

NCE/18/0000013 — Apresentação do pedido - Novo ciclo de estudos

1. Caracterização geral do ciclo de estudos

1.1. Instituição de Ensino Superior:

Universidade Da Beira Interior

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

1.2. Unidade orgânica (faculdade, escola, instituto, etc.):

Faculdade de Ciências (UBI)

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

1.3. Designação do ciclo de estudos:

Matemática e Aplicações

1.3. Study programme:

Mathematics and Applications

1.4. Grau:

Licenciado

1.5. Área científica predominante do ciclo de estudos:

Matemática

1.5. Main scientific area of the study programme:

Mathematics

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

461

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:

480

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:

314

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

180

1.8. Duração do ciclo de estudos (art.º 3 DL n.º 74/2006, de 24 de março, com a redação do DL n.º 63/2016 de 13 de setembro):

3 anos (6 semestres)

1.8. Duration of the study programme (article 3, DL no. 74/2006, March 24th, as written in the DL no. 63/2016, of September 13th):

3 years (6 semesters)

1.9. Número máximo de admissões:

30

1.10. Condições específicas de ingresso.

Tem como provas de ingresso um dos seguintes conjuntos:

19 Matemática A
ou
04 Economia
19 Matemática A
ou
07 Física e Química
19 Matemática A

Os regimes de ingresso são os previstos na lei.

1.10. Specific entry requirements.

Entry exams are one of the following sets:

19 Mathematics A
or
04 Economics
19 Mathematics A
or
07 Physics and Chemistry
19 Mathematics A

Admission conditions are those provided by national legislation.

1.11. Regime de funcionamento.

Diurno

1.11.1. Se outro, especifique:

<sem resposta>

1.11.1. If other, specify:

<no answer>

1.12. Local onde o ciclo de estudos será ministrado:

O curso será ministrado nas instalações da Universidade da Beira Interior (UBI), Covilhã, Portugal.

1.12. Premises where the study programme will be lectured:

The course will be lectured in the premises of the University of Beira Interior (UBI), Covilhã, Portugal.

1.13. Regulamento de creditação de formação académica e de experiência profissional (PDF, máx. 500kB):

[1.13._Regulamento de Creditação da Formação Anterior e Experiência Profissional da UBI.pdf](#)

1.14. Observações:

A Licenciatura em Matemática e Aplicações inclui um tronco comum com unidades curriculares obrigatórias: 120 ECTS em Matemática, 6 ECTS em Informática e 6 ECTS em Física. Para além disso, integra um leque de unidades curriculares optativas das seguintes áreas: Matemática, Informática, Economia e Engenharia Eletrotécnica. Possibilita uma formação complementar/especializada em Matemática, ou em Informática ou em Economia, conducente a uma licenciatura em Matemática e Aplicações com menor em Matemática, ou menor em Informática, ou menor em Economia, caso o estudante complete, no mínimo, 30 ECTS optativos na área respetiva. A Licenciatura em Matemática e Aplicações permite também uma formação abrangente, sem especialização em qualquer uma das áreas, sendo a coerência do percurso formativo assegurada pelo acompanhamento da coordenação do ciclo de estudos.

1.14. Observations:

The first cycle degree programme in Mathematics and Applications includes a common core with 120 ECTS in Mathematics, 6 ECTS in Computer Science and 6 ECTS in Physics. In addition, it integrates a range of optional curricular units of the following areas: Mathematics, Computer Science, Economics and Electrotechnical Engineering. It also enables a complementary/specialized training in Mathematics, or in Computer Science or Economics, leading to a degree in Mathematics and Applications with a Minor in Mathematics, or a Minor in Computer Science, or Minor in Economics, if the student completes at least 30 ECTS in the corresponding area.

The degree in Mathematics and Applications also allows a comprehensive training programme, without specialization in any one of those areas. In such cases, students will be guided by the coordination board of the study programme.

