização.*
- *Economia Circular e bioeconomia. Plano de Ação para a Economia Circular em Portugal e a estratégia europeia.*

4.4.5. Syllabus:

- *Circular Economy (EC): Introduction, concepts and historical perspective. Strategies and tools.*
- *New business and production models (promoting energy and material efficiency and the valorization of by-products and waste). Eco-parks and industrial symbiosis.*
- *Life cycle assessment and Ecodesign: methodology and applications. Material Flows Analysis.*
- *Performance Economy, focused on the maintenance and exploitation of stock, promoting value and sustainability. The relevance of extending the service life (reuse, remanufacturing, reconditioning). Servicisation and dematerialization.*
- *Circular economy and bioeconomy. Action Plan for the Circular Economy in Portugal and the European strategy.*

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

O conteúdo está definido para conferir ao aluno a capacidade para:

- *Compreender conceitos chave de Economia Circular e a sua importância para a engenharia e o mundo atual.*
- *Compreender a relevância de adotar uma perspetiva de ciclo de vida para implementar soluções sustentáveis.*
- *Conhecer ferramentas metodológicas para implementar modelos e sistemas de Economia Circular.*
- *Implementar e avaliar estratégias de economia circular que promovam a sustentabilidade (energética, ambiental, social e económica).*

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

The syllabus is designed to give the student the ability

- *Understand key concepts of Circular Economy and its importance for engineering and the world.*
- *Understand the relevance of adopting a life cycle perspective to implement sustainable solutions.*
- *Learn methodological tools to implement Circular Economy models and systems.*
- *Implement and evaluate circular economy strategies that promote sustainability (energy, environmental, social and economic).*

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas teóricas (T): Exposição teórica da matéria estimulando o pensamento crítico.

Aulas teórico práticas (TP): Resolução de exercícios, exposição e discussão de temas em debate e de exemplos de Economia Circular.

Avaliação por exame final (100%).

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Theoretical lectures (T): oral exposition of the topics, promoting critical thinking.

Theoretical practical lectures (TP): Resolution of exercises, presentation and discussion of topics and Circular Economy examples.

Grading based on final exam (100%).

4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:
A unidade curricular está estruturada no sentido de promover e desenvolver o espírito crítico na análise de problemas, tipicamente complexos e multidisciplinares, em que existem potenciais conflitos de perspetivas. Os alunos são encorajados a pesquisar literatura sobre o conteúdo programático da disciplina, procurando desenvolver pensamento crítico, pois vários dos temas discutidos nas aulas são potencialmente controversos.

4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:
The curricular unit is structured in order to promote and develop a critical spirit in the analysis of problems, typically complex and multidisciplinary, in which there are potential conflicts of perspectives. Students are encouraged to search the literature on the programmatic content of the discipline, seeking to develop critical thinking, as several of the topics discussed in class are potentially controversial.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

FCT (2019) Agenda Temática de Investigação e Inovação Economia Circular, FCT, Lisboa

Grupo Interministerial Economia Circular (2018) Liderar a Transição: Plano de Ação para a Economia Circular em Portugal 2017-2020.

European Environment Agency (2018). The circular economy and the bioeconomy. Partners in sustainability. EEA Report No 8/2018.

European Environment Agency (EEA). (2017). Circular by design: Products in the circular economy. EEA Report No 6/2017.

Stahel, W. (2020) The Circular Economy. A User's Guide. Routledge

Stahel, W. and Clift, R. (2016) Stocks and Flows in the Performance Economy. Chapter 7 in "Taking Stock of Industrial Ecology" Edited by Clift, R & Druckman, A. Springer

Mapa IV - Modelação de Sistemas de Energia

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Modelação de Sistemas de Energia

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Energy Systems Modeling

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

CEM

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

4.4.1.5. Horas de contacto:

T-14; TP-28; OT-14

4.4.1.6. ECTS:

6

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):

Adélio Manuel Rodrigues Gaspar (T-7; TP-14; OT-7)

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

Almerindo Domingues Ferreira (T-7; TP-14; OT-7)**4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

A disciplina tem por objetivo principal familiarizar os alunos com o potencial da utilização de ferramentas de simulação computacional de sistemas de energia no auxílio a projetos de engenharia, em áreas relacionadas com a simulação energética de edifícios (SEE), e com a dinâmica de fluidos, o que confere à disciplina a sua estruturação em duas partes principais. Dá-se preferência a programas de acesso aberto.

Na componente de simulação de edifícios e sistemas de energia, pretende-se introduzir os alunos aos procedimentos de elaboração de modelos de edifícios, simulação e exploração de resultados.

Relativamente à dinâmica de fluidos (CFD), pretende-se familiarizar os alunos com os passos necessários para modelação, e transmitir-lhes os conhecimentos necessários para a discretização do domínio de cálculo e configuração do problema.

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

The main objective of this course is to familiarize students with the use of computer simulation tools (open source software) to help simulating engineering projects in areas related with building energy simulation (BES) and fluid dynamics, which structures the course into two main parts.

In the building and energy systems simulation component, it is intended to introduce students to the procedures of building modeling, simulation and results assessment.

Regarding the fluid dynamics (CFD), it is intended to familiarize students with the necessary steps for systems' modeling, providing them with the necessary knowledge for the discretization of the calculation domain, and setup of the problem.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

SEE: Definição geométrica do edifício; Materiais e soluções construtivas; Ganhos internos e perfis de uso; Dados climáticos; Infiltrações de ar e ventilação; Definição de sistemas de AVAC.

CFD: Definição e formulação básica; Equações de conservação; Processo CFD: geometria, discretização, configuração, condições de fronteira, solução, visualização.

4.4.5. Syllabus:

SEE: Definição geométrica do edifício; Materiais e soluções construtivas; Ganhos internos e perfis de uso; Dados climáticos; Infiltrações de ar e ventilação; Definição de sistemas de AVAC.

CFD: Definição e formulação básica; Equações de conservação; Processo CFD: geometria, discretização, configuração, condições de fronteira, solução, visualização

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

O conteúdo está definido para conferir ao aluno a capacidade para, através do recurso a ferramentas computacionais, resolver problemas práticos de engenharia relacionados com simulação energética de edifícios e com a dinâmica de fluidos. Assim, tanto na componente de SEE como na componente de CFD, são apresentados e discutidos com os estudantes os conceitos técnico-científicos essenciais das respetivas modelações, acompanhados de exercícios práticos a realizar com programas de modelação, preferencialmente de acesso aberto. Para consolidação, os alunos são desafiados a realizar um pequeno projeto para cada uma das componentes de modelação.

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

The syllabus is designed in order to provide students with the ability to use computational tools to solve practical engineering problems related to building energy simulation and fluid dynamics. Thus, in both SEE and CFD components, the essential technical-scientific concepts of the respective modeling are presented and discussed with the students, with the support of practical exercises using modeling programs, preferably open access. For consolidation, the students are challenged to develop a small project for each of the modeling components.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas teóricas (T): exposição da matéria definida.

Aulas teórico-práticas (TP): resolução de problemas previamente definidos, utilizando programas de SEE e CFD, preferencialmente de acesso livre. A participação ativa de cada aluno é objeto de avaliação (20%).

Método de avaliação: trabalho individual nas aulas TP (20%), elaboração de trabalhos de simulação (60%) e exame final (20%).

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Theoretical lectures (T): oral exposition of the defined topics.

Practical lectures (TP): resolution of practical problems previously defined, using BES and CFD software. Individual participation in the problem resolution is evaluated (20%).

Evaluation Method: individual work in the TP classes (20%); simulation project (60%) and final exam (20%).

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

A unidade curricular está estruturada no sentido de colocar em prática os conhecimentos adquiridos em outras disciplinas, e promover a participação ativa do aluno através do seu trabalho autónomo, e também do trabalho em grupo. O estímulo para participação na aula através da resolução de problemas, e da discussão oral, destina-se a promover a resolução de problemas em grupo, e a desenvolver a capacidade de expressão oral.

O incentivo à participação nas discussões, e consequente avaliação, procura premiar o desenvolvimento de espírito crítico.

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

The course is structured for a practical application of the basic knowledge acquired in other courses. It aims to promote the active participation of each student through their autonomous work, as well as teamwork. The encouraging participation, whether in solving specific problems, or by oral discussion, intends to promote teamwork problem solving and to develop oral expression skills. The incentive to participate in the discussions, and consequent evaluation, intends to encourage and develop the students' critical spirit.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Greenshields, C., OpenFOAM Foundation (2019), OpenFOAM Usur Guide, Version 7.

Cebeci, T., Shao, J.S., et al. (2005), Computational Fluid Dynamics for Engineers: From Panel to Navier-stokes Methods with Computer Programs. Springer.

Chapra, S., Canale, R. (2014). Numerical Methods for Engineers (7^o ed). McGraw-hill Higher Education.

Ferziger, J.H., Peric, M. (2013), Computational Methods for Fluid Dynamics (3^aed). Springer.

Garg, Vishal, Mathur, Jyotirmay, Bhatia, Aviruch (2017), Building Energy Simulation: A Workbook Using DesignBuilder, CRC Press.

Jan L.M. Hensen, Roberto Lamberts (2011). "Building Performance Simulation for Design and Operation". Routledge.

U.S. Department of Energy (2019), EnergyPlus Essentials, EnergyPlus™ Version 9.2.0 Documentation.

U.S. Department of Energy (2019), Input Output Reference, EnergyPlus™ Version 9.2.0 Documentation.

Mapa IV - Orgãos de Máquinas**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

Orgãos de Máquinas

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Machine elements

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

CEM

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

81

4.4.1.5. Horas de contacto:

T-14; TP-14

4.4.1.6. ECTS:

3

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 Domingos Moreira da Costa (T-14; TP-14)

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 os alunos de um conhecimento vasto de capacidade de cálculo de componentes mecânicos em projectos que envolvam transmissões de potência ou energia em regimes contínuo e transitório. São apresentados métodos de cálculo para elementos das principais transmissões mecânicas. No final da disciplina, o aluno será capaz de: seleccionar o tipo de transmissão mais adequado às condições de serviço particulares de um determinado caso; fazer o dimensionamento simplificado de elementos de engrenagens de rodas cilíndricas e de parafuso sem fim baseado em métodos analíticos; fazer a selecção completa por catálogo de elementos dos vários tipos de transmissões mecânicas flexíveis.

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

Provide students with a broad knowledge of the ability of calculating mechanical components in projects involving power or energy transmissions in continuous and transient regimes. Calculation methods for elements of the main mechanical transmissions are presented. At the end of the course, the student will be able to: select the type of transmission best suited to the particular service conditions of a particular case; perform simplified sizing of cylindrical wheel gear and worm/wheel elements based on analytical methods; make a complete selection of the several types of flexible mechanical transmission elements based on manufacturers catalogs.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Transmissões mecânicas: Características gerais e selecção de transmissões mecânicas - critérios de selecção de transmissões. Análise comparativa dos principais tipos de transmissões.

Projecto de transmissões por correias. Geometria. Pormenores construtivos e de montagem. Modos de ruína Estudo dinâmico.

Projecto de transmissões por corrente de rolos. Nomenclatura e relações geométricas. Análise cinemática.. Montagem e manutenção. Análise de esforços.

Transmissões por engrenagens. Engrenagens cilíndricas: superfícies primitivas e superfícies de dentado, nomenclatura e relações geométricas, estudo do engrenamento, escorregamento, interferência, correcção de dentado.

Engrenagem parafuso sem fim/roda helicoidal: superfícies primitivas, vocabulário, simbologia e relações geométricas. Análise dinâmica. Rendimento.

4.4.5. Syllabus:

Mechanical transmissions: General characteristics and selection of mechanical transmissions - criteria for selection of transmissions. Comparative analysis of the main types of transmissions.

Design of belt transmissions. Geometry. Construction details and assembly. Types of failure. Dynamic study.

Design of roller chain transmissions. Nomenclature and geometric relationships. Kinematic analysis. Assembly and maintenance. Analysis of forces.

Transmissions by gears. Cylindrical gears: primitive surfaces and surfaces of teeth, nomenclature and geometrical relationships, the study of gear, slip, interference, correction of teeth. Worm/wheel gear : primitive surfaces, vocabulary, symbols and geometric relationships. Dynamic analysis. Mechanical efficiency.

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

O tronco fundamental do programa da disciplina, procura abranger as principais transmissões mecânicas da actualidade, não descurando as mais recentes evoluções neste âmbito. Além dos conceitos necessários para a compreensão dos aspectos relacionados com cinemática e dinâmica das transmissões são também analisados aspectos relacionados com a análise de esforços aplicados, tensões, parâmetros tecnológicos tendo em vista evitar a ocorrência dos potenciais modos de falha. Nas aulas teórico-práticas são discutidos problemas resolvidos de seleção/dimensionamento de alguns tipos de transmissões mecânicas recorrendo ao uso de normas internacionais e de catálogos de fabricantes de referência no mercado destes produtos.

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

The fundamental core of the discipline's program seeks to cover the main mechanical transmissions of today, not neglecting the latest developments in this area. In addition to the concepts necessary to understand the aspects related to kinematics and dynamics of the transmissions, aspects related to the analysis of applied efforts, stresses,

technological parameters are also analyzed in order to avoid the occurrence of potential failure modes. During the practical classes, some problems related to the selection / dimensioning of some types of mechanical transmissions are discussed using the international standards and catalogs of reference manufacturers in the market of these products.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As aulas decorrem em regime teórico e teórico-prático. Nas aulas teóricas expõem-se os conceitos fundamentais sob a forma de conferências com recurso a transparências e meios multimédia. Nas aulas teórico-práticas aplicam-se os conceitos ministrados nas aulas teóricas através da discussão de alguns problemas resolvidos e previamente disponibilizados aos alunos, procurando-se que os alunos tenham uma participação activa. A avaliação será por exame final (100%).

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Classes take place in theoretical and theoretical-practical regime. Theoretical classes expose the fundamental concepts in the form of conferences using transparencies and multimedia media. Theoretical-practical classes apply the concepts given in the theoretical classes through the discussion of some problems solved, previously made available to students, intending that students have an active participation. Final exam (100%).

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

Durante as aulas teóricas são expostos e colocados à disposição dos alunos textos elaborados para o efeito com recurso a transparências. Estes textos são notas retiradas da literatura especializada e reflectem a perspectiva e experiência dos docentes nestes temas. Está ainda à disposição dos alunos um livro de texto intitulado "Projecto de Órgãos de Máquinas", de que os docentes são co-autores. Os alunos são também encorajados a pesquisar literatura sobre o conteúdo programático da disciplina. A preparação e apresentação das aulas obedecem a uma programação bem definida e seguem o conceito tradicional de aulas teóricas e teórico-práticas.

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

During the lectures are exposed and available to students texts designed for that purpose using transparencies. These are notes taken from the literature and reflect the perspective and experience of teachers in these subjects. It is still available to students a textbook titled "Mechanical Design of Machine Elements", that teachers are co-authors. Students are also encouraged to research literature on the syllabus of the course. The preparation and presentation of lessons follow a well-defined programming and follow the traditional concept of theoretical and theoretical-practical lectures.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- C.M. Branco, J.A.M. Ferreira, J.D.M. Costa e A. Ribeiro "Projecto de Órgãos de Máquinas", Ed. Fundação C. Gulbenkian, 2008.*
- R. C. Juvinal, K. M. Marshek, "Fundamentals of Machine Component Design", Ed. John Wiley & Sons, 1991.*
- J. R. Shigley, C. R. Mischke, "Mechanical Engineering Design", McGraw-Hill International Edition, 1989.*
- R. L. Norton, "Machine Design – an Integrated Approach", Ed. Prentice Hall Inc., 1996.*
- G. Henriot, Traité Théorique et Pratique des Engrenages, Vol. 1 "Théorie et Technologie", 6ª ed, 1979.*
- Manual de Projecto de Correias Trapezoidais nº E2/20070, Gates, 1999.*
- Manual de Projecto de Correias Dentadas nº E2/20099, Gates, 1999.*
- Catálogo de Correntes Refª REN8/ENG/17/98/5K/2, 1998, Renold Power Transmission Limited, 1998.*
- International Standard 6336/2006, Calculation of Load Capacity of Spur and Helical Gears.*
- BS721 – British Standard Specification for Worm Gearing, part 2, Metric Units, British Standard Institution, 1993.*

Mapa IV - Sistemas de Propulsão

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Sistemas de Propulsão

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Propulsion Systems

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

CEM

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:**162****4.4.1.5. Horas de contacto:****T-28; TP-28****4.4.1.6. ECTS:****6****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 de Figueiredo Vieira Carvalheira (T-28; TP-28)****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):**

Nesta disciplina, o aluno adquire conhecimentos sobre os componentes, a arquitectura e os princípios de funcionamento de diferentes sistemas de propulsão utilizados em veículos terrestres e aeronaves. São apresentadas equações para o cálculo dos requisitos de potência dos veículos terrestres. São apresentados alguns ciclos de condução normalizados para veículos automóveis terrestres e as equações que permitem a modelação dos ciclos para o cálculo do consumo de energia, do consumo de combustível e da emissão de poluentes. São ainda tratados os diferentes componentes utilizados para o armazenamento de energia eléctrica, os seus princípios de funcionamento, os seus parâmetros de desempenho e as suas limitações.

O aluno desenvolve competências para modelar o funcionamento de sistemas de propulsão, tendo por base as leis fundamentais como por exemplo a conservação de energia, as forças que actuam no veículo e a 2ª lei de Newton, e aplicando os conhecimentos adquiridos.

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

In this course, the student acquires knowledge about the components, the architecture and the operating principles of different propulsion systems used in terrestrial vehicles and aircraft. The equations for the calculation of the power requirements of terrestrial vehicles are presented. Some normalized driving cycles for terrestrial vehicles and the equations that allow the modelling of the cycles for the energy consumed, the fuel consumed and the emission of pollutants are presented. Different components for storage of electric energy, their principles of operation, their performance parameters and their limitations are presented.

The student develops skills for modelling the operation of propulsion systems, based on the fundamental laws such as the conservation of energy, the forces that act in the vehicle and the 2nd law of Newton, and applying the knowledge acquired.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Sistemas de propulsão de veículos terrestres: com motor de combustão interna; com motor eléctrico e bateria; com motor eléctrico e célula de combustível; híbridos eléctricos.

Requisitos de potência de veículos automóveis. Ciclos de condução normalizados.

Motores de Combustão Interna. Ciclos termodinâmicos ideais e reais para motores de ignição por faísca e de ignição por compressão de 2 e de 4 tempos. Parâmetros de projeto e de operação de motores. Emissões de poluentes e de ruído dos motores de combustão interna e de veículos automóveis.

Motores eléctricos: Motores síncronos de ímans permanentes. Motores de indução. Motores de relutância variável. Células de combustível.

Sistemas de armazenamento de energia eléctrica: Baterias e condensadores.

Sistemas de propulsão de aeronaves: Motor de combustão interna e hélice; Turbo-hélice; Turbofan; Turbojato; Ramjet; Scramjet; Motor Foguete.

4.4.5. Syllabus:

Propulsion systems of terrestrial vehicles: with internal combustion engine; with battery and electric motor; with fuel

cell and electric motor; hybrid electric.

Power requirements of automotive vehicles. Normalized driving cycles.

Internal combustion engines. Ideal and real cycles of two-stroke and four-stroke spark ignition and compression ignition engines. Engine design and operating parameters. Internal combustion engine and automotive vehicle pollutant and noise emissions.

Electric motors: Permanent magnet synchronous motors; induction motors; Variable reluctance motors.

Fuel cells.

Electric energy storage systems: Batteries and capacitors.

Aircraft propulsion systems: Internal combustion engine and propeller; Turboprop; Turbofan; Turbojet; Ramjet; Scramjet; Rocket motor.

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

A apresentação dos componentes, da arquitetura e dos princípios de funcionamento de diferentes tipos de sistemas de propulsão e dos seus componentes de veículos terrestres e de aeronaves permite a aquisição de conhecimentos de base nestas áreas para a sua caracterização e análise de funcionamento. A apresentação das equações que permitem determinar os requisitos de potência de veículos terrestres, das características dos ciclos de condução normalizados e das equações que permitem a modelação dos ciclos de condução constituem as bases de conhecimentos para os alunos modelarem o funcionamento e o desempenho de sistemas de propulsão. São estudadas os parâmetros de operação e desempenho, as limitações de operação e o comportamento em carga e descarga dos sistemas de armazenamento de energia eléctrica. Os problemas teórico-práticos propostos aos alunos constituem as oportunidades para os alunos aplicarem os conhecimentos adquiridos para a resolução de problemas práticos de engenharia.

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

The presentation of the components, architecture and the operating principles of different types of propulsion systems and their components of terrestrial vehicles and aircraft allows the acquisition of basic knowledge in these areas for their characterization and analysis of operation. The presentation of the equations that allow to determine the power requirements of terrestrial vehicles, of the characteristics of the normalised driving cycles and of the equations that allow the modeling of the driving cycles are the base knowledge used by the students to model the operation and performance of propulsion systems. The operation and performance parameters, the operating limits, and the behaviour in charge and discharge of the electric energy storage systems are studied. The theoretical and practical problems proposed to the students are the opportunities given to the students to apply the knowledge acquired to solve practical engineering problems.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Na metodologia seguida na aulas teóricas começa-se por motivar o aluno e em seguida expõem-se as matérias de forma intelegível, utilizando meios audiovisuais. Procura-se desenvolver as capacidades de análise e simulação dos sistemas de propulsão e seus componentes utilizando as leis fundamentais.

Nas aulas teórico-práticas realiza-se a análise e resolução de problemas teóricos e práticos de engenharia onde se aplicam os conhecimentos teóricos.

Método de avaliação:

2 Relatórios de trabalhos de simulação numérica, 15 %

8 Relatórios de resolução de problemas, 20 %

Frequência ou Exame, 65 %.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The methodology followed in the lectures consists first to motivate the student and secondly to present the subject in an understandable way using audiovisual media. It is aimed to develop the student analysis and simulation capacities of propulsion systems and its components using fundamental laws.

In theoretical and practical classes is performed the analysis and solving of theoretical and practical engineering problems where the theoretical knowledge is applied.

Evaluation method:

2 Numerical simulation practical work reports, 15 %

8 Problem solving reports, 20 %

Midterm Exam or Exam, 65 %.

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

Os alunos são encorajados a explorar a literatura sobre o conteúdo programático da disciplina. Pretende-se motivar os alunos para a aprendizagem das matérias à medida que são leccionadas e desenvolvam as suas capacidades de forma autónoma, e criativa, que lhes permita ter uma visão global e oportuna à abordagem de análise de sistemas de propulsão. Em 8 das 14 semanas de aulas são dados aos alunos 1 problema teórico-práticos para resolverem em casa e cujo relatório de resolução tem de ser entregue. Durante as aulas, a exposição do docente é intercalada com a apresentação de exemplos comuns de aplicação dos conceitos. Nas aulas práticas, são enunciados, identificados, analisados e resolvidos problemas com um cariz tão próximo quanto possível da prática em engenharia. Desde o início

do período lectivo que o aluno dispõe dos enunciados dos problemas, de uma colectânea de exames resolvidos e de uma compilação de diversos materiais de apoio adicionais.

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

Students are encouraged to explore the literature on the course syllabus. Classes intend to motivate students in learning the lectured material while developing their skills autonomously, creatively, allowing them a global and timely vision of current approaches to the analysis of propulsion systems. In 8 of the 14 weeks of classes one theoretical-practical problem is given to the students to solve at home and for which a written report of the solution must be delivered. During classes, teaching is intercalated with the presentation of common examples to applied the concepts learned. In practical classes, the enunciation, identification, analysis and solving of problems is, as close as possible, to engineering practice. Since the beginning of classes, students have available a collection of problems, solved exams and a compilation of several additional support materials to be used during classes.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Por ordem de consulta sugerida (By suggested consultation order):

- *Guzella, L., Sciarretta, A. "Vehicle Propulsion Systems. Introduction to Modeling and Optimization", 3rd Ed., Springer Verlag, 2013.*
- *Barlow, T.J., Latham, S., McCrae, I.S., Boulter, P.G., "A reference book of driving cycles for use in the measurement of road vehicle emissions", PPR354, TRL Limited, Berkshire, UK, June 2009.*
- *Heywood, J.B., "Internal Combustion Engine Fundamentals", McGraw-Hill, 1988.*
- *Dicks, A.L., Rand, D.A.J., "Fuels Cells Explained", 3rd Ed., John Wiley & Sons, 2018.*
- *Pistoia, G., Liaw, B., (eds.), "Behaviour of Lithium-Ion Batteries in Electric Vehicles", Springer Verlag, 2018.*
- *White, F.M., "Fluid Mechanics" 8th Ed., McGraw-Hill, 2016.*
- *Mattingly, J.D., "Elements of Gas Turbine Propulsion", American Institute of Aeronautics and Astronautics, 2005.*
- *Sutton, G.P., Biblarz, O., "Rocket Propulsion Elements, 9th Ed., John Wiley and Sons, 2017.*

Mapa IV - Investigação Operacional

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Investigação Operacional

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Operational Research

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

CE

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

81

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP-28

4.4.1.6. ECTS:

3

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):

Telmo Miguel Pires Pinto (TP- 20 h)

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

Samuel de Oliveira Moniz (TP- 8 h)

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

O principal objetivo desta unidade curricular é o de dotar os alunos de conhecimentos de modelação matemática e de ferramentas de otimização para problemas reais e complexos na área de engenharia de sistemas, com aplicações na indústria, economia, saúde, ambiente, entre outras áreas.

Com os conhecimentos adquiridos nesta unidade curricular, os alunos deverão ser capazes de compreender a importância dos modelos de programação matemática e dos métodos de resolução mais relevantes e mais eficientes. É dado especial destaque à resolução de casos de estudo reais com recurso a linguagens de modelação e software de otimização, bem como à análise crítica dos resultados obtidos. Os alunos deverão adquirir competências para identificar e formular problemas de otimização, bem como para selecionar quais os métodos quantitativos e ferramentas analíticas a serem utilizados na resolução dos problemas de acordo com as suas especificidades.

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

The main objective of this unit is to provide to the students the knowledge of mathematical modeling and optimization tools for real and complex problems in systems engineering, with applications in industry, economics, health, environment, among other areas.

With the knowledge acquired within this unit, students should be able to understand the importance of the mathematical programming models and the most suitable and efficient solution methods. Particular emphasis is given to the solution of real case studies using modeling languages and optimization software, as well as to the critical analysis of the obtained results. Students should acquire skills to identify and formulate optimization problems, as well as to select which quantitative methods and analytical tools to be used to solve problems according to their specificities.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. Programação Linear: formulação de modelos de Programação Linear e aplicações. Aspectos geométricos. O método Simplex. Análise de sensibilidade. Teoria da dualidade.

2. Programação Inteira: modelos, aplicações e métodos de resolução. Método de Partição e avaliação e método de planos de corte.

3. Otimização de fluxos em rede: modelos e aplicações. Problema de transportes, Problema de afetação, Problema de caminho mais curto, Problema de fluxo de custo mínimo.

4.4.5. Syllabus:

1. Linear Programming: formulation of Linear Programming models and applications. Geometry of linear programming. The Simplex method. Sensitivity analysis. Duality theory.

2. Integer Programming: models, applications, and solution methods. The branch-and-bound method and the cutting-plane method.

3. Network flow optimization: models and applications. Transportation problem, Assigning problem, Shortest path problem, Minimum-cost flow problem.

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

Os conteúdos programáticos desta unidade curricular consistem nos modelos de programação matemática e métodos comumente utilizadas em investigação operacional para resolução de problemas de otimização combinatorial de grande dimensão. A apresentação de aplicações de programação linear, programação inteira e de otimização em redes repercute-se no aumento da abstração do aluno e na facilidade na identificação de problemas semelhantes em contexto real. Por outro lado, os alunos experienciam técnicas de modelação bem como ferramentas e packages de otimização para a resolução adequada de problemas reais e de grande dimensão. Esta prática fornece ao aluno competências para o desenho de soluções apropriadas para os problemas a abordar no contexto do seu desempenho profissional.

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

The syllabus of this unit consists of the mathematical programming models and methods commonly used in operational research to solve large-size combinatorial optimization problems. The presentation of linear programming, integer programming, and network optimization applications has an impact on the student's increased abstraction and the ease in identifying similar problems in the real context. On the other hand, students experience modeling techniques as well as optimization tools and packages for proper solutions for real and large-size problems. This practice provides student's skills in designing appropriate solutions to the problems to be addressed in the context of their professional execution.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

São adotadas essencialmente duas metodologias de ensino. A metodologia expositiva centra-se na apresentação dos

principais conceitos, modelos de programação matemática, as suas aplicações e técnicas de otimização. Na metodologia experimental, os alunos são motivados para a resolução, sozinhos e em grupo, de exercícios de aplicação e de casos de estudo reais, utilizando linguagens de modelação de packages de otimização. Pretende-se também que a vertente experimental promova a análise crítica e de discussão na interpretação das soluções obtidas.

Frequência - 60%

Projeto - 40%

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Mainly, two teaching methodologies are adopted. The explanation method focuses on the presentation of the main concepts, mathematical programming models, their applications, and optimization techniques. In the experimental methodology, the students are motivated to solve, alone and within a group, application exercises and real case studies, using optimization package and modeling languages. It is also expected that the experimental issue promotes both the critical analysis and the discussion while interpreting the obtained solutions.

Midterm exam - 60%

Project - 40%

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

As aulas de índole teórico-prática permitem a integração dos métodos de ensino propostos. Neste sentido, a resolução de exercícios de aplicação ou casos de estudo com recurso a ferramentas computacionais é efetuada de forma concomitante ou contígua do seu enquadramento teórico. Além do carácter motivador, os alunos desempenham desta forma um papel ativo na aquisição de conhecimento adquirido por prática de modelação matemática e de ferramentas de suporte à tomada de decisão para problemas complexos. A adoção de casos reais ou semelhantes promove as faculdades do aluno e dota-o de uma experiência semelhante a um decisor em contexto real.

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

Theoretical-practical classes allow the integration of the proposed teaching methods. In this sense, the solution of application exercises or case studies using computational tools is performed concomitantly or contiguously with their theoretical background. In addition to the motivational perspective, students play an active role in the acquisition of knowledge acquired through the practice of mathematical modeling and decision support tools for complex problems. Adopting real or similar cases promotes the student's abilities and provides them a similar experience to the one of a decision-maker in the real context.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

H. A. Taha, Operations Research: An Introduction, 10th edition, Pearson, 2017

-F. Hillier, G. Lieberman. Introduction to Operations Research. McGraw-Hill, 10th Edition, 2015.

- R. C. Oliveira, J. S. Ferreira, Investigação operacional em ação: casos de aplicação. Imprensa da Universidade de Coimbra, 2014.

- H. Williams. Model building in mathematical programming, 5th edition, John Wiley & Sons, 2013.

- W. Winston, J. Goldberg. Operations Research: Applications and Algorithms, 4th edition, Cengage Learning, 2003.

- C. H. Antunes, L.V. Tavares, "Casos de Aplicação da Investigação Operacional", McGraw-Hill, 2000.

Mapa IV - Análise de Estruturas Avançada

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Análise de Estruturas Avançada

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Analysis of Advanced Structures

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

CEM

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

4.4.1.5. Horas de contacto:

T - 28; TP - 28

4.4.1.6. ECTS:

6

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):

Ricardo Nuno Madeira Soares Branco (T - 28; TP - 28)

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 objetivos principais dotar os alunos de ferramentas fundamentais inerentes à análise de estruturas avançadas. Mais especificamente, pretende-se que os alunos adquiram competências que lhes permitam estabelecer relações constitutivas em elasticidade anisotrópica; analisar o comportamento ao nível micro e macromecânico; selecionar critérios de rotura e métodos de dimensionamento; e desenvolver modelos numéricos para estruturas avançadas.

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

The primary purpose of this course is to provide the students with a comprehensive understanding of the key concepts associated with the analysis of advanced structures. More specifically, the course provides students with skills that allow them to establish relationships for anisotropic elasticity; analyse the mechanical behaviour at micro and macro levels; select failure criteria and design methods; and develop numerical models for advanced structures.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. Introdução: classificação, terminologia, aplicações, e conceitos base. 2. Comportamento macromecânico de lâminas: anisotropia elástica, relações constitutivas de materiais anisotrópicos, monoclinicos, ortotrópicos, transversalmente isotrópicos, e isotrópicos; efeitos higrotérmicos. 3. Comportamento micromecânico das lâminas: materiais constituintes, fração volúmica, fração mássica, densidade, e presença de vazios e porosidades; relação entre propriedades dos constituintes e propriedades dos materiais compósitos; determinação experimental das propriedades mecânicas; teoria clássica de vigas laminadas e teoria de primeira ordem. 4. Comportamento macromecânico de compósitos laminados: relações tensão-deformação; relações tensão-deformação higrotérmicas; critérios de rotura; efeitos ambientais; resistência ao impacto, à fratura e à fadiga; modelação numérica pelo método dos elementos finitos; e estudo de casos.

4.4.5. Syllabus:

1. Introduction: classification, terminology, applications and background concepts. 2. Macro-mechanical behaviour of a lamina: elastic anisotropy, constitutive relationships of anisotropic, monoclinic, orthotropic, transversally isotropic, and isotropic materials; hygrothermal effects. 3. Micro-mechanical behaviour of a lamina: constituent materials, volume fraction, mass fraction, density, and void and porosity contents; relationship between properties of constituent materials and properties of composite materials; experimental determination of mechanical properties; classical theory of laminate beams; first order theory. 4. Macro-mechanical behaviour of a laminate: stress-strain relationships; hygrothermal stress-strain relationships; failure criteria; environmental effects; impact resistance, fracture resistance, and fatigue resistance; numerical modelling using the finite element model; cases study.

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

A unidade curricular começa por abordar as relações constitutivas em anisotropia elástica necessárias para a correta assimilação dos conceitos fundamentais da mecânica de estruturas avançadas. Numa segunda fase, aprofunda-se o estudo do comportamento mecânico segundo perspectivas micromecânicas e macromecânicas, com vista à compreensão dos principais mecanismos de rotura e modelos de dimensionamento usados neste tipo de estruturas. Por fim, dá-se ênfase à simulação numérica pelo método dos elementos finitos de modo a consolidar os conhecimentos lecionados e fomentar a autonomia do estudante.

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

The course begins with the introduction of the constitutive relationships for elastic anisotropy necessary to understand the fundamental concepts of the mechanics of advanced structures. In a second stage, aiming at strengthening the knowledge on the main failure mechanics as well as on the main structural design models, the mechanical behaviour is studied at macro and micro levels. Finally, the emphasis is placed on the finite element modelling in order to improve the overall knowledge and to encourage the student autonomy.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Nas aulas teóricas, são apresentados e discutidos os conteúdos programáticos da unidade curricular. Nas aulas teórico-práticas, resolvem-se problemas-chave com acompanhamento tutorial. São também propostos problemas para realização fora da sala de aula, complementares dos resolvidos em sala de aula e orientadores do trabalho autónomo. A modelação numérica de estruturas avançadas é efetuada usando software comercial de elementos finitos. Exame final - 100%

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The theoretical lectures aim to introduce the topics covered by the course. In the theoretical-practical classes, key-problems are solved by the students with tutorial supervision. Outside the classroom, students are encouraged to solve additional problems, complementary to those addressed in the classroom, to stimulate the autonomy. The finite element modelling of advanced structures is performed using commercial software. Final exam - 100%

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

As metodologias de ensino da unidade curricular têm como objetivo principal fortalecer o conhecimento na área da mecânica de estruturas avançadas. O conhecimento de base é fortalecido nas aulas teóricas que são ministradas de forma expositiva. O conhecimento de base é aplicado nas aulas teórico-práticas permitindo a resolução de problemas, com cariz mais aplicado, e de uma forma mais sistemática e estruturada. A modelação numérica de estruturas avançadas com recurso a software comercial consolida a compreensão dos conceitos ministrados e promove a autonomia e a capacidade crítica do estudante.

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

The teaching methodologies of the course are designed to strength the knowledge in the field of the mechanics of advanced structures. The core concepts are outlined in the theoretical lectures taught in a teacher-centred approach. This base knowledge is applied in the theoretical-practical classes to solve problems of an applied nature in a more systematic and structured manner. The numerical modelling of advanced structures using commercial software promotes the full understanding of the concepts addresses in the lectures, and improves the student autonomy and its critical skills.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

*R.P. Leal (2005). Materiais Compósitos. Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Coimbra. A.K. Kaw (2006). Mechanics of Composite Materials. CRC Press. ISBN 0849313430.
R. Jones (1999). Mechanics of Composite Materials. CRC Press. ISBN: 9781560327127.
I.M. Daniel, O. Ishai (2006). Engineering Mechanics of Composite Materials. Oxford University Press. ISBN: 9780195150971.
C. Decolon (2002). Analysis of Composite Structures. Butterworth-Heinemann. ISBN: 9781903996027.
F.L. Matthews, G.A. Davies, D. Hitchings, C. Soutis (2000). Finite Element Modelling of Composite Materials and Structures. Woodhead Publishing. ISBN: 9781855734227.
V.V. Vasiliev, E.V. Morozov (2018). Advanced Mechanics of Composite Materials and Structures. Elsevier. ISBN 9780081022092.
Neto, M.A.; Amaro, A.; Roseiro, L.; Cirne, J.; Leal, R., Engineering computation of structures: the finite element method. Springer, 2015*

Mapa IV - Complementos de Orgãos de Máquinas

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Complementos de Orgãos de Máquinas

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Machine Elements Complements

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

CEM

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

4.4.1.5. Horas de contacto:

T-28; TP-28

4.4.1.6. ECTS:

6

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 Domingos Moreira da Costa (T-28; TP-28)

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 os alunos de um conhecimento vasto e integrador de capacidade de cálculo de componentes mecânicos em projectos que envolvam, molas, acoplamentos por aperto com ou sem rotação, transmissões de potência ou energia em regimes contínuo e transitório. São apresentados métodos de cálculo para elementos de transmissão mecânica por engrenagens, freios e embraiagens. No final da disciplina, o aluno será capaz de: fazer o dimensionamento destes elementos de máquinas, baseado em métodos analíticos e software específico; desenvolver o sentido crítico e estabelecer estratégias de optimização de projecto.

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

Provide students with a broad and integrative capacity calculation of mechanical components in projects involving, springs, mounts with clamping of stationary and rotary discs, transmissions of power or energy in continuous and transitional regimes. Calculation methods are presented for gear transmissions, brakes and clutches. At the end of the course, students will be able to: make the design of these machine elements, based on analytical methods and dedicated software, developing a critical sense and establish strategies to optimize design.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- Molas. Tipos de molas. Tensões e deflexões. Materiais. Estabilidade. Cálculo à fadiga, Frequência crítica.*
- Montagens com aperto. Discos rotativos montados com aperto. Volantes de inércia: equações de Lamé e suas aplicações.*
- Transmissões por engrenagens. Engrenagens cilíndricas: estudo aprofundado da correcção de dentado para eliminar interferência de talhagem e equilibrar os escorregamentos específicos. Engrenagens cónicas: análise dinâmica. Trens epicicloidais. Diferencial e caixas de velocidades de automóveis. Cálculo de capacidade de carga de rodas dentadas; ISO 6336. Demonstração e uso do software KISSsoft*
- Engrenagem parafuso sem fim/roda helicoidal: Rendimento. Método prático de dimensionamento segundo a norma BS721.*
- Freios e embraiagens: parâmetros de desempenho, análise dinâmica, classificação, dimensionamento, materiais utilizados na guarnição.*

4.4.5. Syllabus:

- Springs. Types of springs. Stresses and deflections. Materials. Stability. Fatigue evaluation. Critical Frequency*
- Mounts with clamping. Clamping mounted rotary discs. Flywheels: Lamé equations and their applications.*
- Gear transmissions. Cylindrical Gears: In-depth study of toothed correction to eliminate interference and to balance specific slips. Bevel Gears: Dynamic Analysis. Epicyclic trains. Differential and car gearboxes. Calculation of gear load capacity; ISO 6336. Demonstration and use of KISSsoft software*
- Worm gear. Efficiency. Practical method of design according to BS721.*
- Brakes and clutches: Performance parameters, Dynamic analysis, Classification. Load capacity calculation. Friction*

materials.

- 4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**
O tronco fundamental do programa da disciplina, procura aprofundar competências no cálculo de transmissões mecânicas por engrenagens cilíndricas, sem-fim e de rodas cónicas, bem como alguns elementos de máquinas fundamentais, mas que não puderam ser incluídos nos programas de disciplinas ministradas anteriormente no curso. Além dos conceitos necessários para a compreensão dos aspectos relacionados com cinemática e dinâmica, são também analisados aspectos relacionados com a análise de esforços aplicados, tensões e deformações e parâmetros tecnológicos, tendo em vista evitar a ocorrência dos potenciais modos de falha. Nalguns casos recorre-se ao uso de normas internacionais e de software específico para o dimensionamento, enquanto que noutros casos são utilizados os métodos analíticos ministrados nas aulas teóricas.
- 4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**
The course syllabus covers mechanical worm gear and bevel gear transmissions, and some key machine elements, but which could not be included in the course syllabus given later in the course. In addition to the concepts necessary to understand the aspects related to kinematics and dynamics, aspects related to the analysis of applied efforts, stresses and deformations, technological parameters are also analyzed in order to avoid the occurrence of potential failure modes. In some cases the use of international standards and specific software for sizing is used, while in other cases the analytical methods given in the lectures are used.
- 4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**
*As aulas decorrem em regime teórico e teórico-prático. Nas aulas teóricas expõem-se os conceitos fundamentais sob a forma de conferências com recurso a transparências e meios multimédia. Nas teórico-práticas aplicam-se os conceitos ministrados nas aulas teóricas na resolução de problemas concretos e procura-se que o aluno tenha uma participação activa sugerindo estratégias de resolução dos problemas propostos.
 Exame final - 100%*
- 4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):**
*Classes take place in theoretical and theoretical-practical scheme. In the lectures sets out the fundamental concepts in the form of lectures using transparencies and multimedia. In the theoretical-practical apply the concepts taught in lectures to solve practical problems and demand that the student has an active participation suggesting strategies for solving the problems posed. Students should also do a small project that includes the equipment of a vast majority of machine elements analyzed in the curriculum.
 Final exam - 100%*
- 4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**
Durante as aulas teóricas são expostos e colocados à disposição dos alunos textos elaborados para o efeito com recurso a transparências. Estes textos são notas retiradas da literatura especializada e reflectem a perspectiva e experiência dos docentes nestes temas. Está ainda à disposição dos alunos um livro de texto intitulado "Projecto de Órgãos de Máquinas", de que os docentes são co-autores. Os alunos são também encorajados a pesquisar literatura sobre o conteúdo programático da disciplina. A preparação e apresentação das aulas obedecem a uma programação bem definida e seguem o conceito tradicional de aulas teóricas e teórico-práticas..
- 4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**
During the lectures are exposed and available to students texts designed for that purpose using transparencies. These are notes taken from the literature and reflect the perspective and experience of teachers in these subjects. It is still available to students a textbook titled "Mechanical Design of Machine Elements", that teachers are co-authors. Students are also encouraged to research literature on the syllabus of the course. The preparation and presentation of lessons follow a well-defined programming and follow the traditional concept of theoretical and theoretical-practical lectures.
- 4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**
- C.M. Branco, J.A.M. Ferreira, J.D.M. Costa e A. Ribeiro "Projecto de Órgãos de Máquinas", Ed. Fundação C. Gulbenkian, 2008.
 - R. C. Juvinal, K. M. Marshek, "Fundamentals of Machine Component Design", Ed. John Wiley & Sons, 1991.
 - J. R. Shigley, C. R. Mischke, "Mechanical Engineering Design", McGraw-Hill International Edition, 1989.
 - R. L. Norton, "Machine Design – an Integrated Approach", Ed. Prentice Hall Inc., 1996.
 - G. Niemann, Elementos de Máquinas, Editora Edgard Blucher Ltda, São Paulo, Brazil.
 - G. Henriot, Traité Théorique et Pratique des Engrenages, Vol. 1 "Théorie et Technologie", 6ª ed, 1979.
 - International Standard 6336/2006, Calculation of Load Capacity of Spur and Helical Gears.
 - BS721 – British Standard Specification for Worm Gearing, part 2, Metric Units, British Standard Institution.
 - Software Autodesk Inventor, KISSoft, 1993

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:

CE

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

4.4.1.5. Horas de contacto:

T - 28; PL - 28

4.4.1.6. ECTS:

6

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):

Fausto Freire (T - 28; PL - 28)

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 principal objetivo apresentar e desenvolver conceitos fundamentais e as principais ferramentas de Ecologia Industrial, com destaque para a metodologia de Avaliação de Ciclo de Vida (ACV), mas referindo outras complementares (e.g., Análise de Fluxos de Materiais). Pretende-se que os alunos desenvolvam competências para: Elaborar e apresentar uma proposta de um projeto de ACV, incluindo revisão de literatura de estudos similares; Realizar a ACV para o sistema produto selecionado, utilizando ferramentas computacionais e bases de dados; Desenvolver e implementar um modelo e inventário de CV, definindo o “objetivo e âmbito” e cenários para analisar. Entender o problema da multifuncionalidade, qualidade dos dados e diferentes tipos de incerteza. Implementar alocação e expansão do sistema. Avaliar impactes de CV e apresentar os resultado do ACV realizado, incluindo uma discussão crítica.