2. Formalização do Pedido

Mapa I - Conselho Científico da Faculdade de Ciências da Universidade da Beira Interior

2.1.1. Órgão ouvido:

Conselho Científico da Faculdade de Ciências da Universidade da Beira Interior

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

[2.1.2._Extrato ata CC.pdf](#)

Mapa I - Conselho Pedagógico da Faculdade de Ciências da Universidade da Beira Interior

2.1.1. Órgão ouvido:

Conselho Pedagógico da Faculdade de Ciências da Universidade da Beira Interior

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

[2.1.2._Extrato ata CP.pdf](#)

Mapa I - Comissão Científica do Departamento de Matemática

2.1.1. Órgão ouvido:

Comissão Científica do Departamento de Matemática

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

[2.1.2._Extrato de ata_CCD.pdf](#)

Mapa I - Secção Científica do Senado

2.1.1. Órgão ouvido:

Secção Científica do Senado

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

[2.1.2._Ata parcial n.º 3, aprovada em minuta.pdf](#)

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

3.1. Objetivos gerais definidos para o ciclo de estudos:

O 1.º ciclo em Matemática e Aplicações tem como objetivo formar licenciados de excelência com uma base sólida de conhecimentos e competências em Matemática que lhes permita compreender, formular e resolver problemas, tanto teóricos como práticos, com recurso aos processos específicos desta área.

Pretende-se possibilitar que os futuros licenciados optem por um Menor em Economia ou um Menor em Informática, duas áreas onde a Matemática desempenha um papel fundamental, ou ainda um Menor em Matemática.

Os futuros licenciados, para além de estarem aptos para prosseguirem os seus estudos num segundo ciclo em Matemática, Ensino da Matemática, Economia, Informática ou áreas afins, poderão ingressar diretamente no mercado de trabalho em áreas de atividade onde se regista um assinalável crescimento da procura de profissionais com formação sólida em Matemática.

3.1. The study programme's generic objectives:

The first cycle degree programme in Mathematics and Applications is aimed at equipping students with a coherent body of knowledge and skills in Mathematics in order to enable them to understand, formulate and solve problems, both theoretical and practical, using the specific methods of this area.

Students can also choose either a Minor in Economics or a Minor in Computer Science. These minors aim to offer students the opportunity to explore to a brief but substantial degree the areas of Economics and Computer Science. They can also choose a Minor in Mathematics.

Future graduates will be able to: obtain employment in sectors of activity where there exist a significant demand for professionals with strong mathematical skills; pursue an academic specialization in áreas such as Mathematics, Mathematical Education, Economics and Computer Science.

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

Os licenciados neste ciclo de estudos possuirão um conjunto sólido de conhecimentos, não só em áreas centrais da Matemática (Álgebra, Geometria, Análise, Modelação, Probabilidades e Estatística), mas também em áreas onde a

Matemática desempenha um papel fundamental, como a Economia e a Informática, que lhes permitirá: construir argumentos lógicos e dominar técnicas de demonstração matemática; resolver problemas formulados em linguagem matemática; modelar matematicamente problemas reais; analisar dados com recurso a ferramentas matemáticas e computacionais, interpretando os resultados com sentido crítico; desenvolver trabalho multidisciplinar; comunicar ideias matemáticas. Os licenciados ficarão assim aptos para: ingressar num 2.º ciclo de estudos em Matemática, Ensino da Matemática, Informática, Economia ou áreas afins; exercer atividade profissional em sectores como a ciência de dados, logística e transportes, telecomunicações, estudos de mercado, banca e seguros.

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

Graduates will have a solid grounding not only in core areas of Mathematics (Algebra, Geometry, Analysis, Modeling, Probability and Statistics) but also by choice in areas where Mathematics plays a key role, such as Economics and Computer Science, that will allow them to: 1. understand and construct logical mathematical arguments; 2. solve mathematical problems that require creative reasoning with different levels of abstraction.; 3. use mathematical ideas to model real-world problems; 4. use mathematical and computational tools to analyze data and evaluate critically the results; 5. develop multidisciplinary work; 6. communicate mathematical ideas. Graduates will thus be able to: 1. pursue a second cycle of studies in Mathematics, Mathematics Teaching, Computer Science, Economics or related areas. 2. begin rewarding careers in sectors of activity such as data science, logistics and transport, telecommunications, banking and actuarial science.