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

The learning outcomes aim to enable students to understand Industrial Ecology and its main tools, namely the Life Cycle Assessment (LCA) methodology, but also others (e.g. Material Flow Analysis). The students will learn how to: Prepare and present a proposal of an LCA project, including a critical review of similar studies. Implement an LCA for a selected product system, using a life cycle software and databases. Develop and implement a life cycle model and inventory. Define the goal and scope and scenarios to be assessed. Understand the the multifunctionality problem, data quality and different types of uncertainty. Perform allocation and system expansion. Assess LC impacts and present the LCA results obtained, including a critical interpretation.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- A Ecologia Industrial e a Sustentabilidade. Introdução às ferramentas de Ecologia Industrial.

- *Avaliação (ambiental) de Ciclo de Vida (ACV): Metodologia e aplicações. Resolução de exercícios.*
- *Extensões ao formato clássico da ACV, incluindo a Avaliação da Sustentabilidade de Ciclo de Vida.*
- *Preparação de uma proposta e implementação de um projeto de ACV. Desenvolvimento de um modelo de ciclo de vida e implementação da ACV com recurso a ferramentas computacionais.*

4.4.5. Syllabus:

- *Industrial Ecology and Sustainability. Introduction to Industrial Ecology tools.*
- *Environmental Life Cycle Assessment (LCA): Methodology and Applications. Resolution of Exercises.*
- *Extensions to the classic format of LCA, including Life Cycle Sustainability Assessment.*
- *Preparation of an LCA proposal and implementation of an LCA project. Developing a life-cycle model and implementing the LCA project using software.*

4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular: *Os conteúdos programáticos estão orientados para conferir ao estudante conhecimentos para desenvolver conceitos fundamentais e trabalhar com as principais ferramentas de Ecologia Industrial, com destaque para a metodologia de Avaliação de Ciclo de Vida (ACV). Os conteúdos estão também orientados para o estudante desenvolver e realizar uma aplicação prática de Avaliação de Ciclo de Vida, com recurso a ferramentas computacionais, incluindo capacitar os alunos a desenvolver um modelo de ciclo de vida e a implementar um estudo de ACV a um produto selecionado, incluindo uma interpretação crítica dos resultados e principais simplificações.*

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

The syllabus is designed to give the student the ability to understand and develop the concept of Industrial Ecology (IE), and work with the main IE tools, with emphasis on Life Cycle Assessment. The syllabus is also designed to prepared the students for the practical application of Life Cycle Assessment using computational tools, namely by developing a life cycle model and implement a Life Cycle Assessment (LCA) study of a selected product system, including a critical interpretation of results and main assumptions.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas teóricas (T): Exposição teórica da matéria estimulando o pensamento crítico.

Aulas práticas (PL): Resolução de exercícios, exposição dos temas em debate e apresentação de artigo ou estudo de LCA. Desenvolvimento de um projeto com recurso a ferramentas computacionais. Apresentação e discussão da proposta e dos resultados do projeto de ACV. A participação nas aulas de cada aluno é objeto de avaliação.

Avaliação periódica sem exame final, com base num teste escrito (32,5%), projeto de ACV (60%) e em apresentações na aulas (7,5%).

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Theoretical lectures (T): oral exposition of the defined topics.

Practical lectures (PL): Resolution of exercises, presentations of paper and of the topics under discussion.

Development of a project using computational tools. Presentation and discussion of the proposal and results of the LCA project. The participation of each student in the class is graded.

Grading without final exam, based on a written test (32.5%) a LCA project (60%) and presentations in class (7.5%).

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

A unidade curricular está estruturada no sentido de promover a participação ativa do aluno através do seu trabalho autónomo, e também do trabalho em grupo. O estímulo para participação na aula através da resolução de problemas, e da discussão oral, destina-se a promover a resolução de problemas em grupo, e a desenvolver a capacidade de expressão oral. O incentivo à participação nas discussões, e conseqüente avaliação, procura premiar o desenvolvimento de espírito crítico, também na análise de estudos sobre Ecologia Industrial e projetos de Avaliação de Ciclo de Vida, incluindo uma pesquisa de projetos ou estudos científicos realizados internacionalmente, de modo a ter contacto e colocar em prática a aplicação dos conhecimentos adquiridos num contexto de aplicação prática de engenharia.

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

The course is structured to promote the active participation of the student through their autonomous work, as well as group work. The stimulus for class participation through problem solving and oral discussion is designed to promote group problem solving and to develop oral expression skills. The incentive to participate in the discussions, and consequent evaluation, seeks to reward the development of critical spirit, also in the analysis of studies on Industrial Ecology and Life Cycle Assessment projects, including a research of projects or scientific studies carried out internationally, in order to have contact and put into practice the application of knowledge gained in the context of practical engineering application.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- Brunner, P and Rechberger, H (2003) Practical Handbook of Material Flow Analysis. Lewis Publishers*
Clift, R & Druckman, A. (eds) (2016). Taking Stock of Industrial Ecology.
Ferrão, P. (1998) Introdução à Gestão Ambiental. A avaliação do ciclo de vida de produtos. IST Press
Ferrão, P. (2009) Ecologia Industrial. Princípios e ferramentas. Instituto Superior Técnico (ed)
Freire, F. (2019). Industrial Ecology: course Guidelines. FCTUC. Universidade de Coimbra.
Graedel, T. and Allenby, B. (2010) Industrial Ecology and Sustainable Engineering. Prentice Hall
Guinée, J. et al. (2001) Life cycle assessment: an operational guide to the ISO standards, Centre of Env. Science, Univ. of Leiden, Kluwer
Heijungs, R. and Suh, S. (2002) The computational structure of life cycle assessment. Kluwer Academic Pub.

Mapa IV - Fabricação subtrativa e aditiva

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Fabricação subtrativa e aditiva

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Subtractive and additive manufacturing

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

CEM

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

4.4.1.5. Horas de contacto:

T - 28; PL - 28

4.4.1.6. ECTS:

6

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):

Altino de Jesus Roque Loureiro (T – 16; PL - 10)

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

Ana Paula da Fonseca Piedade (T – 8; PL - 8)

Pedro Mariano Simões Neto (T – 4; PL - 10)

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

O objetivo da unidade curricular é fornecer competências consideradas complementares na área das tecnologias subtrativas e aditivas, de modo a proporcionar ao aluno autonomia na conceção e fabrico de componentes mecânicos, com recurso a estas tecnologias.

No final da unidade curricular o aluno deverá: (1) conhecer os sistemas CAD/CAM mais usuais e saber utilizar as suas funções; (2) conhecer os princípios base de sistemas de comando numérico e de máquinas ferramentas associadas; (3) desenvolver programas de comando numérico para operações de maquinagem e de fabrico aditivo.

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

The aim of the curricular unit is to provide skills considered complementary in the area of subtractive and additive technologies, in order to provide the student with autonomy in the design and manufacture of mechanical components,

using these technologies.

At the end of the curricular unit the student should: (1) know the most usual CAD/CAM systems and know how to use their functions; (2) know the basic principles of numerical control systems and the associated machine tools; (3) develop numerical command programs for machining and additive manufacturing operations.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. *Tecnologia de processos de corte e maquinaria não convencionais.*
2. *Seleção de ferramentas e parâmetros de corte.*
3. *Sistemas de controlo de máquinas.*
4. *Controlo numérico computadorizado (CNC).*
5. *Fabrico assistido por computador (CAM).*
6. *Tecnologias de fabrico aditivo.*

4.4.5. Syllabus:

1. *Unconventional cutting and machining processes.*
2. *Selection of tools and cutting parameters.*
3. *Machine control systems.*
4. *Computer numerical control (CNC).*
5. *Computer Aided Manufacturing (CAM).*
6. *Additive manufacturing technologies.*

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

A unidade curricular está estruturada para que os alunos, numa primeira fase, adquiram conhecimentos acerca de alguns processos não convencionais de corte e maquinaria. A seleção de ferramentas e parâmetros de corte é abordada de seguida, bem como os sistemas de controlo de máquinas. Numa terceira fase são transmitidos conhecimentos que permitem ao aluno adquirir competências em sistemas CNC e CAM. Finalmente, são transmitidos conceitos fundamentais acerca das tecnologias de fabrico aditivo. Assim, todos os objetivos definidos para a unidade curricular são cumpridos com o programa proposto.

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

The curricular unit is structured so that students, in a first phase, acquire knowledge about some unconventional cutting and machining processes. The selection of tools and machining parameters is then addressed, as well as the machine control systems. In a third phase, knowledge is transmitted that allow the student to acquire skills in CNC and CAM systems. Finally, fundamental concepts are transmitted about additive manufacturing technologies. Thus, all objectives defined for the curricular unit are met with the proposed program.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As aulas decorrem em regime teórico e teórico-prático. Nas aulas teóricas são apresentados os conceitos e as tecnologias associadas aos conceitos. Nas aulas práticas são detalhados mais alguns aspetos das tecnologias com recurso a audiovisuais e realizados exercícios de aplicação em sala e laboratório. Os alunos têm uma participação ativa em todo o processo formativo, sendo solicitados para apresentar e discutir as soluções encontradas para os problemas e trabalhos distribuídos. As aulas práticas são ainda complementadas com visitas a empresas.

Frequência ou Exame - 60%

Projeto - 40%

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The classes take place in theoretical and theoretical-practical regime. In theoretical classes the concepts and technologies associated with concepts are presented. In practical classes some more aspects of technologies using audio-visual and performed application exercises in the room and laboratory are detailed. Students have an active participation throughout the formative process, being asked to present and discuss the solutions found for the problems and distributed work. Practical classes are also complemented with visits to companies.

Midterm exam or Exam - 60%

Project - 40%

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

A compreensão pelos alunos destas tecnologias requer que conheçam os princípios teóricos que lhe estão subjacentes, assim como o modo como podem ser aplicadas e as limitações que apresentam. As aulas teóricas fornecem a base para a compreensão dos princípios e as aulas práticas e visitas às empresas permitem interiorizar as aplicações e perceber as limitações que cada tecnologia apresenta. Além disso, devem resolver problemas práticos que obrigam a uma pesquisa das soluções mais adequadas, e que contribuem para melhorar a capacidade expositiva (escrita e oral) bem como a argumentação.

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

The student's understanding of these technologies requires that they acquire knowledge regarding the theoretical principles that underlie them, as well as how they can be applied and the limitations they present. Theoretical classes provide the basis for understanding the principles and practical classes and visits to companies allow to internalize applications and perceive the limitations that each technology presents. In addition, exercises and home works require research in the literature, commerce and industry of the most appropriate solutions, allowing to improve the written and oral expositive ability, as well as argumentation.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

H.A.-G. El-Hofy, Advanced Machining Processes: Nontraditional and Hybrid Machining Processes, McGraw Hill Professional, 2005. ISBN-13: 978-0071453349.

- H.B. Kief, T.F. Waters; Computer Numerical Control, Glencoe/McGraw-Hill, 1992. ISBN: ISBN-13: 9780026764117.

- S. Krar, A. Gill; Computer Numerical Control Programming Basics. Industrial press, inc., 1999. ISBN: 0-8311-3131-4.

- A. Gebhardt; Understanding Additive Manufacturing: Rapid Prototyping - Rapid Tooling - Rapid Manufacturing; Elsevier, 2012. ISBN: 978-3-446-42552-1.

- D.I. Wimpenny, P.M. Pandey, L.J. Kumar (Eds.); Advances in 3D Printing & Additive Manufacturing Technologies, Springer Verlag, 2017. ISBN: 978-981-10-0811-5.

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:

CEM

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

4.4.1.5. Horas de contacto:

T- 28; TP- 28

4.4.1.6. ECTS:

6

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):

Samuel Moniz (T- 28; TP- 28)

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 os fundamentos teóricos para a resolução de problemas operacionais e da cadeia de abastecimento. Após a aprovação nesta unidade curricular, os estudantes deverão ser capazes de:

1) conhecer e aplicar os conceitos fundamentais da gestão de operações, para a resolução de problemas reais em

empresas industriais e de serviços;

- 2) ter uma visão integrada da gestão de operações nas organizações, nomeadamente quanto a conceitos, técnicas e estratégias, bem como ser capaz de identificar e abordar problemas, usando métodos quantitativos para a sua resolução;*
- 3) compreender a necessidade e o papel dos métodos de previsão, do planeamento de inventário e da produção, e do escalonamento das atividades produtivas nos sistemas de produção e cadeias de abastecimento;*
- 4) conhecer e aplicar conceitos e ferramentas lean manufacturing com o objetivo de reduzir desperdícios e aumentar a eficiência dos sistemas de produção.*

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

This course presents the theoretical foundations for solving operational and supply chain problems. Upon successful completion of this course, students should be able to:

- 1) know and apply the fundamental concepts of operations management for solving real industrial and services companies problems;*
- 2) have an integrated view of operations management in organizations, including concepts, techniques and strategies, as well as being able to identify and address problems using quantitative methods to solve them;*
- 3) understand the need and role of forecasting methods, inventory and production planning, and scheduling of operations in production systems and supply chains;*
- 4) Know and apply lean manufacturing concepts and tools to reduce waste and increase the efficiency of production systems.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1. Estratégia, competitividade e produtividade das operações*
- 2. Desenho e análise de sistemas de produção*
- 3. Gestão de inventário*
- 4. Planeamento e escalonamento da produção*
- 5. Gestão de cadeias de abastecimento*
- 6. Lean manufacturing*

4.4.5. Syllabus:

- 1. Strategy, competitiveness and productivity of operations*
- 2. Design and analysis of production systems*
- 3. Inventory Management*
- 4. Production planning and scheduling*
- 5. Supply Chain Management*
- 6. Lean manufacturing*

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

Esta unidade curricular irá dotar os alunos com estratégias, táticas e ferramentas para a resolução de problemas operacionais e da cadeia de abastecimento. A unidade curricular começa por analisar o papel da estratégia de operações na competitividade das organizações. De seguida, foca-se no desenho e análise de sistemas de produção através de métodos quantitativos. São discutidos diferentes métodos de previsão e de gestão de inventário. São depois introduzidas as principais abordagens, métodos e ferramentas no âmbito do planeamento da produção. Tais como o planeamento agregado da produção, a gestão de capacidades, o planeamento das necessidades de materiais, a determinação de lotes económicos de produção, o escalonamento e a execução e controlo da produção. Finalmente são abordados os conceitos fundamentais da gestão de cadeias de abastecimento e algumas ferramentas de lean manufacturing.

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

This course will provide students with strategies, tactics and tools for operational and supply chain problem solving. This course begins by analyzing the role of operations strategy in the competitiveness of organizations. It then focuses on the design and analysis of production systems through quantitative methods. Different forecasting and inventory management methods are discussed. The main approaches, methods and tools in production planning are then introduced. Such as aggregate production planning, capacity management, material requirements planning, economic production batch determination, scheduling, and production execution and control. Finally, the fundamental concepts of supply chain management and some lean manufacturing tools are covered.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas teóricas para exposição dos assuntos tratados nas disciplinas. Nestas aulas recorre-se a materiais audiovisuais para ilustrar os conceitos ensinados.

Aulas teórico práticas para resolução de problemas. Os problemas são selecionados de forma a se aproximarem dos que poderão ser encontrados na prática. A resolução de problemas é feita em grupo, estando o docente disponível na aula para ajudar os alunos a ultrapassarem as dificuldades sentidas.

São realizadas visitas de estudo para os alunos verificarem a aplicação prática dos assuntos abordados na disciplina.

Exame - 70%

Resolução de problemas - 10%

Trabalho de síntese - 20%

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Theoretical classes to present the subjects of the curricular unit. In these classes audiovisual materials are used to illustrate the concepts taught.

Practical classes for problem solving. Problems are selected to reflect typical problems that may be found in practice.

Problem solving is done in groups, and the teacher is available in class to help students overcome difficulties.

Study visits are made for students to verify the practical application of the subjects covered in the course.

Exam - 70%

Problem resolving - 10%

Synthesis work - 20%

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

A metodologia de ensino proposta promove a discussão entre alunos dos conceitos ligados à gestão da produção. A resolução de problemas práticos recorrendo às ferramentas ensinadas permitirá que o aluno adquira competências na implementação de medidas conducentes à melhoria do desempenho das organizações.

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

The proposed teaching methodology promotes discussion among students of concepts related to production

management. Solving practical problems using the tools taught will enable the student to acquire skills in implementing measures leading to the improvement of organizational performance.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Krajewski, L. J., Malhotra, M. K., & Ritzman, L. P. (2019). Operations management: Processes and supply chains

Slack, N., Brandon-Jones, A. "Operations Management: 9th Ed., Pearson Education Limited, 2019

Cooke, J. "Operations management: The art and Science of making things happen", Ecademy Press, 2012

Roldão, V. S. e Ribeiro, J. S. (2007) "Gestão de operações – Uma abordagem integrada", Monitor.

Mapa IV - Higiene e Segurança Ocupacionais

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Higiene e Segurança Ocupacionais

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Occupational Hygiene and Safety

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

CE

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

81

4.4.1.5. Horas de contacto:

T-28

4.4.1.6. ECTS:

3

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 Carlos Miranda Góis (T-28)

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 conhecimento dos riscos associados à actividade laboral e a minimização dos seus efeitos sobre a segurança e a saúde dos trabalhadores são tarefas que exigem uma formação específica adequada e um esforço permanente de atualização, capaz de acompanhar a evolução tecnológica e de lidar com os inconvenientes que lhe são próprios. Com esta disciplina pretende-se propiciar aos alunos uma perspectiva ampla sobre a temática da Segurança, Higiene e Saúde no Trabalho. Para além dos aspectos legislativos e da sua aplicação prática na óptica do binómio trabalhador-empregador, incide-se sobre a avaliação dos riscos, a identificação dos meios de prevenção e soluções a adoptar, sejam elas relativas à protecção individual ou à própria concepção do posto de trabalho. Pretende-se ainda transmitir os fundamentos e métodos necessários à caracterização de um conjunto significativo de condições de trabalho, abrangendo um vasto leque de situações comuns a diversos sectores.

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

The knowledge of the risks associated with the work and the minimization of their effects on the health and safety of workers are tasks that require an adequate specific training and a continuous effort to update, able to keep pace with technological developments and to deal with their own disadvantages. This discipline is aimed to provide students with a broad perspective on the field of Occupational Safety, Hygiene and Health (OSH). In addition to the legislative aspects and their practical application in the context of the pair worker-employer, attention is focused on the assessment of the risks, the identification of the means of prevention and the solutions to be adopted, either through individual protection or through the design of the workplace. It is also intended to transmit the foundations and methods required for the characterization of a significant set of working conditions, covering a wide range of situations common to various sectors.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Direito do Trabalho, Análise de Riscos Profissionais, Organização da Segurança, Psicossociologia do Trabalho, Organização do Trabalho, Segurança na Construção, Ergonomia, Riscos de Incêndio, Riscos Biológicos, Riscos de Explosão, Exposição ao Ruído, Vibrações no Corpo Humano, Ambientes Térmicos, Qualidade do Ar, Ventilação Industrial, Ventilação de Cozinhas Industriais

4.4.5. Syllabus:

Labour Law, Risk Assessment, Safety Management, Occupational Psychosociology, Work Management, Construction Safety, Ergonomy, Fire Risks, Biological Hazards, Explosion Risks, Occupational Noise, Human Vibration Moderate and Extreme Environments, Air Quality, Industrial Ventilation, Kitchen Ventilation.

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

Tratando-se de uma área de conhecimento interdisciplinar, a que se reconheceu importância para formação complementar em Engenharia, os conteúdos programáticos procuram incluir temáticas essenciais para transmitir, em 14 seminários de três horas, a informação mínima necessária para a prevenção de riscos ocupacionais em diversos ambientes de trabalho. Procura-se aqui consciencializar os alunos para as consequências ocupacionais de actividades laborais clássicas e de ponta, associadas a novas tecnologias. Nalguns casos que reflectem o interesse individual de alunos da disciplina, estes conhecimentos têm sido posteriormente aprofundados, desenvolvidos e aplicados a situações concretas, no âmbito de teses de mestrado.

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

Since this is an area of interdisciplinary knowledge which has been recognized of importance for additional training in engineering, the syllabus seeks to include matters that are essential to transmit, in 14 seminars for three hours, the minimum information required for the prevention of occupational risks in different work environments. Search here aware students to the consequences of occupational activities, either classic or related to new technologies and working methods. In some cases that reflect the individual interests of students of the discipline, this knowledge has been subsequently deepened, developed and applied to specific situations, within the context of master thesis.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As aulas teóricas têm um formato tradicional, sendo essencialmente conduzidas através da exposição da matéria com o apoio de apresentações em Powerpoint e outros meios multimédia, incluindo filmes. As aulas práticas são dedicadas

*à preparação de um trabalho de síntese sobre um tema escolhido pelos alunos, apresentado no fim do semestre.
Exame final - 100%*

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

*The lectures have a traditional format which is essentially driven by the exposure of the subjects with the support of Powerpoint presentations and other multimedia means, including films. Practical classes are dedicated to the preparation of a work of synthesis on a theme chosen by the students, presented at the end of the semester.
Final exam - 100%*

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

Os alunos dispõem das apresentações correspondentes a cada sessão desde o início do período lectivo. Durante as aulas, sempre que possível, a exposição do docente é intercalada com a apresentação de exemplos comuns de aplicação dos conceitos, sublinhando o carácter inovador de alguns e da sua relação directa/indirecta com a prática de engenharia. Todos os docentes que são convidados a participar na disciplina procuram despertar nos alunos a consciência e o conhecimento fundamentado sobre consequências de diversas práticas de engenharia, desde a organização do trabalho, as relações profissionais, as novas tecnologias, os riscos emergentes, etc. Como se trata de matérias muito actuais e constantemente objecto de actualizações em todo o mundo, os alunos são sempre encorajados a pesquisar o estado da arte na literatura e em normas e regulamentos sobre os conteúdos programáticos da disciplina.

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

The presentations corresponding to each session are available to the students since the beginning of the learning period. During classes, whenever possible, the exposure is enhanced with the presentation of common examples of application of the concepts, stressing the innovative nature of some of them and of their direct/indirect relationship with engineering practice. All teachers who are invited to participate in the discipline are asked to provide the students with awareness and sound knowledge about the effects of distinct engineering practices, such as work layouts, professional relationships, new technologies, emerging risks, etc. As these are actual matters which are constantly updated throughout the world, students are always encouraged to search for the state of the art in the literature and in standards and regulations on the content of the discipline.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

*Pedro M. Arezes et al. Occupational Safety and Hygiene IV; 1st Edition; CRC Press; Taylor & Francis Grupo, 2016, 624 pages.
S. Z. Mansdorf (editor); Handbook of Occupational Safety and Health, Third Edition; John Wiley & Sons, Inc.; 2019.
Daniel Crowl, Joseph Louvar - Chemical Process Safety: fundamentals with applications, 2ed. Prentice Hall International Series, 2007.
Alberto Sérgio Miguel - Manual de Higiene e Segurança do Trabalho, Porto Editora, 2014.
Manuel Roxo - Segurança e Saúde do Trabalho: avaliação e controlo de riscos, Almedina Editora, 2004.
Danuta Koradecka - Handbook of Occupational Safety and Health, 1st Ed. CRC Press, 2010.*

Dada a natureza interdisciplinar desta UC, a bibliografia relativa a cada tema é indicada em cada sessão, em complemento à bibliografia de referência.

Due to the pluridisciplinary nature of this CU, the bibliography corresponding to each matter is presented every lecture, as a complement to the reference bibliography.

Mapa IV - Inovação e Empreendedorismo

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Inovação e Empreendedorismo

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Inovation and Entrepreneurship

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

CE

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

81

4.4.1.5. Horas de contacto:**TP- 28h****4.4.1.6. ECTS:****3****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):****Aldora Gabriela Gomes Fernandes (TP- 28h)****4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:****<sem resposta>****4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

O objetivo desta unidade curricular (UC) consiste em sensibilizar os estudantes para a importância da atitude empreendedora e de inovação; e dotar os alunos com conhecimento e competências técnicas e sociais que lhes permitam a transformação de uma ideia de negócio numa realidade organizacional concreta.

Após a realização desta UC os alunos deverão ser capazes de: (1) compreender e distinguir os vários tipos de inovação; (2) compreender o processo de gestão da inovação; (3) conhecer os principais requisitos da Norma Portuguesa para a Gestão da ID e Inovação (NP 4457:2007); (4) reconhecer as diferentes modalidades da propriedade intelectual; (5) compreender o processo de tornar uma ideia num negócio; (6) saber recolher a informação necessária para realizar uma análise de viabilidade da ideia e redigir um plano de negócios. A UC propõe-se assim a motivar e preparar os alunos para desenvolver projetos inovadores nas empresas e/ou startups.

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

The objective of this course is to raise students' awareness of the importance of an entrepreneurial and innovative behavior; and to provide students with knowledge and technical and social skills that allow them to transform a business idea into a concrete organizational reality. After the course, students should be able to: (1) understand and distinguish the various types of innovation; (2) understand the innovation management process; (3) know the main requirements of the Portuguese Standard for R&D and Innovation Management (NP 4457: 2007); (4) recognize the different modalities of intellectual property; (5) understand the process of turning an idea into a business; (6) be able to collect and analyze the information needed to carry out a feasibility analysis of an idea and write a business plan. The course aims to motivate and prepare students to develop innovative projects in companies and/or startups.

4.4.5. Conteúdos programáticos:**1. Introdução a Gestão da Inovação e Empreendedorismo****1.1 Porquê inovar****1.2 Tipos de inovação****1.3 Processo de gestão da inovação****1.4 Ligação entre a gestão de inovação e empreendedorismo****1.5 Norma Portuguesa para a Gestão da ID e Inovação (NP 4457:2007)****1.6 Casos de estudo****2. Empreendedorismo****2.1 Tornar ideias em negócios: um processo****2.2 Proposição de valor****2.3 Análise de mercado****2.4 Modelo de negócio****3. Desenvolvimento do plano de negócios****3.1 Conceitos financeiros****3.2 Métodos de avaliação de projetos****3.3 Risco e análise de sensibilidade****3.4 Estrutura do plano de negócios**

4. Exploração do conhecimento e propriedade intelectual

4.4.5. Syllabus:

1. *Introduction to Innovation Management and Entrepreneurship*
 - 1.1 *Why innovate*
 - 1.2 *Types of innovation*
 - 1.3 *Innovation management process*
 - 1.4 *Link between innovation management and entrepreneurship*
 - 1.5 *Portuguese standard for R&D and innovation management (NP 4457: 2007)*
 - 1.6 *Case Studies*
2. *Entrepreneurship*
 - 2.1 *Turning ideas into business: a process*
 - 2.2 *Value proposition*
 - 2.3 *Market analysis*
 - 2.4 *Business model*
3. *Business Plan Development*
 - 3.1 *Financial concepts*
 - 3.2 *Project evaluation methods*
 - 3.3 *Risk and sensitivity analysis*
 - 3.4 *Business plan structure*
4. *Knowledge exploitation and intellectual property*

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

Esta unidade curricular inicia os alunos no domínio da inovação e empreendedorismo, pelo que é necessário que primeiro compreendam o processo de gestão da inovação, bem como a norma que poderá suportar a implementação de um sistema de gestão da inovação nas organizações, que possibilite a geração e desenvolvimento de ideias que criam valor. Uma compreensão mais clara da noção de empreendedorismo permite que os alunos percebam a sua importância económica e adquiram o gosto pela iniciativa pessoal, reduzindo o receio associado ao risco inerente ao lançamento de novos negócios. Assim, é apresentado um processo que torna uma ideia num negócio, constituído por quatro validações. Discute-se o principal documento de suporte à apresentação da ideia de negócio aos potenciais investidores e outros "stakeholders" - o plano de negócios. E por último, é discutida a importância da propriedade intelectual e apresentadas as diferentes modalidades de propriedade intelectual.

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

This course introduces students to the field of innovation and entrepreneurship. Therefore, they must first understand the innovation management process, as well as the standard that can guide the implementation of an innovation management system in organizations, thereby enabling the generation and development of ideas that create value. A clearer understanding of the notion of entrepreneurship should enable students to realize its economic importance and to reduce the fear associated to the risks inherent to launching a new business. Thus, a process that turns an idea into a business is presented, consisting of four validations. The main document supporting the presentation of the business idea to potential investors and other stakeholders - the business plan - is discussed. Finally, the importance and different modalities of intellectual property are discussed.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A UC usa diversas abordagens pedagógicas. Aulas para a exposição de conteúdos e para apresentação e discussão de exemplos práticos e casos de estudo para consolidação de conhecimentos. Aulas em que é utilizada a abordagem de aprendizagem Team Based Learning (TBL). Aulas mais práticas, sendo os alunos convidados a apresentar os seus trabalhos de grupo, e sendo ainda fomentada a discussão dos resultados entre os alunos. Aulas de resolução de exercícios práticos de avaliação económico-financeira de projetos. E, aulas que consistem em seminários proferidos por oradores empreendedores convidados.

Exame - 50%

Resolução de problemas - 50%

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

This course uses several pedagogical approaches. Lectures to expose the course's contents and to present and discuss practical examples and case studies for knowledge consolidation. Classes using the Team Based Learning (TBL). More practical classes, being the students invited to present their group work, and being the discussion of results among students encouraged. Classes for solving more practical exercises of project financial analysis. Finally, classes consisting of seminars featuring entrepreneur invited speakers.

Exam - 50%

Problem resolving - 50%

4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:
A metodologia de ensino foi desenvolvida com o intuito de fomentar junto dos alunos um espírito de iniciativa e o gosto pela inovação e empreendedorismo; de promover a discussão entre os alunos e os incentivar a aprofundar os seus conhecimentos de inovação e empreendedorismo de forma autónoma. Assim, privilegia-se a participação ativa dos alunos na análise e discussão de casos de estudo, na realização de dois trabalhos práticos de grupo e na apresentação oral desses trabalhos para criar as competências necessárias à defesa de ideias.

As palestras proferidas por oradores convidados têm por objetivo apresentar aos alunos um conjunto de empreendedores que apresentarão os seus negócios. A apresentação de exemplos de iniciativas de negócio com sucesso poderão funcionar como incentivo para despertar o espírito empreendedor dos alunos.

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

The teaching methodology was designed to create an innovative and entrepreneurial culture among students; to promote discussion among students and to encourage them to deepen their knowledge on innovation and entrepreneurship autonomously. Thus, the active participation of the students is privileged by means of case study analysis and discussion, the completion of two practical group works and the oral presentation of these works, in order to develop in the students the skills they need to present and defend their ideas.

The lectures from invited speakers aim to introduce to the students a set of entrepreneurs who will present their businesses. The presentation of successful examples of business initiatives can work as a stimulus to promote an entrepreneurial spirit within the students.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

1. Barringer, B. (2020), *Preparing Effective Business Plans: An Entrepreneurial approach*, 2nd ed. Prentice Hall.
2. Bessant, J. and Tidd, J. (2015), *Innovation and entrepreneurship*, 3rd ed. John Wiley and Sons.
3. Burns, P. (2016), *Entrepreneurship and Small Business: Start-up, Growth and Maturity*, 4th ed., Palgrave Macmillan.
4. Byers, T. H., Dorf, R.C. and Nelson, A. (2018), *Technology Ventures: From Idea to Enterprise*, 5th ed., McGraw-Hill Higher Education.
5. Saraiva, P. (2015), *Empreendedorismo*, 3ed., Imprensa da Universidade de Coimbra.

Serão ainda disponibilizados aos alunos material de apoio, como sejam, textos de apoio produzidos pelo docente, links e vídeos sobre as várias matérias apresentadas

Mapa IV - Modelação Numérica de Fenómenos de Transferência

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Modelação Numérica de Fenómenos de Transferência

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Numerical Modelling of Transport Phenomena

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

CEM

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

4.4.1.5. Horas de contacto:

T - 20; TP - 28; OT - 8

4.4.1.6. ECTS:

6

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 Joaquim da Costa (T -20; TP - 24; OT - 8)

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

Almerindo Domingues Ferreira (TP - 2)

António Manuel Gameiro Lopes (TP - 2)

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

Pretende-se transmitir aos alunos os conhecimentos essenciais relativos à modelação numérica de fenómenos de transporte de calor e de massa, associados ou não a escoamentos de fluidos, habitualmente designada por mecânica dos fluidos computacional. Após o treino e a realização de trabalhos com programas didáticos em código aberto, os alunos são iniciados na utilização de um código de cálculo comercial, com aplicação a um problema comum da prática de engenharia térmica.

Espera-se que, no final do curso, os alunos tenham adquirido uma base sólida que lhes permita compreender as potencialidades e as limitações das técnicas mais comuns de modelação numérica de fenómenos de transferência associados (ou não) a escoamentos, ficando aptos a utilizar de uma forma eficaz e criteriosa este género de ferramentas na sua prática profissional, de engenharia ou de investigação.

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

The main goal is to provide the students the essential knowledge concerning the numerical modelling of heat and mass transport phenomena, associated or not with fluid flow, commonly known as computational fluid dynamics (CFD). After training and application to specific problems using open-source simulation programs, the students are also initiated into the use of a commercial CFD code.

It is expected that, by the end of the course, students have acquired a solid foundation that will enable them to understand the potential and limitations of the most common CFD tools, being able to use them in an effective and thorough way in their professional practice, engineering or research.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

1- Descrição matemática dos fenómenos físicos

2- Discretização espacial e temporal do domínio físico

3- Problemas de difusão simples

4- Advecção e difusão

5- Cálculo do campo do escoamento

6- Iniciação à utilização de um código de cálculo comercial. Aplicação a um caso prático.

4.4.5. Syllabus:

1- Mathematical description of the physical phenomena

2- Space and time discretization of the physical domain

3- Pure diffusion problems

4- Advection and diffusion

5- Flow field calculation

6- Introduction to the use of a commercial CFD code. Application to a practical configuration.

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

Esta disciplina é um complemento natural das precedentes de Mecânica dos Fluidos e de Transmissão de Calor, onde diversos fenómenos são regidos por equações matemáticas exactas, mas de difícil (ou impossível) resolução analítica. O método numérico dos volumes finitos é desenvolvido e inicialmente aplicado para resolver a equação geral da condução de calor, nas suas diversas formulações. Familiarizado com as bases fundamentais do método de discretização e com um programa de cálculo em código aberto, e treinado na representação gráfica para tratamento dos resultados, o aluno aprende a estender a metodologia à simulação de escoamentos (conjugando advecção e difusão). Finalmente, em aulas de demonstração, o aluno é conduzido, em interacção conjunta e simultânea com um código comercial de CFD, num percurso de definição da configuração, parametrização e resolução de um problema específico da prática da engenharia térmica (e.g., problema de ventilação e/ou climatização de um espaço habitado).

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

This course unit is a natural complement to the preceding Fluid Mechanics and Heat Transfer units, where several phenomena are governed by mathematical equations that are exact, but difficult (or impossible) to analytically solve. The finite-volume-based numerical method is developed and initially applied to solve the general heat conduction equation, in its various formulations. Familiar with the fundamentals of the method of discretization and the open

source calculation program, and trained in the graphic treatment of the results, the student learns to extend the methodology to the simulation of flows. Finally, in two demo lessons, students are conducted in joint and simultaneous interaction with a commercial CFD code, through a journey of defining the configuration, parameterization and resolution of a specific problem typical in the practice of thermal engineering (eg, ventilation and /or cooling of a living space).

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As aulas teóricas têm um formato tradicional, conduzidas através da exposição da matéria em diapositivos. Nas aulas teórico-práticas, os alunos são guiados na análise e na iniciação à utilização dos programas didáticos de modelação numérica. Trata-se de aulas que adquirem um carácter interactivo, analisando, discutindo e resolvendo em conjunto os problemas que vão surgindo a cada aluno.

A orientação tutorial adquire uma importância significativa, visto que os alunos encontram normalmente dificuldades, aparentemente inultrapassáveis, mas facilmente solúveis com apoio docente atempado.

Exame - 20%

Resolução de problemas - 80%

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The theoretical classes have a traditional format, conducted by exposing the material on slides. In theoretical-practical classes, students are guided in the analysis and introduction to the use of didactic programs of numerical modeling. These are classes that acquire an interactive character, analyzing, discussing and solving together the problems that arise for each student.

The tutorial guidance acquires a significant importance, since the students usually find difficulties, apparently insurmountable, but easily soluble with timely teaching support.

Exam - 20%

Problem resolving - 80%

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

Recorrendo aos programas de cálculo didáticos, analisados e treinados na aula, e que permitem em cada fase a interpretação dos fundamentos físicos em jogo, os alunos são encorajados a explorar as suas capacidades de programação computacional através da adaptação dos programas de simulação numérica a cada um dos trabalhos práticos que têm de realizar: um, de condução térmica; o outro, de simulação de escoamentos com efeitos térmicos. No final, os alunos têm contacto com um código de CFD comercial, através de aulas teórico-práticas interactivas.

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

Using didactic calculation programs, analyzed and trained in class, which allow the interpretation of the physical fundamentals of the thermal processes at stake, students are encouraged to explore their computer programming skills by adapting the numerical simulation programs to each of the practical works they have to do: one, involving simply thermal conduction; the other, the simulation of fluid flows with thermal effects. In the end, students have contact with a commercial CFD code, through interactive theoretical-practical classes.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

J.J. Costa, Modelação Numérica de Fenómenos de Transferência, DEM-FCTUC, 2019.

- S.V. Patankar, Numerical Heat Transfer and Heat Flow, Hemisphere Publishing Corp., 1980.

- J.H. Ferziger e M. Perré, Computational Methods for Fluid Dynamics, Springer, New York, 1997.

- D.A. Anderson, J.C. Tannehill e R.H. Pletcher, Computational Fluid Mechanics and Heat Transfer, Hemisphere Publishing Corp., 1984.

Mapa IV - Projeto de Sistemas de Energia

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Projeto de Sistemas de Energia

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Design of Energy Systems

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

CEM

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

243

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP - 84

4.4.1.6. ECTS:

9

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 Carlos Miranda Góis (TP-42)

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

Adélio Manuel Rodrigues Gaspar (TP-42)

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

Execução de projetos de instalações térmicas de produção e distribuição de calor/frio, aproveitamento de energias renováveis e/ou sistemas de climatização. Introduzem-se conceitos gerais sobre conceção de projetos de engenharia, discutem-se regulamentos e normas e aprofundam-se conceitos teóricos de engenharia térmica e de controlo e segurança de instalações. Pretende-se que os alunos desenvolvam competências instrumentais (comunicação oral e escrita, usando ferramentas numéricas e gráficas), pessoais (raciocínio crítico e partilha de conhecimentos) e sistémicas (aplicação prática dos conhecimentos teóricos e desenvolvimento de autocritica e auto-avaliação).

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

Design of equipment or thermal systems for production and distribution of heat/cold, renewable energy systems and/or heating, ventilation and air conditioning systems. General concepts associated with engineering design are explored, the regulations and standards are discussed and theoretical concepts about thermal engineering and control and safety systems are detailed. It is intended that students develop instrumental skills (oral and written communication, using numerical and graphical tools), personal (critical thinking and knowledge sharing) and systemic (practical application of theoretical knowledge and development of self-criticism and self-evaluation).

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Anteprojecto de uma instalação térmica; licenciamento industrial; legislação e normas; sistemas de produção de calor, trabalho e eletricidade (colectores solares, caldeiras, cogeração, trigerção, centrais termoeléctricas); instalações de congelação e de refrigeração; instalações de climatização; tratamento de água para equipamentos térmicos; redes de distribuição de energia térmica.

4.4.5. Syllabus:

Preliminary installation of a thermal, industrial licensing, legislation and standards; heat, work and electricity production systems (solar collectors, boilers, cogeneration, trigeneration, power plants); freezing and refrigeration units, HVAC systems; water treatment systems or thermal equipment; thermal energy networks.

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

O programa da disciplina está orientado para a conceção do layout industrial e representação de equipamentos, o dimensionamento e selecção de equipamentos, controlo e segurança e análise e gestão dos custos económico/financeiros das soluções apresentadas no projecto. Procura-se igualmente fornecer metodologias que permitam aos alunos abordar o projecto de uma instalação térmica ou de um equipamento, tendo presente as exigências ambientais, a segurança industrial, a eficiência energética e a utilização de energias renováveis e limpas. Por exemplo são discutidos princípios de funcionamento de motores de combustão interna da gama industrial e turbina de gás, os aspetos relacionados com a alimentação de combustível e ar de combustão, os processos de refrigeração, a eficiência energética, a exaustão dos produtos de combustão e o funcionamento de sistemas de cogeração.