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 Universidade da Beira Interior tem como missão: “Promover a qualificação de alto nível, a produção, transmissão, crítica e difusão do saber, cultura, ciência e tecnologia, através do estudo, da docência e da investigação”.
A qualificação de alto nível que a UBI declara estatutariamente como primeiro ponto da sua missão entende-se como formação humana, cultural, científica e tecnológica. É a esse fim primeiro que se subordinam os demais fins da universidade: a realização de investigação fundamental e aplicada, a prestação de serviços à comunidade, o intercâmbio cultural, científico e técnico e a cooperação internacional e a aproximação entre os povos.
A razão de ser da ação da UBI é sempre de natureza formativa. Neste sentido, objetiva-se a procura da excelência no ensino e na aprendizagem, a par de uma oferta formativa exigente, inovadora, flexível e atrativa nas suas grandes áreas de afirmação. Utilizam-se métodos de aprendizagem adequados às exigências da sociedade, substituem-se esquemas antiquados, conseguindo que o estudante se converta no sujeito principal de um processo educativo que lhe permita uma formação ao longo da vida, bem como uma participação ativa na construção de uma sociedade mais desenvolvida, culta e capaz. Por sua vez, o professor deverá estar consciente do seu novo protagonismo na exposição, discussão, tutoria e difusão de conhecimentos que substituem o mero processo de transmissão. As boas práticas devem fornecer experiência, ensinar a aprender, a procurar, a descobrir, induzir curiosidade científica e discernimento.
A investigação científica é uma componente essencial do ensino e é nesta simbiose que reside o génio da Universidade. Neste mesmo sentido potencia-se e facilita-se o desenrolar da investigação científica dos docentes e investigadores, com a colaboração dos estudantes, através da sua participação em estruturas estáveis, como sejam grupos, unidades/laboratórios de investigação, que permitam o desenvolvimento de um trabalho de excelência, de forma competitiva e com projeção nacional e internacional.
A licenciatura em Matemática e Aplicações insere-se na estratégia formativa da UBI, já que:

- 1. A Matemática é uma área clássica do conhecimento e a sua afirmação é crucial para o prestígio da Universidade;*
- 2. A existência de um 1.º ciclo em Matemática e Aplicações contribui para a consolidação do Departamento de Matemática, a promoção de sinergias entre diferentes departamentos da universidade, possibilita a formação inicial e irá potenciar a procura de mestrados e doutoramentos, não só na área da Matemática, mas também em áreas afins, o que certamente irá contribuir para a melhoria de outputs no ensino e na investigação em Matemática e suas Aplicações;*
- 3. Prevê metodologias assertivas, tradicionais mas também inovadoras, de encontro aos objectivos traçados;*
- 4. Constitui um plano de formação sólido, actual, flexível, mas coerente, inter e multidisciplinar, que responde às necessidades do mercado em diversas áreas.*

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 University of Beira Interior's mission is to: "Promote the high-level qualification, production, transmission and dissemination of knowledge, culture, science and technology, through study, teaching and research".
The high-level qualification that UBI declares statutorily as the first point of its mission is understood as human, cultural, scientific and technological training. It is to that main purpose that all the other University objectives are subordinated: the making of fundamental and applied research, the provision of services to the community, the cultural, scientific and technical exchange and international cooperation and rapprochement between people.

The reason for the UBI's action is always formative in nature. In this sense, the goal is the pursuit of excellence in teaching and learning, alongside a demanding, innovative, flexible and attractive formative offer in its major areas of contention. Learning methods tailored to the demands of society are used, outdated schemes are replaced, in order to get the student to become the main subject of an educational process which enables him a life-long learning, as well as an active participation in the construction of a more developed, cultured and competent society. In turn, the teacher should be aware of his new role in the exhibition, discussion, mentoring and dissemination of knowledge that override the mere transmission process. Good practices should provide experience, teaching to learn, to seek, to find, to induce scientific curiosity and discernment.

Scientific research is an essential component of education and it is in this symbiosis that the genius of the University is. In this sense, the conduct of scientific research of teachers and researchers is promoted and facilitated, with the

collaboration of students, through their participation in stable structures, such as groups, research laboratories/units, enabling the development of a work of excellence, in a competitive way and with increasing national and international projection.

The first cycle degree programme in Mathematics and Applications is part of UBI's training strategy, since:

- 1. Mathematics is a classic area of knowledge and its affirmation is crucial to the prestige of the University;*
- 2. The existence of a first cycle in Mathematics contributes to strengthening of the Mathematics Department, promotes synergies between different departments of the university, enables initial training and will enhance the demand for masters and doctorates, not only in Mathematics but also in related areas, which will certainly contribute to the improvement of outputs in teaching and research in Mathematics and its Applications;*
- 3. It provides assertive, traditional but also innovative methodologies, towards the outlined objectives;*
- 4. It is a solid, actual, flexible, yet coherent, inter and multidisciplinary curriculum that responds to market needs in different areas.*

4. Desenvolvimento curricular

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

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

Ramos, opções, perfis, maior/menor ou outras formas de organização em que o ciclo de estudos se estrutura:	Branches, options, profiles, major/minor or other forms of organisation:
Matemática e Aplicações	Mathematics and Applications
Matemática e Aplicações com Menor em Matemática	Mathematics and Applications with Minor in Mathematics
Matemática e Aplicações com Menor em Economia	Mathematics and Applications with Minor in Economics
Matemática e Aplicações com Menor em Informática	Mathematics and Applications with Minor in Computer Science

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

Mapa II - Matemática e Aplicações

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

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

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
Matemática/Mathematics	M	120	0	N.º máximo de ECTS optativos: 48
Informática/Computer Science	I	6	0	N.º máximo de ECTS optativos: 42
Economia/Economics	E	0	0	N.º máximo de ECTS optativos: 48
Física/Physics	F	6	0	
Engenharia Eletrotécnica/Electrical and Computer Engineering	EE	0	0	N.º máximo de ECTS optativos: 6
(5 Items)		132	0	

Mapa II - Matemática e Aplicações com Menor em Matemática

4.2.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):*Matemática e Aplicações com Menor em Matemática***4.2.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):***Mathematics and Applications with Minor in Mathematics***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
Matemática/Mathematics	M	120	30	
Informática/Computer Science	I	6		
Economia/Economics	E			
Física/Physics	F	6		
Engenharia Eletrotécnica/Electrical and Computer Engineering				
(5 Items)		132	30	

Mapa II - Matemática e Aplicações com Menor em Informática**4.2.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):***Matemática e Aplicações com Menor em Informática***4.2.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):***Mathematics and Applications with Minor in Computer Science***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
Matemática/Mathematics	M	120		
Informática/Computer Science	I	6	30	
Economia/Economics	E			
Física/Physics	F	6		
Engenharia Eletrotécnica/Electrical and Computer Engineering	EE			
(5 Items)		132	30	

Mapa II - Matemática e Aplicações com Menor em Economia**4.2.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):***Matemática e Aplicações com Menor em Economia***4.2.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):***Mathematics and Applications with Minor in Economics***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
Matemática/Mathematics	M	120		
Informática/Computer Science	I	6		
Economia/Economics	E		30	
Física/Physics	F	6		
Engenharia Eletrotécnica/Electrical and Computer Engineering	EE			
(5 Items)		132	30	

4.3 Plano de estudos

Mapa III - - - 1.º ano/1.º semestre

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

-

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

-

4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:

1.º ano/1.º semestre

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)
Análise Real I / Real Analysis I	M	Semestral	252	TP - 90	9	Obrigatória / Compulsory
Álgebra Linear/ Linear Algebra	M	Semestral	210	TP - 75	7.5	Obrigatória / Compulsory
Fundamentos da Matemática/ Fundamentals of Mathematics	M	Semestral	168	TP - 60	6	Obrigatória / Compulsory
Programação I / Programming I	I	Semestral	168	T - 30; PL - 30	6	Obrigatória / Compulsory
Laboratório de Matemática / Mathematics Laboratory	M	Semestral	42	PL - 25	1.5	Obrigatória / Compulsory