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

The program is target for the design of industrial layout and equipment drawing, selection of equipment and control & safety systems and analysis & management of economic / financial solutions. It is discussed methodologies to help students to achieve a better approach to the design of thermal units, highlighting for the environmental requirements, the industrial safety, the energy efficiency and use of renewable and clean energy. For example are discussed the principles of internal combustion engines and industrial gas turbine, fuel feed and combustion air, cooling processes, energy efficiency, exhaust of combustion products and operation of cogeneration systems.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As aulas teóricas são de apresentação e discussão dos principais equipamentos e acessórios de instalações térmicas e de representação e análise de circuitos de instalações típicas. São igualmente apresentados alguns programas de cálculo e discutida a aplicabilidade no projeto. São resolvidos exemplos práticos de dimensionamento ou de selecção de equipamentos e discutidos os progressos dos alunos no desenvolvimento do projeto proposto a cada grupo, constituído por dois ou mais alunos. Método de avaliação:

- Teste escrito teórico-prático [25 %];
- Projeto (apresentação e discussão) [75 %]

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Theoretical classes are devoted to describe and to discuss the principles of equipment and accessories of heating units and to draw and analyze typical units. Some programs and their applicability to design are discussed. Theoretical and practical modules are devoted to solve practical examples and to select equipment and to discuss the progress of students with their projects. Assessment method:

- Theoretical-practical test [25 %]
- Project (presentation and discussion) [75 %]

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

Os alunos são encorajados a pesquisar literatura e programas de cálculo para apoio à elaboração dos projetos. Durante as aulas, conforme os casos, são disponibilizados aos alunos textos de apoio sobre os temas discutidos. É promovida a discussão em torno das dificuldades e soluções propostas na conceção dos projetos. Neste contexto, são discutidos alguns casos práticos e transpostos esses conhecimentos ou metodologias para outros projetos em curso. Os alunos são incentivados a fazerem visitas de estudo para unidades de produção e distribuição de energia ou de conceção de equipamentos e a consultar catálogos e outras fontes de informação como legislação e normas. Através de um teste escrito teórico-prático a meio do semestre procura-se identificar falhas formativas por parte dos alunos de modo a corrigi-las e apoiá-los recomendando a consulta de livros ou outros documentos de estudo

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

Students are encouraged to research literature and calculation programs to support the development of the work of design. During the classes, as appropriate, the students received texts about the matters discussed. It is encouraged the discussion of the difficulties of the students to progress with the work as the proposed solutions. Within this context some practical cases are discussed and these knowledge or methodologies are transferred to others works. Students are encouraged to visit industrial power plants and to consult catalogs and other sources of information such as legislation and standards. With a theoretical and practical test at half time of the semester is intended to identify gaps in students's knowledge in order to correct them recommending books or other documents of study.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

*ASHRAE Handbook – HVAC Systems and Equipment, 2016;
ASHRAE Handbook—HVAC Applications, 2019;
BASU, Prabir, Boilers and Burners: design and theory, New Jork : Springer, 2000;
Filipe Juanico, Geradores de Calor, Ecemei, Lda - Rio Tinto, Porto, 1991;
Kakaç Sadik, Heat Exchangers: selection, rating, and thermal design, Boca Raton, Florida : CRC Press, 1998;
McQuiston, F.C., Parker, J. and Spitler, J. D. Heating, Ventilating and Air Conditioning: Analysis and Design, John Wiley and Sons, 2005;
Normas e regulamentação diversa;
Pedro Telles, Tubulações Industriais, Livro Técnico Científicos, 1986;
Roriz, L. Climatização - Concepção, Instalação e Condução de Sistemas, Alfragide: Edições Orion, 2006;
Thomas Elliot and editors of Power Magazine, Standard Handbook of Powerplant Engineering, MacGraw-Hill, 1989;
Walter Wagner, Heat Transfer Practice with Organic Media, 1997;
William Reynolds e Henry Perkins, Engineering Thermodynamics, Int. Student Edition, 2nd edition, MacGraw-Hill, 1977.*

Mapa IV - Projecto de sistemas mecânicos**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

Projecto de sistemas mecânicos**4.4.1.1. Title of curricular unit:*****Mechanical design of mechanical systems*****4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:*****CEM*****4.4.1.3. Duração:*****Semestral*****4.4.1.4. Horas de trabalho:*****243*****4.4.1.5. Horas de contacto:*****TP - 84*****4.4.1.6. ECTS:*****9*****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 Domingos Moreira da Costa (TP -84)*****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 disciplina têm a finalidade de dar ao aluno uma visão global do projeto mecânico, integrando e aplicando as noções adquiridas nas diferentes disciplinas do curso e procurando dar uma visão dos problemas da profissão do engenheiro mecânico de projeto. Nesse sentido é proposto aos alunos o projeto de um sistema mecânico de média complexidade. Pretende-se que alunos dimensionem ou selecionem todos os componentes do sistema, recorrendo a ferramentas analíticas e numéricas. No final devem apresentar em relatório escrito e um caderno de desenhos de conceção e de fabrico. As principais competências a adquirir são:

- Projetar um sistema mecânico de média complexidade;***
- Utilização de software de modelação, análise por elementos finitos e de seleção/dimensionamento de transmissões mecânicas;***
- Utilização de códigos de projeto e de normas internacionais de materiais e produtos;***
- Capacidade de trabalho em equipa;***
- Comunicar um projeto: relatório escrito e apresentação oral.***

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

This discipline aims to give the student a global view of the mechanical design, integrating and applying the notions acquired in the different subjects of the course and to give an overview of the problems of the profession of mechanical design engineer. In this sense, students are asked to design a medium-complex mechanical system. It is intended that students dimension or select all components of the system, using analytical and numerical tools. At the end they must present a written report and a dossier of design and manufacturing drawings. The main skills to be acquired are:

- Design a medium complexity mechanical system;***
- Use of modeling software, finite element analysis and selection / dimensioning of mechanical transmissions;***
- Use of design codes and international standards for materials and products;***
- Ability to work in a team;***
- Communicate a project: written report and oral presentation.***

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Realiza-se um trabalho de projeto total ou parcial de sistemas mecânicos (por exemplo: equipamentos de elevação e transporte, veículos, máquinas ferramentas, equipamento para a agricultura e silvicultura, equipamentos para fins especiais, etc.), sendo alguns sugeridos pela indústria ou outras entidades. No início são apresentados enunciados do trabalho a desenvolver, identificando a função do equipamento e as suas principais características técnicas. O aluno começa por fazer uma revisão do estado da arte integrando informação de fabricantes, artigos técnicos e científicos, e patentes. No âmbito do projeto será necessário dimensionar/selecionar os componentes mecânicos, estruturais e outros órgãos, como por exemplo, atuadores elétricos. No final é produzido um relatório escrito do tipo memória descritiva e justificativa, e um caderno com os desenhos de montagem, de fabrico e listas de peças e de materiais

4.4.5. Syllabus:

A total or partial design work on mechanical systems is carried out (for example: lifting and transport equipment, vehicles, machine tools, equipment for agriculture and forestry, special purpose equipment, etc.), some of which are suggested by industry or other entities. At the beginning, statements of the work to be developed are presented, identifying the function of the equipment and its main technical characteristics. The student begins by reviewing the state of the art by integrating information from manufacturers, technical and scientific articles, and patents. Within the scope of the project, it will be necessary to dimension / select the mechanical, structural and other components, such as electric actuators. At the end, a written report of the descriptive and justification type is produced, and a dossier with the assembly, manufacturing drawings and parts and materials lists.

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

A disciplina procura colocar os alunos perante problemas concretos de concepção e projecto de sistemas mecânicos, sendo-lhes exigido a obtenção de uma solução que cumpra sobre os pontos de vista de funcionalidade, resistência mecânica, exequibilidade tecnológica e viabilidade económica os requisitos impostos no enunciado do trabalho. Para atingir estes fins os alunos usam os conhecimentos adquiridos anteriormente em disciplinas de base e de ciências de engenharia, complementado com o contacto com uma grande variedade de documentos de carácter mais prático e industrial como é exemplo a familiarização com os catálogos de matérias primas, componentes mecânicos e eléctricos, bem como patentes e revistas científicas. Como ferramentas de cálculo usam essencialmente o cálculo analítico e numérico (método dos elementos finitos) e na modelação de peças e montagens e geração dos desenhos de fabrico trabalham com os programas comerciais usados correntemente na indústria.

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

The discipline seeks to put students face real problems of engineering design of mechanical systems, and they are required to obtain a solution that meets on the point of view of functionality, strength, technological feasibility and economic viability of the requirements stated in the work. For these purposes, students use the knowledge acquired previously in the disciplines of basic sciences and engineering, supplemented by contact with a variety of documents more practical and industrial such as familiarization with the catalogs of raw materials, mechanical and electrical components, as well as patents and scientific journals. As calculation tools use essentially the analytical calculation and numerical (finite element method) and parts and assembly modeling and generation of manufacturing drawings with commercial software used in industry.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As aulas são essencialmente orientadas para a realização dos trabalhos de projecto do sistema mecânico proposto através de enunciados concretos. Os alunos integram-se em grupos de trabalho constituídos por dois alunos. Por conseguinte, as aulas funcionam em regime tutorial, onde se procura que todos os grupos de alunos tenham uma participação activa. Uma parte significativa dos trabalhos terá que ser levada a cabo fora dos tempos lectivos. Durante a realização do projecto o docente faz o acompanhamento dos trabalhos através do esclarecimento de dúvidas e orientação do alunos.

Projeto - 100%

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Classes are essentially oriented to the project work of the proposed mechanical system through concrete statements. Students are grouped into work teams consisting of two students. Therefore, the classes are tutorial based, where all groups of students are expected to have an active participation. A significant part of the work will have to be done outside of school time. During the realization of the project the teacher monitors the work through the clarification of doubts and guidance of the students.

Project - 100%

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

As aulas teórico-práticas são essencialmente orientadas para a realização dos trabalhos de projecto. Pretende-se que os alunos experimentem as dificuldades inerentes à aplicação integrada de conhecimentos adquiridos num conjunto significativo das disciplinas anteriores do Mestrado em Engenharia Mecânica, atingindo o objectivo final através de uma sucessão lógica de acções de projecto e usando o método de tentativa-erro. Na primeira aula é apresentada a disciplina, onde além dos tópicos habituais é elaborado um cronograma com as diversas fases de projecto para melhor

orientação dos alunos. Este trabalho pretende-se que seja a melhor aproximação possível à realização de um projecto realista com as limitações que os alunos ainda têm por estarem em ambiente académico.

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

Theoretical-practical classes are essentially oriented to the realization of project work. It is intended that students experience the difficulties inherent in the integrated application of knowledge acquired in a significant set of previous disciplines of the Master in Mechanical Engineering, achieving the final goal through a logical succession of design actions and using the trial and error method. In the first class is presented the discipline, where in addition to the usual topics is prepared a schedule with the various project phases for better guidance of students. This work is intended to be the best possible approach to the realization of a realistic project with the limitations that students still have for being in an academic environment.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

A consulta de bibliografia necessária à realização do projeto faz-se através de diversas fontes: livros, normas, patentes, catálogos e revistas científicas. A bibliografia de referência é a seguinte:

- *C.M. Branco, J.A.M. Ferreira, J.D.M. Costa e A. Ribeiro "Projecto de Orgãos de Máquinas", 3ª Ed. Fundação C. Gulbenkian, 2008.*
- *FEM, Rules for the design of hoisting appliances (8 booklets – 1998)*
- *EN 1993-1-1:2005, Eurocode 3, Design of Steel Structures; Part 1-1 – General Rules and Rules for Buildings, 2005.*
- *EN 1993-1-9:2005, Eurocode 3: Design of steel structures - Part 1-9: Fatigue, 2005*
- *G. E. Dieter, Linda C. Schmidt, Engineering Design, McGraw-Hill International Editions, New York, 2013.*
- *J.E. Shigley, C.R. Mischke, R.G. Budynas, Projeto de engenharia mecânica, 7ª ed. - Porto Alegre: Bookman, 2005.*
- *G. Henriot, Traité Théorique et Pratique des Engrenages, 6ª ed, 1979.*
- *G. Niemann, Elementos de Máquinas, Editora Edgard Blucher Lda, São Paulo, Brazil, 2000.*

Mapa IV - Qualidade do ambiente interior

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Qualidade do ambiente interior

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Indoor Environmental Quality

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

CEM

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

4.4.1.5. Horas de contacto:

T-28; TP-28

4.4.1.6. ECTS:

6

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):

Manuel Carlos Gameiro Silva (T-28; TP-28)

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):

1. *Conhecer os aspectos técnicos, normativos e regulamentares relacionados com as diversas áreas de análise da qualidade ambiental interior;*
2. *Capacidade de integrar as informações sobre os vários aspectos parcelares relevantes para a qualidade ambiental em espaços interiores (qualidade do ar interior, ambiente térmico, ruído, vibrações, iluminação).*
3. *Capacidade para realizar diagnósticos da qualidade do ambiente interior e propor medidas de melhoria.*
4. *Capacidade para integrar os conhecimentos relacionados com a Qualidade Ambiental dos Espaços Interiores nas actividades profissionais relacionadas com projecto, construção, instalação, operação, licenciamento, e manutenção de edifícios e sistemas.*
5. *Capacidade para actuar como agentes de difusão do conhecimento relacionado com a disciplina, nomeadamente através da consciencialização da necessidade de harmonizar as preocupações relativas à qualidade ambiental interior com a necessidade da utilização racional da energia.*

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

1. *To know the technical, regulatory and regulations related to several areas of analysis of indoor environmental quality;*
2. *Ability to integrate information on various aspects relevant to the piecemeal environmental quality indoors (indoor air quality, thermal environment, noise, vibration, lighting).*
3. *Ability to perform diagnostics of the quality of the indoor environment and propose improvement measures.*
4. *Ability to integrate knowledge related to the Indoor Environmental Quality in professional activities related to design, construction, installation, operation, licensing, and maintenance of buildings and systems.*
5. *Ability to act as agents of dissemination of knowledge related to the discipline, notably through awareness of the need to harmonize the concerns about indoor environmental quality with the need for rational use of energy.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Ambiente Térmico: Balanço Térmico do Corpo Humano. Mecanismos de Termoregulação. Índices de Avaliação do Ambiente Térmico. Normas para a Avaliação de Ambientes Térmicos (ISO 7730, ISO 7726 e ISO 7243). Equipamentos de Medida e seus Requisitos.

Qualidade do Ar Interior: Conceitos Gerais. Síndrome do Edifício Doente. Principais elementos poluentes no ar interior. Metodologias de Avaliação da Qualidade do Ar. Regulamentação e Normalização Existente. Estratégias para uma boa QAI.

Ruído: Conceitos Básicos. Principais Descritores do Ruído, Percepção Humana do Som. Aparelhos de Medição de Ruído e seus Requisitos. Análise em Frequência do Som. Condicionamento acústico de espaços interiores. Índices de qualidade acústica.

Vibrações: Conceitos Gerais. Principais Descritores de Vibração. Aceleração equivalente e Factor de Crista Norma ISO 2631. Medidas Correctivas. Equipamentos de Medida e seus Requisitos.

Iluminação. Espectro de Radiação electromagnética. Qualidade da iluminação.

4.4.5. Syllabus:

Thermal Environment, Thermal Balance of the Human Body, Thermoregulatory mechanisms, Indices for the Evaluation of the Thermal Environment. Standards for the Assessment of Thermal Environments (ISO 7730, ISO 7726 and ISO 7243). Measurement Equipment and its Requirements.

Indoor Air Quality: General Concepts. Sick Building Syndrome. Key elements about pollutants in indoor air. Methods for Evaluation of Air Quality Regulations and Existing Standards. Strategies for a good IAQ.

Noise: Basic Concepts. Key Descriptors of Noise, Human Perception of Sound, Devices for Noise Measurement and its requirements. Frequency Analysis of Acoustic Signals, Sound conditioning, Sound Quality Indices.

Vibrations: General Concept, Key Descriptors of Vibration. Equivalent acceleration and Crest Factor Standard ISO 2631. Corrective measures. Measurement Equipment and its requirements.

Lighting. Electromagnetic radiation spectrum, Quality of lighting

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

Os conteúdos programáticos estão coerentes com os objetivos da unidade curricular porque as matérias abordadas garantirão a aquisição dos conhecimentos e obter as competências necessárias para permitir aos alunos avaliar a qualidade dos ambientes interiores nos seus múltiplos aspectos, conhecer os aspectos regulamentares relacionados com esta área científica e integrar os conhecimentos adquiridos nas diferentes actividades que irão desenvolver na sua vida profissional.

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

The syllabus is consistent with the curricular unit's objectives because the matters addressed ensure the acquisition of knowledge and gain the skills necessary to allow students to evaluate the quality of indoor environments in its many aspects, meet regulatory aspects related to this area and integrate the scientific knowledge acquired in the different

activities that will develop in his professional life.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Ensino em sala de aula:

- *Exposição dos temas em debate com os estudantes (estudante-docente e estudante-estudante).*
- *Utilização de laboratórios virtuais desenvolvidos pelo docente para demonstração dos conceitos*
- *Realização de trabalhos de grupo*
- *Resolução de exercícios de aplicação*
- *Discussão de Casos de Estudo*

Exame - 80%

Relatório de seminário - 20%

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Teaching in the classroom:

- *Explanation of the issues under discussion with students (student-teacher and student-student).*
- *Use of virtual laboratories developed by the teacher to demonstrate the concepts*
- *Conducting group work*
- *Resolution of exercises*
- *Discussion of Case Studies*

Exam - 80%

Seminar report - 20%

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

A metodologia seguida tem precisamente como alvo o desenvolvimento das competências visadas, já que estimula os estudantes ao trabalho de pesquisa e ao estabelecimento de ligações entre os conteúdos teóricos e a sua aplicação prática nos diferentes tipos de actividades profissionais em que se espera que os alunos venham a intervir.

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

The methodology is specifically targeted to the development of wanted skills, since it stimulates students to research and the establishment of links between the theoretical matters and the practical application in different types of professional activities where is expected that students will intervene.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Ashrae Handbook (2017)– Fundamentals American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, USA.

P. O Fanger (1070), Thermal Comfort, Danish Technical Press

F. J. Rey Martinez, R. Cena Callejo – Edificios saludables para trabajadores sanos: calidad de ambientes interiors, ed. Junta de Castilla e León, 2006

Griffin, M.J. (1990) Handbook of Human Vibration, Academic Press, London.

Beraneck, L.L. 1996. Acoustics. Ed. McGraw-Hill

S Corgnati, M. Gameiro da Silva. 2012 – Indoor Climate Quality Assessment, guidebook nr. 14 of REHVA, Brussels

M. C. Gameiro da Silva, “Virtual Laboratories for a Course about Indoor Environmental Quality”, Special Issue of International Journal on Emerging Technologies in Learning, November 2009 doi:10.3991/ijoe.v5s2.1107

M. C. Gameiro da Silva “ Aplicações Computacionais para Avaliação do Conforto Térmico, Revista Climatização, nº 56, Ano VIII, Março/Abril de 2008, pp 56-68

Mapa IV - Robótica Industrial

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Robótica Industrial

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Industrial Robotics

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

CEM

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

4.4.1.5. Horas de contacto:

T - 28; TP - 14; PL - 12; OT - 2

4.4.1.6. ECTS:

6

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):

Joaquim Norberto Cardoso Pires da Silva (T - 28; TP - 14; PL - 12; OT - 2)

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):

Nesta disciplina pretende-se que os alunos sejam capazes de formular corretamente os conceitos envolvidos na adoção de robótica de manipulação numa plataforma de Indústria 4.0, sejam capazes de sistematizar conceitos, de dialogar com especialistas especificando intervenções, de planear e gerir processos de robotização, de intervir ao nível técnico e sejam capazes de identificar situações de erro e mobilizar as equipas necessárias para lhes dar solução. Esta disciplina complementa e atualiza formação previamente obtida, nomeadamente em programação, controlo automático, robótica, sistemas distribuídos de produção, interfaces homem-máquina, sistemas de CAD, sistemas de controlo de produção industrial, sensores e atuadores, fornecendo formação técnica e científica detalhada que permite aos alunos atuarem na fase de projeto e programação. A disciplina implica a realização de um projeto, o que, na prática, significa a realização de uma solução robotizada para um determinado problema.

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

This course aims to enable students to formulate correctly the concepts involved in the adoption of manipulation robotics in an Industry 4.0 platform, to systematize concepts, to dialogue with specialists specifying interventions, to plan and manage robotization processes, intervene at the technical level and are able to identify error situations and mobilize the teams needed to remedy them. This course complements and updates previously obtained training, namely in programming, automatic control, robotics, distributed production systems, human machine interfaces, CAD systems, industrial production control systems, sensors and actuators, providing detailed technical and scientific training that allows students to work in the design and programming phase. Discipline implies the realization of a project, which in practice means the realization of a robotic solution to solve a particular industrial problem.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Posição e Orientação, Cinemática Direta e Inversa, Velocidades e Forças Estáticas, Singularidades, Dinâmica, Modelização em Matlab da cinemática e dinâmica de um dos manipuladores das aulas práticas

Trajétórias, Controlo digital (síntese, sintonia e análise de PID), Estruturas, Sensores

Robótica Colaborativa: princípios e programação.

Programação: Linguagens, Programação off-line e on-line, Acesso remoto: monitorização e supervisão, Apresentação da arquitetura de software

Programação remota: Python (ou C#).

Comunicação e protocolos: segurança. Tele-manipulação.

Interface com sistemas CAD: programação de robôs industriais a partir do CAD.

Utilização de ROS num exemplo de manipulação móvel: pick order.

Fundamentos de Biónica: Sistemas de interface homem-máquina, Utilização de mecanismos robóticos para estender as capacidades humanas, Modelização cinemática/dinâmica de uma mão de três dedos, Integração com outros elementos da célula biomédica, Sistemas biomédicos.

Integração

4.4.5. Syllabus:

Position and Orientation, Direct and Inverse Kinematics, Velocities and Static Forces, Singularities, Dynamics, Matlab Modeling of the kinematics and dynamics of one of the robots of the practical classes.

Trajectories, Digital Control (PID Synthesis, Tuning and Analysis), Structures, Sensors

Collaborative Robotics: principles and programming.

Programming: Languages, Offline & Online Programming, Remote Access: Monitoring & Supervising, Software Architecture Presentation

Remote Programming: Python (or C #).

Communication and protocols: security. Tele-manipulation.

CAD systems interface: programming of industrial robots from CAD.

Using ROS in an example of mobile manipulation: pick order.

Fundamentals of Bionics: Human Machine Interface Systems, Using Robotic Mechanisms to Extend Human

Capabilities, Three-Handed Kinematic / Dynamic Modeling, Integration with Other Elements of the Biomedical Cell, Biomedical Systems.

Integration

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

O plano de estudos adota uma abordagem introdutória e complementar aos elementos essenciais de uma plataforma produtiva baseada em manipuladores de robôs. Os conceitos elementares são apresentados em detalhe, discutindo as razões pelas quais são usados e os objetivos a serem alcançados. Vários exemplos detalhados e estudos de caso são apresentados (na forma de seminários), permitindo que os alunos obtenham um treino muito completo que lhes permita alcançar os objetivos de aprendizagem definidos. Os alunos experimentam e realizam várias soluções e são chamados a desenvolver um projeto que envolva pesquisa e realização prática com demonstração.