(5 Items)

Mapa III - - - 1.º ano/ 2.º semestre

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

-

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

-

4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:

1.º ano/ 2.º semestre

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)
Análise Real II Real Analysis II	M	Semestral	210	TP - 75	7.5	Obrigatória / Compulsory
Geometria / Geometry	M	Semestral	168	TP - 60	6	Obrigatória / Compulsory
Métodos Discretos em Matemática / Discrete Methods in Mathematics	M	Semestral	168	TP - 60	6	Obrigatória / Compulsory
Mecânica e Ondas / Mechanics and Waves	F	Semestral	168	T - 30; TP - 30	6	Obrigatória / Compulsory
Introdução à Modelação Matemática / Introduction to Mathematical Modelling	M	Semestral	126	TP - 30; PL - 15	4.5	Obrigatória / Compulsory

(5 Items)

Mapa III - - - 2.º ano/ 1.º semestre

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

-

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

-

4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:

2.º ano/ 1.º semestre

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)
Análise Real III / Real Analysis III	M	Semestral	168	TP - 60	6	Obrigatória / Compulsory
Álgebra I / Algebra I	M	Semestral	168	TP - 60	6	Obrigatória / Compulsory
Funções Complexas e Aplicações / Complex Functions and Applications	M	Semestral	168	TP - 60	6	Obrigatória / Compulsory
Programação Linear / Linear Programming	M	Semestral	168	TP - 60	6	Obrigatória / Compulsory
História e Filosofia da Matemática / History and Philosophy of Mathematics	M	Semestral	168	TP - 60	6	Opção 1/ Option 1
Microeconomia I / Microeconomics I	E	Semestral	168	TP - 60	6	Opção 1/ Option 1
Programação Orientada para Objetos / Object Oriented Programming	I	Semestral	168	T - 30; PL - 30	6	Opção 1/ Option 1
Lógica Computacional / Computational Logic	I	Semestral	168	T - 30; PL - 30	6	Opção 1/ Option 1

(8 Items)

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

-

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

-

4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:

2.º ano/ 2.º semestre

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)
Curvas e Superfícies / Curves and Surfaces	M	Semestral	168	TP - 60	6	Obrigatória / Compulsory
Álgebra II / Algebra II	M	Semestral	168	TP - 60	6	Obrigatória / Compulsory
Modelos de Probabilidades / Probability Models	M	Semestral	168	TP - 60	6	Obrigatória / Compulsory
Espaços Métricos e Topológicos / Metric and Topological Spaces	M	Semestral	168	TP - 60	6	Opção2, Opção3/ Option 2, Option 3
Criptografia e Teoria de Códigos / Cryptography and Coding Theory	M	Semestral	168	TP - 60	6	Opção2, Opção3/ Option 2, Option 3
Macroeconomia I / Macroeconomics I	E	Semestral	168	TP - 60	6	Opção2, Opção3/ Option 2, Option 3
Microeconomia II / Microeconomics II	E	Semestral	168	TP - 60	6	Opção2, Opção3/ Option 2, Option 3
Análise e Processamento de Biosinais / Biosignal Analysis and Processing	EE	Semestral	168	T - 30; PL - 30	6	Opção2, Opção3/ Option 2, Option 3

Programação II / Programming II I Semestral 168 T - 30; PL - 30 6 Opção2,
Opção3/ Option
2,Option 3

(9 Items)

Mapa III - - - 3.º ano/ 1.º semestre

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

-

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

-

4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:

3.º ano/ 1.º semestre

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)
Equações Diferenciais / Differential Equations	M	Semestral	168	TP - 60	6	Obrigatória / Compulsory
Análise Numérica I / Numerical Analysis I	M	Semestral	168	TP - 60	6	Obrigatória / Compulsory
Estatística Matemática / Mathematical Statistics	M	Semestral	168	TP - 60	6	Obrigatória / Compulsory
Introdução à Análise Funcional / Introduction to Functional Analysis	M	Semestral	168	TP - 60	6	Opção 4, Opção 5 / Option 4, Option 5
Equações às Diferenças e Aplicações / Difference Equations and Applications	M	Semestral	168	TP - 60	6	Opção 4, Opção 5 / Option 4, Option 5
Otimização / Optimization	M	Semestral	168	TP - 60	6	Opção 4, Opção 5 / Option 4, Option 5
Macroeconomia II / Macroeconomics II	E	Semestral	168	T - 30; TP - 30	6	Opção 4, Opção 5 / Option 4, Option 5
Microeconomia III / Microeconomics III	E	Semestral	168	T - 30; TP - 30	6	Opção 4, Opção 5 / Option 4, Option 5
Econometria I / Econometrics I	E	Semestral	168	TP - 60	6	Opção 4, Opção 5 / Option 4, Option 5
Inteligência Artificial / Artificial Intelligence	I	Semestral	168	T - 30; PL - 30	6	Opção 4, Opção 5 / Option 4, Option 5
Algoritmos e Estruturas de Dados / Algorithms and Data Structures	I	Semestral	168	T - 30; PL - 30	6	Opção 4, Opção 5 / Option 4, Option 5

(11 Items)

Mapa III - - - 3.º ano/ 2.º semestre

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

-

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

-

4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:

3.º ano/ 2.º semestre

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)
Curvas Planas Algébricas / Algebraic Plane Curves	M	Semestral	168	TP - 60	6	Opção6, Opção7, Opção8 / Option6, Option7, Option8
Sistemas Dinâmicos / Dynamical Systems	M	Semestral	168	TP - 60	6	Opção6, Opção7, Opção8 / Option6, Option7, Option8
Métodos Variacionais / Variational Methods	M	Semestral	168	TP - 60	6	Opção6, Opção7, Opção8 / Option6, Option7, Option8
Análise Multivariada de Dados / Multivariate Data Analysis	M	Semestral	168	TP - 60	6	Opção6, Opção7, Opção8 / Option6, Option7, Option8
Estatística Computacional / Computational Statistics	M	Semestral	168	TP - 60	6	Opção6, Opção7, Opção8 / Option6, Option7, Option8
Análise Numérica II / Numerical Analysis II	M	Semestral	168	TP - 60	6	Opção6, Opção7, Opção8 / Option6, Option7, Option8
Econometria II / Econometrics II	E	Semestral	168	TP - 60	6	Opção6, Opção7, Opção8 / Option6, Option7, Option8
Macroeconomia III / Macroeconomics III	E	Semestral	168	TP - 60	6	Opção6, Opção7, Opção8 / Option6, Option7, Option8
Laboratório de Economia Aplicada / Laboratory of Applied Economics	E	Semestral	168	TP - 60	6	Opção6, Opção7, Opção8 / Option6, Option7, Option8
Teoria da Computação / Computation Theory	I	Semestral	168	T - 30; PL - 30	6	Opção6, Opção7, Opção8 / Option6, Option7, Option8
Tecnologias Multimédia / Multimedia Technology	I	Semestral	168	T - 30; PL - 30	6	Opção6, Opção7, Opção8 / Option6, Option7, Option8
Bases de Dados / Databases	I	Semestral	168	T - 30; PL - 30	6	Opção6, Opção7, Opção8 / Option6, Option7, Option8
Projeto Final de Licenciatura / Graduation Final Project (13 Items)	M	Semestral	336	OT - 45	12	Obrigatória / Compulsory

4.4. Unidades Curriculares**Mapa IV - Análise Real I****4.4.1.1. Designação da unidade curricular:***Análise Real I***4.4.1.1. Title of curricular unit:***Real Analysis I***4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:***M***4.4.1.3. Duração:***Semestral***4.4.1.4. Horas de trabalho:***252***4.4.1.5. Horas de contacto:***TP - 90***4.4.1.6. ECTS:***9*

4.4.1.7. Observações:*Obrigatória.***4.4.1.7. Observations:***Compulsory.***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***Helder Soares Vilarinho***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:***Maria das Neves Vieiro Reboucho***4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