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

The syllabus takes an introductory and complementary approach to the essentials of a productive platform based on robot manipulators. Elementary concepts are presented in detail, discussing the reasons why they are used and the objectives to be achieved. Several detailed examples and case studies are presented (in the form of seminars), which will allow students to obtain a very thorough training that will enable them to achieve the defined training objectives. Students experiment and realize various solutions and are called upon to develop a project that involves research and practical accomplishment with demonstration

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas regulares com exposição detalhada, recorrendo a meios audiovisuais, sobre as matérias planeadas, bem como setups industriais existentes nos laboratórios preparados para este curso.

Os estudantes realizam, em grupos de 2 elementos um trabalho prático, que inclui realização prática e pesquisa, que tem de ser demonstrado e apresentado publicamente.

Frequência - 25%

Projeto - 50%

Trabalho de investigação - 25%

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Regular classes with detailed exposure, using audiovisual media, on the planned subjects, and industrial setups existing in the laboratories prepared for this course.

Students carry out a practical assignment (in groups of 2-elements), which includes practical realization and research of a certain topic, which has then to be demonstrated and publicly presented.

Midterm exam - 25%

Project - 50%

Research work - 25%

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

Para atingir os objetivos definidos, é importante conjugar 3 aspetos: aulas presenciais expositivas e de discussão de conceitos, aulas de apresentação de casos práticos (com demonstração) e trabalhos práticos, a realizar pelos alunos, que incluam a pesquisa de um determinado tópico. Isso significa que tem de estar disponível um laboratório que esteja equipado com as tecnologias abordadas nesta disciplina. Utiliza-se o Laboratório de Robótica Industrial do

Departamento de Engenharia Mecânica da UC: <http://www.jnorbertopires.pt/uc-industrial-robotics-laboratory/>

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

In order to achieve the defined objectives, it is important to combine 3 aspects: classroom classes with presentation and discussion of concepts, classes where practical cases are presented (with demonstration) and practical work, to be performed by students, including research on a particular topic. This means that a laboratory must be available that is equipped with the technologies covered in this discipline. We use here the Industrial Robotics Laboratory from the Mechanical Engineering Department (University of Coimbra): <http://www.jnorbertopires.pt/uc-industrial-robotics-laboratory/>

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- *Robótica Industrial - Indústria 4.0*, J. Norberto Pires, Lidel, 2018
- *Introduction to Robotics*, J.J. Craig, Prentice Hall, 1986.
- *Modelling and Control of Robotic Manipulators*, L. Sciavicco e B. Siciliano, Mcgraw Hill, 1994.
- *Computational Intelligence in Design and Manufacturing*, A. Kusiak, John Wiley & Sons, 2000.
- *Automação e Controlo Industrial - Indústria 4.0*, J. Norberto Pires, Lidel, 2019
- *Industrial Robot Programming*, JN Pires, Springer, 2006
- *Welding Robots*, JN Pires et al, Springer, 2006
- *Handbook of Robotics*, Siciliano et al editors, Springer, 2016

Mapa IV - Seleção de Materiais e Processos de Fabrico

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Seleção de Materiais e Processos de Fabrico

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Selection of materials and manufacturing processes

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

CEM

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

4.4.1.5. Horas de contacto:

T - 14; TP - 21; OT - 14

4.4.1.6. ECTS:

6

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):

Albano Augusto Cavaleiro Rodrigues de Carvalho (T – 10; TP – 17; OT - 14)

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

Altino de Jesus Roque Loureiro (T – 4; TP – 4)

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

Os objetivos da disciplina de Seleção de Materiais e Processos de Fabrico podem ser resumidos como a aprendizagem

de uma metodologia de ação que, de uma forma sistemática, permita, por passos consecutivos, reduzir progressivamente o número imenso de materiais e processos de fabrico disponíveis no mercado, a grupos cada vez mais restritos, até desembocar numa análise final e profunda, de onde deverá surgir a escolha otimizada da melhor solução. As competências fornecidas aos alunos deverão ainda reforçar os conhecimentos já adquiridos sobre materiais e processos de fabrico, em particular no que concerne a sua aplicação no meio fabril e a sua utilização final na vida prática, e permitir que compreendam a relação íntima que existe entre o material e a tecnologia de processamento para a fabricação do produto.

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

The objectives of the Selection of Materials and Manufacturing Processes curricular unit can be summarized by the learning of a methodology to proceed, in a systematic way, to a progressive reduction of the endless number of materials and manufacturing processes available in the market. By consecutive steps, groups with sizes successively smaller are achieved until reaching a final detailed analysis which will allow an optimized selection of the best option. The competences supplied to the students should also reinforce the knowledge previously acquired regarding materials science and manufacturing processes, particularly concerning its application in the industrial environment and its application in useful life, in order to understand the close relationship existing between the material and the technology used for processing the final product.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1. Introdução e objetivos.*
- 2. Interação entre projeto mecânico e seleção de materiais.*
- 3. Análise das diversas classes de materiais e gráficos de propriedades.*
- 4. Função do componente na seleção de materiais (índice de eficiência).*
- 5. Relação material-função e forma (fator de forma).*
- 6. Materiais e processos de fabrico.*
- 7. Material, requisitos do componente e processos de fabrico.*
- 8. O preço como fator determinante de seleção de materiais.*
- 9. Matrizes de seleção.*
- 10. Resolução de casos-estudo.*

4.4.5. Syllabus:

- 1. Introduction and objectives.*
- 2. Interaction between mechanical design and materials selection – equivalence between dimension of materials groups and detail level of mechanical analysis.*
- 3. Analysis of materials classes and properties – graphics and tables properties.*
- 4. Importance of the part or component on the materials selection – performance index.*
- 5. Relationship between material / function / shape (shape factor).*
- 6. Materials and fabrication technologies – forming and assembling.*
- 7. Material, component requirements and manufacturing processes.*
- 8. Cost as main factor determining the materials selection.*
- 9. Selection matrixes.*
- 10. Cases study.*

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

O conteúdo programático é apresentado com uma sequência de procedimentos que permitem uma eliminação progressiva dos inúmeros candidatos de materiais e de processos de fabrico para uma determinada aplicação. Esta sequência vai sendo cada vez mais apertada de modo a que o processo de seleção permita alcançar o melhor material e seu processo de fabrico para essa aplicação. Esta aproximação é intuitiva e é testada quer por exercícios práticos durante as aulas letivas quer com a resolução do caso-estudo.

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

The syllabus is presented as a sequence of procedures that allows the progressive elimination of the huge amount of materials and manufacturing processes available in the market. This sequence points for a more and more narrow selection in order to achieve the best solution for a material and its processing method for a final application. This approach is intuitive and its validity is proved through the practical exercises during tutorial classes and the resolution of the case-study

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A disciplina desenvolve-se com uma primeira parte onde é apresentado o procedimento para a seleção de materiais. É utilizado um processo semelhante para a seleção dos processos de fabrico. Nesta fase as aulas são teóricas, com teórico-práticas em que são apresentados exemplos específicos sobre cada um dos passos que compreendem o procedimento referido. Os alunos resolvem alguns problemas práticos com base na solução resumida apresentada no livro de texto. Numa segunda fase é distribuído um caso prático aos alunos que é objeto de um relatório final com

apresentação e defesa perante um júri.

Exame - 40%

Projeto - 60%

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

In a first part of the course the procedure to perform the materials selection is presented. A similar procedure is adopted for the selection of the manufacturing processes. In this phase, the theoretical classes are complemented with theoretical-practical, where specific examples of each step of the selection procedure are taught to the students. The students solve practical problems which are briefly solved in the text book. In a second phase, a case-study is distributed to the students. Its development will end with a final report and an oral defense in front of an evaluation committee.

Exam - 40%

Project - 60%

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

A metodologia de ensino baseia-se essencialmente em aulas presenciais do tipo teórica e teórico-prática nas quais tenta-se sempre relacionar os assuntos lecionados com a engenharia mecânica. Em geral, os métodos de ensino utilizados fazem uso de outras disciplinas do curso. Os alunos são encorajados a abordarem a resolução dos exercícios práticos nas aulas teórico-práticas autonomamente, como preparação para a resolução do caso estudo. Esta aproximação permite fazer uma avaliação contínua do seu desempenho que culmina, após a lecionação de todos os passos necessários à seleção, num teste de avaliação. Toda este procedimento é depois utilizado durante a resolução do caso-estudo, preparando os alunos para situações reais da Indústria.

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

The teaching methodology is mainly based on theoretical and practical presential classes, in which the correlation between subjects taught and mechanical engineering is targeted. In general, the teaching methods make use of the other courses of the program. The students are encouraged to solve the practical questions autonomously, as a preparation for the resolution of the case-study. This approach allows to perform a continuous evaluation of the students' performance which ends, after learning all the steps for the selection procedure, in a final test. All this procedure is after used during the resolution of the case-study, preparing the students for the real situations that they will find in Industry.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

*M.F. Ashby, **Materials Selection in Mechanical Design**, Elsevier, 2011.*

*N.A. Waterman e F. Sabih, **Materials Selector - Vol. I II e III**, Elsevier, 1991.*

*CES EDUPack software, **Granta Design**, 2014.*

Mapa IV - Simulação Numérica de Processos de Fabrico

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Simulação Numérica de Processos de Fabrico

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Numerical Simulation of Manufacturing Processes

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

CEM

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

4.4.1.5. Horas de contacto:

T - 28; PL - 28

4.4.1.6. ECTS:

6

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 Filipe Martins Menezes (T – 28; PL – 28)

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 centra-se na simulação numérica de processos de fabrico, que se caracterizam por serem problemas não lineares. No final o aluno deverá ser capaz de identificar: (1) os tipos de não linearidades; (2) os tipos de formulações cinemáticas e métodos de integração; (3) os modelos constitutivos de descrição do comportamento mecânico dos materiais deformáveis; (4) os tipos de discretização espacial (corpos deformáveis e rígidos); passíveis de serem utilizados para diferentes processos tecnológicos. O aluno deverá também ser capaz de desenvolver um modelo de simulação numérica de um processo de conformação por deformação plástica.

Pretende-se ainda com esta unidade curricular contribuir para o desenvolvimento das seguintes competências genéricas no aluno: aplicação prática de conhecimentos teóricos; comunicação oral e escrita; conhecimentos de informática; raciocínio crítico e aprendizagem autónoma; adaptabilidade a novas situações; e autocrítica.

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

This course focuses on the numerical simulation of manufacturing processes, characterized as nonlinear problems. At the end of the course, the student should be able to identify: (1) the types of nonlinearities; (2) the types of kinematic formulations and time integration methods; (3) the constitutive models for describing the mechanical behaviour of deformable materials; (4) the types of spatial discretization (deformable and rigid bodies); that can be used for different technological processes. The student should also be able to develop a numerical simulation model of a forming process.

The aim is also to contribute to the development of the following generic skills in students: practical application of theoretical knowledge; oral and written communication; computer skills; critical thinking and independent learning; adaptability to new situations; and self-criticism.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1. Introdução a problemas não lineares. Definição de não linearidades geométricas, materiais e de condições de fronteira.*
- 2. Mecânica dos meios contínuos em grandes deformações. Cinemática das grandes deformações. Formulação estática e dinâmica. Integração temporal implícita e explícita.*
- 3. Comportamento mecânico e termomecânico de materiais. Critérios de plasticidade anisotrópicos e leis de encruamento. Estratégias para a identificação dos parâmetros dos modelos.*
- 4. Tratamento das condições de fronteira evolutivas. Modelação e tratamento numérico de problemas de contacto com atrito. Modelos de atrito.*
- 5. Discretização espacial de corpos deformáveis e rígidos. Tipos de elementos finitos e integração espacial.*
- 6. Importância da validação experimental.*

4.4.5. Syllabus:

- 1. Introduction to nonlinear problems. Definition of nonlinearities related with geometry, material and boundary conditions.*
- 2. Continuum mechanics in large deformation. Kinematics of large deformations. Static and dynamic formulations. Implicit and explicit time integration.*
- 3. Mechanical and thermomechanical behaviour of materials. Anisotropic yield criteria and hardening laws. Strategies for the identification of the constitutive parameters.*
- 4. Treatment of evolving boundary conditions. Modelling and numerical treatment of contact with friction problems. Friction models.*
- 5. Spatial discretization of deformable and rigid bodies. Types of finite elements and spatial integration.*
- 6. Importance of experimental validation.*

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

A disciplina enquadra-se no domínio da concepção assistida por computador, englobando um conjunto de temas multidisciplinares, nomeadamente: a tecnologia dos processos a simular, a caracterização de materiais, a mecânica

dos meios contínuos, a modelação matemática e os métodos numéricos. O domínio científico em que se insere o seu conteúdo faz apelo a numerosos conceitos fundamentais tanto do ponto de vista físico como mecânico. Aprofundam-se os conceitos teóricos associados à deformação de materiais, fornecendo as ferramentas analíticas e numéricas que permitem tratar os problemas associados à simulação dos processos tecnológicos, de modo a desenvolver no aluno as competências específicas e genéricas contempladas nos objetivos da unidade curricular.

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

The course fits into the field of computer-aided design, encompassing a multidisciplinary range of topics, including mechanical technology of the processes characterization of materials, continuum mechanics, mathematical modelling and numerical methods. The scientific field that fits the content of the course appeals to many basic concepts of both physical and mechanical point of view. The theoretical concepts associated with the deformation of materials are explored, providing analytical and numerical tools for treating the problems associated with the simulation of technological processes, in order to develop in students the specific and general skills covered in the objectives of the course.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas de exposição dos conteúdos definidos no programa e aulas práticas com utilização das ferramentas numéricas disponíveis no DEM, nomeadamente programas de simulação numérica com o método dos elementos finitos. Resolução de problemas de forma autónoma, com recurso a estas ferramentas numérica, que estimulam a integração dos conhecimentos. Realização de um projecto que envolve o desenvolvimento de um modelo de simulação numérica de um processo de conformação por deformação plástica e sua subsequente utilização na seleção de parâmetros de processo.

Projeto - 50%

Resolução de problemas - 50%

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Lectures of the content defined in the program and practical classes with the use of the numerical tools available, including finite element codes. Autonomous problem solving, using these numerical tools, which stimulate the integration of knowledge. Performing a project that involves the development of a numerical simulation model of a forming process and its subsequent use in the selection of process parameters.

Project - 50%

Problem resolving report - 50%

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

Nas aulas de exposição são apresentados os conteúdos definidos no programa da unidade curricular, com apresentação e discussão de exemplos. São assim fornecidos os conceitos teóricos associados à deformação de materiais, a diferentes temperaturas, e as formulações dos modelos matemáticos que permitem caracterizar os problemas associados à simulação dos processos tecnológicos.

Nas aulas práticas recorre-se a programas de simulação, para a realização de simulações numéricas de processos de fabrico. Neste contexto, é dado algum enfase aos processos de conformação plástica, de modo a aproveitar as competências dos docentes nesta área.

Pretende-se com esta complementaridade de formação, teórica e aplicada, desenvolver no aluno competências específicas na área da mecânica computacional e alertá-los para as vantagens e perigos da utilização de modelos de simulação.

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

In the lecture classes the contents of the program of the course is presented together with the presentation and discussion of examples. The theoretical concepts associated with the deformation of materials, at different temperatures, and the formulations of mathematical models that characterize the problems associated with the simulation of technological processes, are presented.

In the practical classes, the students use numerical simulation codes, to perform numerical simulations of manufacturing processes. In this context, some emphasis is given to forming processes, in order to take advantage of the teachers expertise in this area.

It is intended with this complementary training, theoretical and applied, that students develop specific skills in the field of computational mechanics and alert them to the advantages and dangers of using numerical simulation models.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

**- M. Schäfer, Computational Engineering – Introduction to Numerical Methods, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2006.
- O.C. Zienkiewicz, R.L. Taylor, D.D. Fox, The finite element method: for solid & structural mechanics (Seventh Edition), Butterworth-Heinemann, 2014.**

- H. Tschaetsch, Metal Forming Practise: Processes – Machines – Tools, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2006.

- Taylan Altan (Eds.), Metal Forming Handbook /Schuler, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1998.

- G. Chryssolouris, Manufacturing Systems: Theory and Practice, Springer Science-i-Business Media, Inc., 2006.

- *P. Wriggers, Computational Contact Mechanics, Springer Berlin Heidelberg New York, 2001.*
- *L.E. Malvern, Introduction to the Mechanics of a Continuous Medium, PrenticeHall, 1971*
- *D. Banabic, Formability of metallic materials: plastic anisotropy, formability testing, forming limits, Springer, Berlin, 2000.*

Mapa IV - Tecnologias de Energia Renovável

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Tecnologias de Energia Renovável

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Technologies of Renewable Energy

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

CEM

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

4.4.1.5. Horas de contacto:

T-28; TP-28

4.4.1.6. ECTS:

6

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):

Almerindo Domingues Ferreira (T-14; TP-14)

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

Adélio Manuel Rodrigues Gaspar (T-14; TP-14)

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

Dotar os alunos de conhecimentos sobre as diversas tecnologias, potencialidades, princípios, e aplicações relacionadas com as diversas fontes de energia renovável. As diversas opções são analisadas, onde se incluem os sistemas térmicos e fotovoltaicos de energia solar, energia eólica, sistemas hidráulicos, biomassa e produção de biocombustíveis, energia das ondas e das marés, e energia geotérmica. São igualmente enumeradas as formas de armazenamento de energia, necessárias ao melhor aproveitamento das fontes de energia renovável.

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

Provide students with knowledge about the various technologies, potentials, principles, and applications related to the various sources of renewable energy. The various options are analyzed, including solar thermal and photovoltaic systems, wind energy, hydraulic systems, biomass and biofuels production, wave and tidal energy, and geothermal energy. The various forms of energy storage are also addressed as they play a very important role for the the best harnessing of some of the more powerful renewable energy sources.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Formas de energia renovável:

1. Energia solar

Fundamentos da radiação solar. Sistemas térmicos solares. Sistemas fotovoltaicos.

2. Energia eólica**3. Bioenergia****4. Hidroeletricidade.****5. Energia dos oceanos e das marés.****6. Energia geotérmica**

Sistemas de armazenamento de energia.

4.4.5. Syllabus:

Forms of renewable energy:

1. Solar energy fundamentals. Solar thermal systems. Solar photovoltaic systems.

2. Wind energy

3. Bioenergy

4. Hydroelectricity.

5. Ocean and tide energy.

6. Geothermal energy.

Storage energy systems.

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

O conteúdo programático está estruturado para conferir ao aluno a capacidade de compreender o potencial associado às diversas formas de energia renovável, e entender a forma de aproveitamento dessa energia. Com base nesse conhecimento, o aluno deverá conseguir propor metodologias para o seu aproveitamento, e assim contribuir para o projeto de sistemas práticos.

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

Syllabus are designed to give the student the ability to understand the potential associated with the various forms of renewable energy, and to comprehend the form of harnessing such energy. Based on this knowledge, the student should be able to propose methodologies for their use, and thus contribute to the design of practical systems.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas expositivas de natureza tutorial em que os conceitos teóricos surgem associados à posterior referência das tecnologias apropriadas existentes. Na exposição das diferentes alternativas energéticas deverão, sempre que possível, ser ilustradas com exemplos reais em que são aplicadas. Não existe uma distinção marcada entre aulas Teóricas e aulas Teórico-Práticas, servindo estas para desenvolver e ilustrar mais profundamente a aplicação a situações concretas.

Exame - 50%

Projeto - 50%

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Classes are mainly of tutorial nature, where the theoretical concepts are followed by the reference to the available technologies. Whenever feasible, practical illustrations of real examples will be given.

There will be no clear distinction between tutorial and practical classes, being these used to emphasize real applications.

Exam - 50%

Project - 50%

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

A unidade curricular está estruturada no sentido de promover a participação ativa do aluno através do seu trabalho autónomo, e também do trabalho em grupo. O estímulo para participação na aula através da resolução de problemas, e da discussão oral, destina-se a promover a resolução de problemas em grupo, e a desenvolver a capacidade de expressão oral.

O incentivo à participação nas discussões, e consequente avaliação, procura incentivar e premiar o desenvolvimento de espírito crítico.

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

The course is structured to promote the active participation of the student through their autonomous work, as well as group work. The stimulus for class participation through problem solving and oral discussion is designed to promote group problem solving and to develop oral expression skills.

The incentive to participate in discussions, and consequent evaluation, seeks to encourage and reward the development of critical thinking.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Kanoğlu, M., Çengel, Y.A., Cimbala, J.M., "Fundamentals and Applications of Renewable Energy". McGraw-Hill Education, 2019 (1st ed.), 415 p.

Peake, S., "Renewable Energy: Power for a Sustainable Future". Oxford University Press, 2020 (4th ed.), 584 p.

Usher, B., "Renewable Energy: A Primer for the Twenty-First Century". Columbia University Press, 2019, 226 p.

"Renewable Energy: Technology, Economics and Environment". Martin Kaltschmitt, Wolfgang Streicher, Andreas Wiese (Editors). Springer, 2007, 564 p.

"Renewable Energy: Power for a Sustainable Future" – 3rd edition, Godfrey Boyle (Editor). Oxford Press University, 2012, 566 p.

Mapa IV - Turbomáquinas**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

Turbomáquinas

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Turbomachines

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

CEM

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

4.4.1.5. Horas de contacto:

T- 28; TP - 24, PL - 4

4.4.1.6. ECTS:

6

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):

Jorge Campos da Silva André (T- 28; TP - 24, PL - 4)

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):**

Nesta disciplina pretende-se complementar a formação na área da mecânica aplicada e dos fluidos e aprofundar os conhecimentos sobre a análise do escoamento e do princípio de funcionamento dos principais tipos de turbomáquinas.

Os alunos deverão adquirir uma boa compreensão e domínio acerca dos critérios de seleção, dimensionamento e utilização de turbomáquinas, para aplicações quer em instalações fixas quer móveis.

Pretende-se ainda proporcionar um contacto com a determinação experimental das características de um conjunto de turbomáquinas e com o processo de elaboração do anteprojecto de uma turbomáquina do tipo radial, com o respetivo dimensionamento e desenho.

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

The objective of this discipline is to complement the knowledge in the areas of applied mechanics and fluid mechanics

on the analysis of flow in a turbomachine and the fundamentals of operation of the main types of turbomachines. The students should acquire a good understanding and mastering of the criteria to select and determine the size and operation conditions of turbomachines used both in fixed and mobile installations. It is also planned to provide a contact with the experimental determination of the characteristics of a set of turbomachines and with the process of designing a radial turbomachine with the respective construction and operation project.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1. Introdução: âmbito da disciplina; classificação das Turbomáquinas (TM).*
- 2. Características Globais das TM: análise dimensional; trocas de energia, rendimento, características de funcionamento das TM; diagrama de Cordier, seleção e dimensionamento das TM; cavitação em TM.*
- 3. Equações fundamentais no estudo das TM: revisão das equações de conservação em referenciais não inerciais; análise unidimensional e bidimensional do escoamento; equação de Euler; triângulo de velocidades.*
- 4. Análise do funcionamento dos principais tipos de TM: turbina Pelton; bombas e ventiladores centrífugos: projeto de uma TM radial; turbinas Francis e Kaplan; ventiladores e compressores axiais; turbina de vapor; turbocompressores e turbinas de gás; noções de propulsão; transmissão automática; turbinas cross-flow; turbinas eólicas; TM volumétricas.*

4.4.5. Syllabus:

- 1. Introduction: objectives and contents of the discipline; classification of turbomachines (TM).*
- 2. Global Characteristics of TM: dimensional analysis; energy transfer, efficiency, working characteristics of TM; Cordier diagram, selection and dimension assessment of TM; cavitation in TM.*
- 3. Fundamental equations for the study of TM: revision of conservation equations in non-inertial systems; one and two dimensional flow analysis; Euler equation; velocity triangle.*
- 4. Analysis of operation of the main types of TM: Pelton turbine; centrifugal pumps and ventilators: Project of a radial TM; Francis and Kaplan turbines; axial fans and compressors; steam turbines: Laval, Curtis and Parson turbines; turbo-compressors and gas turbines; notions of propulsion; hydraulic transmission; cross-flow turbines; wind turbines; expanders (displacement turbines).*

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

O estudo das características globais das TM permite conhecer os parâmetros que regulam o seu funcionamento, desempenho e aperceber-se da diversidade de configurações geométricas que as TM podem assumir. Proporciona critérios de seleção, dimensionamento e utilização.

No estudo das equações fundamentais analisa-se o escoamento uni/bidimensional, absoluto/relativo, no interior de uma TM. Procede-se ao estudo das características dos principais tipos de TM, permitindo compreender o porquê do modo de funcionamento de uma dada TM e desta forma dominar o seu processo de projeto e operação.

O ensaio laboratorial proporciona aos alunos uma perceção do problema da medição de grandezas físicas, de testar os seus conhecimentos e de validar a aplicação de modelos de cálculo no dimensionamento de TM.

O projeto dá aos alunos uma oportunidade de sintetizar os conhecimentos adquiridos nesta e noutras disciplinas, à conceção e dimensionamento de uma TM que deve satisfazer um conjunto de características.

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

The analysis of global characteristics of TM allows to understand the main parameters that govern their operation and efficiency and understand the variety of geometric configurations that TM may assume. They also acquire criteria for the selection dimensioning and use of TM.

Based on fundamental principles, one or two dimensional, absolute and relative flow inside a TM is analyzed. The characteristics of the main types of TM is analyzed in order to understand why they have such working properties and to master their design and operation processes.

The laboratory test provides the students with a perception of the problem of measuring physical properties and to test their knowledge and the application of models to predict the operation of a TM.

The project provides the students with an opportunity to synthesize the knowledge acquired in this and in other disciplines to the calculus and design of a TM that must comply with a set of pre defined specifications.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Nas aulas T são expostos os assuntos versados no programa de forma detalhada, motivando os alunos para complementarem esses assuntos no seu estudo pessoal.

As aulas TP consistem na análise e resolução de problemas, e na componente laboratorial onde os alunos devem experimentar e resolver situações relativas à matéria.

Todos os alunos devem realizar dois trabalhos de grupo, um de carácter experimental e um projeto de síntese, para complementar e consolidar a sua formação.

Frequência - 60%

Projeto - 10%

Trabalho de síntese - 20%

Trabalho laboratorial ou de campo - 10%

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

In the theoretical classes the topics dealt with in the program are presented in detail in order to motivate the students to research and complement those topics in their personal study looking more in depth to the proposed subjects.

The theoretical-practical classes are divided into the analysis and resolution of problems and the laboratory component in which the students must test and solve practical situation in the area of application.

Each student must perform two group works, one of experimental nature and another of computational nature in order to complement and strengthen his training.

Midterm exam - 60%

Project - 10%

Synthesis work - 20%

Field work or laboratory work - 10%

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

O ensino T destina-se a complementar a formação em matérias que são em boa parte novas, motivando para o estudo de problemas de engenharia.

Os problemas TP propostos destinam-se a consolidar e testar os conhecimentos e a fomentar a capacidade de formulação matemática dos problemas e a proposta de soluções para problemas de complexidade crescente.

O trabalho laboratorial tem a finalidade de proporcionar um contacto com os processos de medição de grandezas físicas, para a verificação da validade dos conceitos teóricos e aplicação de modelos ao cálculo de sistemas hidráulicos e pneumáticos que requeiram TM assim como a seleção e o dimensionamento das mesmas.

O trabalho de projeto permite utilizar os conhecimentos adquiridos no processo iterativo de dimensionamento dos componentes de uma TM e de previsão as suas características "off-design".

A visita aos laboratórios e a algumas instalações industriais porá os alunos em contacto com um variado número de casos de aplicação de TM.

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

The theoretical teaching is aimed to complement the training in some topics that are in great part new and to motivate to study real engineering problems.

The theoretical-practical problems are aimed to consolidate and test the level of knowledge and to promote the capacity to formulate problems in a mathematical form and to propose solutions to problems of increasing complexity.

The laboratorial test is aimed to allow a contact with the processes of measuring physical quantities in order to validate the theoretical concepts and assess the application of models to design hydraulic and pneumatic systems requiring TM and their selection.

The Project work allows to use the knowledge acquired in this and other disciplines in the process of calculating and designing the components of a TM and predicting its off-design characteristics.

The visit to the laboratories and to some industrial facilities will put the students in contact with a wide set of applications of TM.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

D. X. VIEGAS (2019) – Apontamentos da Disciplina de Turbomáquinas (PDF das aulas) | Theoretical Notes of the Unit (pt), FCTUC

D. X. VIEGAS (2010) – Enunciados de Problemas | Problems (pt), FCTUC

C. PFLEIDERER e H. PETERMANN (1979) - Máquinas de Fluxo | Flow Machines (pt), Mc. Graw Hill

H. SCHULZ - Bombas | Pumps (pt)

C. PFLEIDERER (1960) - Bombas Centrífugas e Turbocompressores | Centrifugal Pumps and Turbocompressors (pt)

A. J. STEPANOFF (1957) - Centrifugal and Axial Flow Turbines | Turbinas Centrífugas e Axiais (eng)

Mapa IV - Dissertação de Mestrado**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

Dissertação de Mestrado

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Master Dissertation

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

CEM

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

810

4.4.1.5. Horas de contacto:

OT - 42

4.4.1.6. ECTS:

30

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):

Ana Paula Betencourt Martins Amaro (n.a.)

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

Sendo uma disciplina de síntese em que cada aluno tem uma orientação tutorial por parte de um docente, esta poderá ser realizada por qualquer docente do DEM ou outro departamento da FCTUC.

As a synthesis course where each student has a tutorial guidance from a teacher, it can be performed by any teacher from DEM or other departments of FCTUC.

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

A dissertação em Engenharia Mecânica tem por objetivo a realização de um trabalho individual, de natureza científica e/ou tecnológica, acerca de um tema da área de conhecimento do curso. Esse trabalho visa a integração e aplicação de conhecimentos, competências e atitudes adquiridas ao longo do curso. Esta dissertação poderá consistir num trabalho de investigação realizado nos laboratórios do DEM, ou na aplicação em ambiente industrial das ferramentas adquiridas no 1º ciclo e nas unidades curriculares entretanto adquiridas durante a frequência do 2º ciclo. O resultado do trabalho desenvolvido ao longo da dissertação deverá originar um documento escrito, o qual tem de ser defendido perante um Júri composto por pelo menos três elementos, em que pelo menos 2 têm de ser docentes/investigadores doutorados da FCTUC pertencentes à(s) área(s) de especialidade do tema da dissertação.

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

The dissertation in Mechanical Engineering aims at the realization of an individual scientific and / or technological research work of on a subject of the knowledge area of the course. This work aims at the integration and application of knowledge, skills and attitudes acquired during the course. This dissertation may be a research work carried out in the laboratories of DEM or the application in the industrial context of the tools acquired in the 1st cycle and in the curricular units meanwhile acquired during the frequency of the 2nd cycle. The result of the work developed throughout the dissertation should lead to a written document, which must be defended before a Jury composed of at least three elements, in which at least 2 must be FCTUC professors / PhD researchers belonging to (s) area (s) of specialty theme.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

A dissertação decorre a tempo inteiro numa instituição a selecionar (laboratório do DEM ou empresa parceira), obedecendo a um programa de trabalho individual previamente definido pelo(s) orientador(es). De uma forma genérica o trabalho a desenvolver envolverá: Definição detalhada do problema a analisar; Pesquisa bibliográfica; Desenvolvimento e aplicação de metodologias de análise, experimentais ou numéricas; Obtenção e quantificação de resultados; Elaboração do relatório de síntese; Apresentação pública final perante um júri.

4.4.5. Syllabus:

The dissertation is a full time work in a selected institution (DEM laboratory or partner company facilities), according to a work plan previously defined by the supervisor(s). Generally the work will involve developing: Detailed definition of the problem to be analyzed; Literature review, development and application of analysis methodologies, experimental or numerical; Collection and quantification of results, preparation of the synthesis report; Final public presentation before a jury.

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

Os pontos genéricos do programa definido anteriormente são os necessários para conduzir um trabalho de síntese,

elaborar um relatório e apresentá-lo publicamente. O trabalho proposto levará o aluno a ter de aplicar e integrar conhecimentos adquiridos em diversas unidades curriculares do plano de estudos. Além disso, a elaboração do trabalho levará o aluno a aplicar competências que se pretendem transmitir ao longo do curso como: análise e síntese; comunicação oral e escrita; resolução de problemas; raciocínio crítico; investigação e criatividade, entre outras.

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

The generic points of the program defined above are those necessary to conduct a work of synthesis, prepare a report and prepare a public presentation. The proposed work will lead the student to apply and integrate knowledge from various disciplines of the course curriculum. In addition, the preparation of the work will lead the student to apply skills to be transmitted along the course such as: analysis and synthesis, oral and written communication, problem solving, critical thinking, research and creativity, among others.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

No início do semestre os temas de trabalho disponíveis (aos quais se encontra associado um/dois orientadores) são atribuídos aos alunos de acordo com critérios pré definidos. Pretende-se que o aluno desenvolva o tema proposto de forma autónoma, sendo definido entre este e o seu orientador um conjunto de reuniões periódicas para verificar o andamento do trabalho e ultrapassar dificuldades que surjam. De modo a garantir o cumprimento dos prazos de entrega os alunos devem fazer uma apresentação intermédia do seu trabalho perante elementos da comissão de acompanhamento das dissertação de mestrado.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

At the beginning of the semester the research topics available (which one has associated one/two supervisors) are assigned to students according to predefined criteria. It is intended that the student develops the theme autonomously. A set of periodic meetings between the student and the supervisor is conducted during the semester to check the progress of the work and overcome difficulties. In order to ensure compliance with the deadlines students must make an intermediate presentation of their work to the elements of the monitoring committee of master dissertations.

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

Uma vez que esta unidade curricular consiste na realização de um trabalho de síntese individual, faz todo o sentido que não existam aulas formais, havendo antes um acompanhamento personalizado de cada aluno por parte de um/dois orientador (es) especialista (s) na área de conhecimento do trabalho a desenvolver.

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

Since this course consists in the preparation of an individual work of synthesis, no formal lectures are provided. Instead a personalized support for each student is given by one/two supervisor (es) which is (are) an expert (s) in the field of the work to develop.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

***Oliveira, Luís Adriano (2012) Dissertação e Tese em Ciência e Tecnologia segundo Bolonha (2.ª ed.), Lidel.
Oliveira, M.C.; Silva, C.; Oliveira, L.A. (2013) Modelo para preparação do Relatório Final e do Resumo da Tese de Mestrado.
Bibliografia recomendada pelo orientador em função do tema de trabalho a desenvolver..***

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:

A UC garante o alinhamento na definição das Fichas de Unidade Curricular, de forma que os objetivos de aprendizagem, competências, métodos de ensino e avaliação sejam coerentes. O Conselho Científico analisa e valida as FUC e o Conselho Pedagógico analisa e discute estas matérias. Procura-se ainda garantir a promoção desta adequação através da análise dos resultados dos inquéritos pedagógicos e definição de ações de melhoria, quando aplicável – estes inquéritos avaliam a perceção dos estudantes sobre os resultados da aprendizagem alcançados. Adicionalmente, ainda no âmbito dos inquéritos, os comentários dos estudantes e docentes são analisados e classificados, permitindo a identificação de aspetos a ajustar nas metodologias de ensino e aprendizagem e sua adequação aos objetivos de aprendizagem definidos. Esta informação é utilizada pela Coordenação do C.E. e Direção da UO, para definir e implementar melhorias.

4.5.1. Evidence of the teaching and learning methodologies coherence with the intended learning outcomes of the study programme:

The UC ensures consistency in the definition of Curricular Unit Sheets, so that the learning objectives, skills, teaching methods and assessment are appropriate. The Scientific Council analyzes and validates the FUC and the Pedagogical

Council analyzes and discusses these matters. It also seeks to ensure the promotion of this adequacy by analyzing the results of pedagogical surveys and defining improvement actions, where applicable - these surveys assess students' perceptions of the learning outcomes achievement. Additionally, still within the scope of the surveys, the comments of students and teachers are analyzed and classified, allowing the identification of aspects to be adjusted in teaching and learning methodologies and their adequacy to the defined learning objectives. This information is used by the C.E. Coordination and OU Directorate to define and implement improvements.

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

A UC procura, desde logo, garantir esta verificação através da análise dos inquéritos pedagógicos a outros ciclos de estudo com unidades curriculares análogas, sendo solicitado a estudantes e docentes que avaliem a adequação da carga de esforço exigida (ligeira, adequada, moderadamente pesada ou excessiva).

4.5.2. Means to verify that the required students' average workload corresponds the estimated in ECTS.:

UC seeks to ensure this verification through the analysis of pedagogical surveys to other study cycles with similar curricular units, and students and teachers are asked to evaluate the adequacy of the required effort load (light, adequate, moderately heavy or excessive).

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:

Os docentes definem a avaliação de acordo com os objetivos de aprendizagem das unidades curriculares que coordenam, considerando os objetivos gerais do curso. Estes aspetos, bem como a adequação da avaliação aos objetivos encontram-se definidos na ficha da unidade curricular, que é analisada e validada pelo Conselho Científico. A verificação desta coerência é feita em reuniões com o corpo docente e discente e reuniões do Conselho Pedagógico, permitindo a identificação de aspetos a ajustar nas metodologias de avaliação e a sua adequação aos objetivos de aprendizagem definidos.

4.5.3. Means of ensuring that the students assessment methodologies are adequate to the intended learning outcomes:

Teachers define the assessment according to the learning objectives of the coordinating units, considering the general objectives of the course. These aspects, as well as the adequacy of the evaluation to the objectives are defined in the course unit form, which is analyzed and validated by the Scientific Council. This consistency is verified in meetings with teachers and students and in Pedagogical Council meetings, allowing the identification of aspects to be adjusted in the evaluation methodologies and their suitability to the defined learning objectives.

4.5.4. Metodologias de ensino previstas com vista a facilitar a participação dos estudantes em atividades científicas (quando aplicável):

O quadro docente é totalmente composto por professores doutorados que desenvolvem as suas atividades de investigação em unidades classificadas com "Excelente. A ligação a estas unidades de investigação permite que os estudantes tirem partido da evolução do conhecimento que se alcança nos vários domínios da engenharia mecânica.

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

The teaching staff is fully composed of PhD teachers who carry out their research activities in units classified as "Excellent". The proximity to these research units allows students to take advantage of the evolution of knowledge that is achieved in the various fields of mechanical engineering

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:

O Decreto-lei 74/2006 estabelece que no ensino universitário, o ciclo de estudos conducente ao grau de mestre pode ter entre 90 e 120 créditos. A Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra recomendou que as formações ao nível de mestrado fossem organizadas em ciclos de estudos com a duração de quatro semestres correspondentes a 120 créditos. Acresce ainda que as formações equivalentes, quer ao nível internacional, quer a nível interno, estão organizadas em ciclos de dois anos.

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:

Decree-Law 74/2006 states that in university education, the cycle of studies leading to the master degree may have between 90 and 120 credits. The Faculty of Science and Technology of the University of Coimbra recommended that master degree programs be organized in four-semester study cycles of 120 credits. In addition, equivalent international and national masters are organized in two-year cycles

4.6.2. Forma como os docentes foram consultados sobre a metodologia de cálculo do número de créditos ECTS das unidades curriculares:

A organização do plano de estudos do MEM tirou partido da experiência adquirida pelo departamento na leção do atual Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica. Os docentes responsáveis pelas novas unidades curriculares têm uma vasta experiência na leção de matérias em cada uma das áreas de especialidade. Da articulação entre os conhecimentos nas várias áreas disciplinares, com os constrangimentos definidos para o número de horas de contacto semanal, foi decidido em reuniões participadas pelos docentes organizar o plano de estudo maioritariamente em unidades curriculares (UC) de 6 ECTS. Respeitando os constrangimentos já indicados, cabe aos professores responsáveis por cada UC definir as atividades concretas a efetuar pelo estudante, de forma que, cumulativamente, correspondam ao esforço previsto nos créditos atribuídos

4.6.2. Process used to consult the teaching staff about the methodology for calculating the number of ECTS credits of the curricular units:

The organization of MEM's syllabus took advantage of the department's experience in teaching the current Integrated Master in Mechanical Engineering. The teachers responsible for the new curricular units have vast experience in teaching subjects in each of the areas of specialty. From the articulation between the topics of the various disciplinary areas, with the constraints defined for the number of weekly contact hours, it was decided, by meetings attended by the teachers, to organize the study plan mostly in curricular units (UC) of 6 ECTS. Respecting the constraints already indicated, it is up to the teachers responsible for each course to define the concrete activities to be performed by the student, so that, cumulatively, they agree to the effort corresponding to the credits attributed

4.7. Observações

4.7. Observações:

Após o término de cada semestre a carga efetiva referente a cada unidade curricular é revista e reavaliada, tendo em consideração as respostas aos inquéritos pedagógicos por parte dos estudantes e do corpo docente, bem como os comentários e sugestões resultantes dos fóruns pedagógicos organizados pelo núcleo de estudantes.

4.7. Observations:

After the end of each academic semester, the effective workload for each curricular unit is reviewed and re-evaluated, taking into account the responses to pedagogical inquiries by students and teachers, as well as comments and suggestions resulting from the pedagogical forums organized by students.

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.

Ana Paula Betencourt Martins Amaro

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
Ana Paula Betencourt Martins Amaro	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Engenharia Mecânica - Mecânica Estrutural	100	Ficha submetida

Ana Paula da Fonseca Piedade	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Engenharia Mecânica	100	Ficha submetida
Bruno Miguel Quelhas de Sacadura Cabral Trindade	Professor Associado ou equivalente	Doutor		Engenharia Mecânica	100	Ficha submetida
Almerindo Domingues Ferreira	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Engenharia Mecânica	100	Ficha submetida
Dulce Maria Esteves Rodrigues	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Engenharia Mecânica	100	Ficha submetida
Altino de Jesus Roque Loureiro	Professor Associado ou equivalente	Doutor		Engenharia Mecânica	100	Ficha submetida
José Domingos Moreira da Costa	Professor Associado ou equivalente	Doutor		Engenharia Mecânica	100	Ficha submetida
Adélio Manuel Rodrigues Gaspar	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Engenharia Mecânica	100	Ficha submetida
Pedro Mariano Simões Neto	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Título de especialista (DL 206/2009)	Engenharia Mecânica	100	Ficha submetida
Fausto Miguel Cereja Seixas Freire	Professor Associado ou equivalente	Doutor		Engenharia Mecânica	100	Ficha submetida
Jorge Campos da Silva André	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Engenharia Mecânica - Aerodinâmica	100	Ficha submetida
António Manuel Gameiro Lopes	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Engenharia Mecânica	100	Ficha submetida
Ricardo António Lopes Mendes	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Eng. Mecânica	100	Ficha submetida
José António Martins Ferreira	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor		Engenharia Mecânica, especialidade em Construções Mecânicas/Mechanical Engineering	100	Ficha submetida
José Carlos Miranda Góis	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Engenharia Mecânica	100	Ficha submetida
Manuel Carlos Gameiro da Silva	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor		Engenharia Mecânica	100	Ficha submetida
Luis Filipe Martins Menezes	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor		Engenharia Mecânica	100	Ficha submetida
Albano Augusto Cavaleiro Rodrigues de Carvalho	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor		Engenharia Mecânica	100	Ficha submetida
Pedro de Figueiredo Vieira Carvalheira	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Título de especialista (DL 206/2009)	Engenharia Mecânica na especialidade de Termodinâmica	100	Ficha submetida
Joaquim Norberto Cardoso Pires da Silva	Professor Associado ou equivalente	Doutor		Engenharia Mecânica	100	Ficha submetida
José Joaquim da Costa	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Engenharia Mecânica - especialidade de Transmissão de Calor	100	Ficha submetida
Maria Augusta Neto	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Mecânica Estrutural	100	Ficha submetida
Samuel de Oliveira Moniz	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Engenharia e Gestão Industrial	100	Ficha submetida

Ricardo Nuno Madeira Soares Branco	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Engenharia Mecânica	100	Ficha submetida
Aldora Gabriela Gomes Fernandes	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Gestão	100	Ficha submetida
Telmo Miguel Pires Pinto	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Industrial and Systems Engineering	100	Ficha submetida
				2600	

<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.

26

5.4.1.2. Número total de ETI.

26

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:	26	100

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):	26	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	25	96.153846153846
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	26	100	26
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	26

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.

O procedimento de avaliação dos docentes da UC tem por base o disposto no “Regulamento de Avaliação de Desempenho dos Docentes da Universidade de Coimbra”. A avaliação do desempenho dos docentes da UC é efetuada relativamente a períodos de três anos e tem em consideração quatro vertentes: investigação; docência; transferência e valorização do conhecimento; gestão universitária e outras tarefas.

O processo de avaliação compreende cinco fases (autoavaliação, validação, avaliação, audiência, homologação). O resultado final da avaliação de cada docente é expresso numa escala de quatro posições: excelente, muito bom, bom e não relevante.

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

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

The academic staff performance evaluation procedures of the University of Coimbra (UC) are set in the “UC’s Regulation for Teacher Performance Evaluation”. This regulation establishes the mechanisms to identify the teacher performance goals for each evaluation period. It clearly states the institution’s vision across its different levels and simultaneously outlines a clear reference board to value the teachers’ activities with the goal of improving their performance. At UC teachers’ performance evaluation is carried out over three-year periods and takes into account four pillars: research; teaching; knowledge transfer and enhancement; university management and other tasks.

Before a new evaluation cycle, each OU identifies for its subject areas a set of parameters that define the new teacher performance goals and their components, thus ensuring the continuous updating of this process.

5.6. Observações:

O corpo docente a lecionar no Mestrado em Engenharia Mecânica é constituído na sua totalidade por professores doutorados, sendo a grande maioria com nomeação definitiva, contabilizando-se um universo de 26 docentes a tempo integral. O corpo docente é totalmente adequado às necessidades científicas e pedagógicas deste curso de 2º ciclo. Apresenta uma distinta qualificação académica e científica, garantindo a estabilidade total em termos de corpo docente. Apesar dessa estabilidade, e da notável qualificação do corpo docente, é necessário iniciar a curto prazo a necessária e desejada renovação e rejuvenescimento do mesmo, visto a idade média do corpo docente ser relativamente elevada.

5.6. Observations:

The teaching staff involved in the Master in Mechanical Engineering is made entirely of PhD professors, almost with definitive appointment, accounting for a universe of 26 full-time professors. The teaching staff is fully suited to the scientific and pedagogical needs of the course, has brilliant academic and scientific qualifications and ensures total stability in terms of teaching staff. Despite this stability and the exceptional qualification of the teaching staff, it is necessary to start in the short term the necessary and desired renewal and rejuvenation of the teaching staff, since the average teaching staff age is relatively high.

6. Pessoal Não Docente

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

O pessoal não docente afeto ao ciclo de estudos será essencialmente composto por 7 funcionários não docentes que apoiam os vários cursos lecionados no Departamento de Engenharia Mecânica da FCTUC: 3 Técnicos Superiores; 1 Técnico de Informática; 2 Assistentes Técnicos e 1 Assistente Operacional. Todos os funcionários não docentes do DEM encontram-se em regime de dedicação exclusiva. Estes funcionários encontram-se divididos por várias funções de apoio aos cursos:

- Atendimento aos alunos;
- Apoio administrativo (recursos humanos, gestão financeira, assuntos académicos e secretariado);
- Manutenção de equipamentos e instalações;
- Apoio à realização de trabalhos nas oficinas.

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

The non-teaching staff allocated to the course will essentially consist of 7 administrative staff supporting the various courses taught in the Department of Mechanical Engineering of FCTUC: 3 “Técnicos Superiores”; 1 “Técnico de Informática”; 2 “Assistentes Técnicos” e 1 “Assistentes Operacionais”. All DEM non-teaching staff are in exclusive dedication. These technicians are divided among various course support functions:

- Students attendance (secretariat);
- Administrative support (human resources, financial management, academic affairs and secretariat);
- Maintenance of equipment and facilities;
- Support to the execution of work in the atelier.

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

*3 possuem o 12.º ano;
3 possuem licenciatura;
1 possui mestrado*

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

*3 have the 12th grade;
3 have a bachelor degree;
1 has master degree*

6.3. Procedimento de avaliação do pessoal não-docente e medidas conducentes à sua permanente atualização e desenvolvimento profissional.

A Universidade de Coimbra garante uma avaliação do desempenho do seu pessoal não docente de acordo com o disposto na lei que rege o SIADAP que adotou o método de gestão por objetivos, estabelecendo uma avaliação do desempenho baseada na confrontação entre objetivos fixados e resultados obtidos. O processo de avaliação é bienal e concretiza-se: em reuniões com o avaliador, superior hierárquico imediato, para negociação e contratualização dos objetivos anuais e para comunicação dos resultados da avaliação; e no preenchimento de um formulário de avaliação. A avaliação visa identificar o potencial de desenvolvimento do pessoal e diagnosticar necessidades de formação. Para a aplicação do SIADAP, o processo é supervisionado pela Comissão Paritária e pelo Conselho Coordenador da Avaliação.

6.3. Assessment procedures of the non-academic staff and measures for its permanent updating and personal development

The University of Coimbra guarantees an assessment of the performance of its non-teaching staff in accordance with the law governing SIADAP which adopted the objective management method, establishing a performance assessment based on the comparison between set objectives and results obtained. The evaluation process is biennial and is implemented: in meetings with the evaluator, immediate superior, to negotiate and contract the annual objectives and to communicate the evaluation results; and completing an evaluation form. The evaluation aims to identify staff development potential and to diagnose training needs. For the implementation of SIADAP, the process is overseen by the Joint Committee and the Evaluation Coordinating Council.

7. Instalações e equipamentos

7.1. Instalações físicas afetas e/ou utilizadas pelo ciclo de estudos (espaços letivos, bibliotecas, laboratórios, salas de computadores, etc.):

O ciclo de estudos irá recorrer essencialmente às instalações do Departamento de Engenharia Mecânica (DEM), situadas no Pólo II da UC. O DEM possui uma área total para laboratórios de 2837,5 m² que possuem um vasto conjunto de equipamentos utilizados para atividades de Investigação e Desenvolvimento. O DEM dispõe de 15 espaços letivos: 2 Anfiteatros, 10 salas de aulas e duas salas de informática. Para as aulas das Unidades Curriculares com maior número de alunos inscritos, o DEM recorre aos anfiteatros disponíveis no Bloco Pedagógico Central da FCTUC.

No Pólo II existe uma biblioteca central com um acervo de cerca de 42.000 livros e assina mais de 1300 revistas científicas nas diversas áreas de Engenharia e tem à disposição dos estudantes 220 lugares para estudo. No Pólo II, espalhados pelos diversos edifícios departamentais existem ainda mais cerca de 670 lugares para estudo.

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

The study cycle will mainly use the premises of the Department of Mechanical Engineering (DEM), located in the Campus II of UC. DEM has a total laboratory area of 2837.5 m2 having a wide range of equipment used for research and development activities. DEM has 15 teaching rooms: 2 amphitheatres, 10 classrooms and two computer rooms. For the classes of the courses with the largest number of students enrolled, DEM uses the amphitheatres available at the Central Premises of FCTUC. In Campus II there is a central library with a collection of about 42,000 books and more than 1300 scientific journals in various fields of Engineering. The library has available to students 220 places to study. Furthermore, spread by the various departmental buildings of Campus II, there are more approximately 670 places to study.

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

Na UC os alunos, docentes e investigadores têm acesso à “b-on” e ao “Web of Knowledge” e a diversas bases de dados bibliográficas. É disponibilizado o acesso a várias bibliotecas digitais quer da Universidade de Coimbra quer a depósitos de livros eletrónicos de acesso livre.

Os laboratórios do DEM possuem diversos equipamentos destinados à realização de atividades científicas e pedagógicas que se encontram em bom estado de conservação.

O edifício do DEM encontra-se ligado à Eduroam, que faz parte do sistema de redes universitárias nacionais e internacionais. Existe uma livraria de Software Comum licenciado pelo DEM, FCTUC ou UC, em servidor próprio que o DEM disponibiliza a todos os utilizadores registados. Entre os softwares disponibilizados encontram-se: aplicativo de Office, suites de programação, bases de dados, software utilitário vário e software utilizado nas várias disciplinas do Ciclo de Estudos (CAD, Linguagens de programação, simuladores, Matlab).

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

In the University of Coimbra, students, teachers and researchers have access to “b-on” and “Web of Knowledge” and various other bibliographic databases. It provided access to several digital libraries either from University of Coimbra or repositories of free access electronic books.

The DEM laboratories have several equipment’s for carrying out scientific and pedagogical activities that are in good condition.

The DEM building is connected to Eduroam, which is part of the national and international university networks system. There is a common software library licensed by DEM, FCTUC or UC in an own server accessible to all registered users. Among the available software there are: Office application, programming suites, databases, various utility software and software used in the various disciplines of the Study Cycle (CAD, programming languages, simulators, Matlab).

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
CEMMPRE	Excelente/Excelent	UC	16	
ADAI	Excelente/Excelent	UC	9	

Pergunta 8.2. a 8.4.

8.2. Mapa-resumo de publicações científicas do corpo docente do ciclo de estudos, em revistas de circulação internacional com revisão por pares, livros ou capítulos de livro, relevantes para o ciclo de estudos, nos últimos 5 anos.

<http://www.a3es.pt/si/iportal.php/cv/scientific-publication/formId/6073b787-9a20-4915-194b-5e874fc9d605>

8.3. Mapa-resumo de atividades de desenvolvimento de natureza profissional de alto nível (atividades de desenvolvimento

tecnológico, prestação de serviços ou formação avançada) ou estudos artísticos, relevantes para o ciclo de estudos:

<http://www.a3es.pt/si/iportal.php/cv/high-level-activities/formId/6073b787-9a20-4915-194b-5e874fc9d605>

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 docentes e investigadores do DEM estão maioritariamente integrados em duas unidades de investigação: O CEMMPRE- Centro de Engenharia Mecânica, Materiais e Processos e a ADAI – Associação para o Desenvolvimento da Aerodinâmica Industrial, esta última integra o Laboratório Associado LAETA. Ambas as unidades de investigação foram avaliadas pela FCT em 2019 com a classificação Excelente.

A título de exemplo listam-se alguns projetos em curso:

ON-SURF - POCI-01-0247-FEDER-024521, novembro de 2018 a Outubro de 2021

INTEGRADDE. Referência: HORIZON 2020 (820776), 2018. 2018 a 2022.

ifDAMAGElse: Referência: PTDC/EME-EME/30592/2017. Junho de 2018 a maio de 2021.

DRY2VALUE. Referência: 33662_Dry2Value. 1.09.2018 a 31.08.2020.

SMARTLUB. ref: POCI-01-0145-FEDER-031807

O DEM integra várias networks nos vários domínios em que intervém, nomeadamente o consórcio do curso TRIBOS - Joint Master Programme, que além da Universidade de Coimbra envolve as universidades de Lulea, Leeds e Ljubljana

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.

DEM's teachers and researchers are mainly integrated into two research units: CEMMPRE- Center for Mechanical Engineering, Materials and Processes and ADAI - Association for the Development of Industrial Aerodynamics, the latter part of the Associated Laboratory LAETA. Both research units were evaluated by FCT in 2019 with the rating Excellent.

As example, some ongoing projects are listed:

ON-SURF - POCI-01-0247-ERDF-024521, November 2018 to October 2021

INTEGRATED. Reference: HORIZON 2020 (820776), 2018. 2018 to 2022.

ifDAMAGElse: Reference: PTDC / EME-EME / 30592/2017. June 2018 to May 2021.

DRY2VALUE. Reference: 33662_Dry2Value. 1.09.2018 to 08.31.2020.

SMARTLUB. ref: POCI-01-0145-FEDER-031807

The DEM integrates several networks in the various areas in which they operate, namely the TRIBOS - Joint Master Program consortium, which, in addition to the University of Coimbra, involves the universities of Lulea, Leeds and Ljubljana.

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:

Como se trata de um 2º ciclo de estudos, para o qual não há qualquer experiência prévia na Universidade de Coimbra, as estatísticas disponíveis respeitam aos graduados pelo mestrado integrado em engenharia mecânica. A engenharia mecânica é uma área científica como uma empregabilidade muito elevada. Segundo os dados disponíveis, a nível nacional, existem 2,6% de recém-diplomados inscritos no IEFP como desempregados.

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

As this is a 2nd cycle of studies, for which there is no previous experience at the University of Coimbra, the statistics available concern graduates from the integrated master's degree in mechanical engineering. Mechanical engineering is a scientific area as a very high employability. According to available data, at national level, there are 2.6% of recent graduates enrolled in the IEFP as unemployed.

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

Como se trata de um 2º ciclo de estudos, para o qual não há qualquer experiência prévia na Universidade de Coimbra, as estatísticas disponíveis respeitam aos graduados pelo mestrado integrado em engenharia mecânica. O curso tem tido uma elevada capacidade de atração de estudantes, que tem conduzido a uma ocupação total do número de vagas na primeira fase de colocação. A classificação do último colocado tem sido elevada comparativamente com outros ciclos de estudos de engenharia.

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

As this is a 2nd cycle of studies, for which there is no previous experience at the University of Coimbra, the statistics available concern graduates from the integrated master's degree in mechanical engineering. The course has had a high student attractiveness which has led to a full occupancy of the number of vacancies in the first placement phase. The ranking of the last enrolled student has been high compared to other engineering cycles.

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

-

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

-

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:

Msc Curso em Engenharia Mecânica, Universidade de Sheffield; Programa de grau de mestre em Engenharia Mecânica, Universidade Técnica de Munich; MSc em Engenharia Mecânica, TU Delft; Engenharia Mecânica Laurea Magistrale, Politecnico di Milano

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

Msc Courses in Mechanical Engineering, University of Sheffield; Master's degree programs in Mechanical Engineering, Technical University of Munich; MSc Mechanical Engineering, TU Delft; Mechanical Engineering Laurea Magistrale, Politecnico di Milano

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

Nos cursos oferecidos por algumas das universidades de referência europeias a obtenção do título de mestre em engenharia mecânica requer uma formação de 1 ano, é o caso da Oxford Brookes University, University of Cambridge e Imperial College of London, e École National Supérieure d'Arts et Métiers. Todavia, a generalidade das universidades oferece igualmente uma formação de 2 anos. Restringindo a análise a esta última formação, é possível verificar que ela é oferecida, por exemplo, École polytechnique Fédérale de Lausanne, Politecnico de Milano, Technical University of Denmark. Todas estas oferecem mestrados em engenharia mecânica com várias especialidades de formação. O Mestrado em Engenharia Mecânica da Universidade de Coimbra fez uma opção semelhante, garantindo uma formação em uma de duas áreas de especialização, que possa permitir a progressão de estudos de doutoramento em várias engenharias, particularmente da engenharia mecânica, e grande habilitação para o mercado de trabalho.

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

Looking at the courses offered by some of the European reference universities, it can be concluded that in most of them to obtain the degree of master in engineer requires a 1-year degree, such as the Oxford Brookes University, University of Cambridge, Imperial College of London, École National Supérieure d'Arts et Métier. The most universities also offer a 2-year program leading to a master's degree. Restricting the analysis to the latter, it can be seen that it is, for example, at École polytechnique Fédérale de Lausanne, Politecnico de Milano, Technical University of Denmark. All these offer master's degrees in mechanical engineering with various training specialties. The Master Degree in Mechanical Engineering of the University of Coimbra has made a similar choice, ensuring a degree in one of two areas of specialization, which can allow the progression of PhD studies in various engineering, particularly mechanical engineering, and high qualification for the labor market

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:*Não aplicável.***11.3. Institution's own resources to effectively follow its students during the in-service training periods:***Not applicable.***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:**

- *Qualidade e diversidade dos equipamentos laboratoriais disponíveis no DEM, garantindo as condições necessárias para os trabalhos de investigação e para a formação prática de alunos.*

- *Qualidade da investigação realizada no DEM (duas unidades de investigação classificadas como Excelentes pela FCT).*

- *Qualidade e experiência do pessoal docente.*

- *Investigação em diversas áreas complementares.*

- *Número de projetos em curso muito significativo, o que em média permite integrar um elevado número de estudantes em atividades de investigação muito relevantes.*

- *Consolidadas relações com vários grupos industriais que se traduzem na possibilidade dos jovens estudantes participarem em projetos de desenvolvimento industrial.*

12.1. Strengths:

- *Quality and diversity of laboratory equipment available at DEM, ensuring the necessary conditions for student research and practical training.*
- *Quality of the research carried out at DEM (two research units classified as Excellent by FCT).*
- *Quality and experience of the teaching staff.*
- *Research in several and complementary areas*
- *Very significant number of ongoing projects, which on average allows a large number of students to be involved in very relevant research activities.*
- *Consolidated relationships with several industrial groups that allows the possibility for young students to participate in industrial development projects.*

12.2. Pontos fracos:

- *Estima-se que o número de estudantes internacionais que venha a frequentar o mestrado não seja muito elevado;*
- *Elevado número de alunos por turma prática em algumas unidades curriculares do CE. Este aspeto dificulta a utilização de estratégias de ensino/aprendizagem mais práticas, não permitindo tirar todo o partido das boas condições laboratoriais existentes.*

12.2. Weaknesses:

- *It is estimated that the number of international students attending the master's degree is not very high;*
- *High number of students per practical class in some course units of cycle of studies. This makes it difficult to use more practical teaching / learning strategies and does not take full advantage of existing good laboratory conditions.*

12.3. Oportunidades:

- *Organização da formação em dois níveis de forma a fazer da Universidade de Coimbra um Pólo de atração de estudantes que já tenham frequentado um primeiro ciclo noutras escolas do país ou do mundo e pretendam obter na UC uma formação complementar de mestrado.*
- *Espera-se que o acelerado desenvolvimento tecnológico em curso seja uma garantia da valorização da formação pós-graduada em Engenharia Mecânica.*
- *A rede formal de relações (nacionais e internacionais) interinstitucionais da UC e o elevado nível de colaborações internacionais, em termos de trabalho científico, estabelecido pelos docentes do CE, podem conduzir, se adequadamente aproveitadas, a um aumento do nível de internacionalização de CE e a um aumento de alunos que tiram proveito dos programas de mobilidade.*
- *Boas relações com o tecido industrial nacional, conseguidas através da realização de trabalhos de investigação conjuntos, prestações de serviços ou realização de estágios curriculares.*

12.3. Opportunities:

- *Organization of training on two levels in order to make the University of Coimbra a pole of attraction for students who have already attended a first cycle in other schools in the country or the world and intend to obtain complementary master's training at UC.*
- *It is expected that the accelerated technological development in progress will guarantee the valorization of postgraduate training in Mechanical Engineering.*
- *The UC's formal network of (national and international) inter-institutional relations and the high level of international collaborations in terms of scientific work established by the staff teaching of the cycle of studies can lead, if properly leveraged, to an increased level of cycle of studies internationalization, and an increase in students taking advantage of mobility programs.*
- *Good relations with the national industry, achieved through joint research, services or curricular internships.*

12.4. Constrangimentos:

- *Baixa densidade demográfica da região de Coimbra que se tem traduzido no envelhecimento da população e na perda progressiva de habitantes, com consequências negativas para a atração de alunos para o CE.*
- *Fraca industrialização da região de Coimbra. Por outro lado, Coimbra acentua uma forte incidência no setor de serviços. Este constrangimento aliado ao anterior dificulta a captação de novos alunos para o CE.*
- *Constrangimentos financeiros, com impacto ao nível da constituição do corpo docente, mobilidade e presença nas redes internacionais da área, e contratação de bolseiros de investigação.*
- *Elevada idade média do corpo docente.*

12.4. Threats:

- *Low demographic density of the Coimbra region which has resulted in an aging population and progressive loss of inhabitants, with negative consequences for the attraction of students to the cycle of studies.*
- *Weak industrialization of the region of Coimbra. On the other hand, Coimbra emphasizes a strong incidence in the service sector. This threat, allied to the previous one, makes it difficult to attract new students to the cycle of studies.*

- *Financial constraints, with significant impact in staff teaching constitution, mobility and presence in international area networks, and engage research students.*
- *High average age of teaching staff.*

12.5. Conclusões:

O Mestrado em Engenharia Mecânica (MEM) da Universidade de Coimbra, foi criado a partir da reestruturação do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica, decorrente da aplicação da legislação introduzida pelo Dec-Lei nº 65/2018. A tradição do Departamento de Engenharia Mecânica (DEM) na formação de engenheiros permitiu obter um plano de estudos equilibrado, que garante uma forte formação teórica e prática em diversas áreas científicas por forma a permitir aos mestres acesso ao mercado de trabalho nas diferentes especialidades da engenharia mecânica. A competente formação teórica é complementada com a introdução de ramos de especialidade por forma a permitir aos mestres, acesso ao mercado de trabalho., em áreas de especialização bem definidas, bem como permitir a continuação de estudos e de investigação.

12.5. Conclusions:

The Master in Mechanical Engineering (MEM) of the University of Coimbra, was created from the reform of the Integrated Master in Mechanical Engineering, resulting from the application of the legislation introduced by Dec-Law nº 65/2018. The tradition of the Department of Mechanical Engineering (DEM) in training engineers has resulted in a well-balanced study plan, which guarantees strong theoretical and practical training in several scientific areas in order to allow masters access to the job market in the different mechanical engineering specialties. Competent theoretical training is complemented with the introduction of branches of specialty in order to allow the masters, access to the job market in well-defined areas of specialization, as well as allowing the continuation of studies and research