- i) Aprender, relacionar e aplicar conceitos e resultados básicos do cálculo de funções reais de variável real;*
- ii) Aplicar os conceitos de limite, derivada e integral de uma função real de variável real;*
- iii) Analisar e compreender demonstrações matemáticas;*
- iv) Formular e resolver problemas relacionados com funções reais de variável real;*
- v) Comunicar, escrita e oralmente, utilizando linguagem matemática.*

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

- i) To understand, to relate and to apply concepts and basic results of calculus in one variable;*
- ii) To apply the concepts of limit, derivative and integral of a real function of one variable;*
- iii) To analyze and understand mathematical proofs;*
- iv) To communicate using mathematical language, written and orally;*
- v) To formulate and to solve problems related to one variable real functions.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:*1 Números reais**1.1 Axiomática dos números reais**1.2 Números naturais; indução**1.3 Sucessões**1.4 Sucessões de Cauchy**1.5 Noções topológicas**2 Funções reais de variável real**2.1 Domínio, contradomínio e gráfico**2.2 Limites; limites laterais; limites infinitos e limites no infinito**2.3 Assíntotas**2.4 Continuidade**2.5 Continuidade uniforme**2.6 Teoremas de Bolzano e de Weierstrass**3 Cálculo Diferencial**3.1 Derivada: interpretação geométrica; derivadas laterais;**3.2 Diferenciabilidade; regras de derivação**3.3 Derivada da função composta e da função inversa**3.4 Teoremas de Fermat, Rolle, Lagrange e Cauchy**3.5 Regra de Cauchy e levantamento de indeterminações**3.6 Derivadas de ordem superior e fórmula de Taylor**3.7 Extremos e convexidade**4 Cálculo Integral**4.1 Integral de Riemann; integrabilidade**4.2 Teorema Fundamental do Cálculo**4.3 Técnicas de primitivação e integração**4.4 Aplicações**4.5 Integrais Impróprios***4.4.5. Syllabus:***1. Real numbers**1.1. Axiomatics of the real numbers**1.2. Natural numbers: induction**1.3. Sequences**1.4. Cauchy sequences**1.5. Topological notions**2. Real functions of real variable**2.1. Domain, range and graph.*

2.2. Limits; lateral limits; infinite limits and limits at infinity

2.3. Asyntotes

2.4. Continuity

2.5. Uniform continuity

2.6. Bolzano's and Weierstrass' theorems

3. Differential calculus

3.1. Derivative: geometric interpretation; lateral derivatives

3.2. Differentiability; differentiation rules

3.3. Derivatives of a composition and of the inverse

3.4. Theorems of Fermat, Rolle, Lagrange and Cauchy

3.5. Cauchy's rule and indeterminations

3.6. Higher order derivatives and Taylor formula

3.7. Extremes and convexity

4. Integral calculus

4.1. Riemann integral; integrability

4.2. Fundamental Theorem of Calculus

4.3. Thecniques of primitivation and integration

4.4. Applications

4.5. Improper integrals.

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

No capítulo 1 são apresentados alguns conteúdos introdutórios necessários para o estudo de funções reais de variável real que será desenvolvido nos capítulos posteriores. Em particular, os conceitos de limite, derivada e integral são abordados nos capítulos 2, 3 e 4, respetivamente – objetivos de aprendizagem i e ii). Ao longo do curso será promovida a resolução de problemas e serão apresentadas e discutidas demonstrações matemáticas – objetivos de aprendizagem iii) e iv) - bem como o aperfeiçoamento da utilização da linguagem matemática – objetivo de aprendizagem v).

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

In Chapter 1 some introductory contents are presented. They are necessary for the single variable calculus, which will be developed later. In particular, the concepts of limit, derivative and integral are considered in chapters 2, 3 and 4, respectively - learning outcomes i) and ii). Throughout the course problem solving will be promoted and there will be presented and discussed mathematical proofs - learning outcomes iii) and iv) – as well the written and oral use of the mathematical language will be improved - learning outcome v).

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

*As aulas serão teórico-práticas. O docente apresenta os conceitos, enuncia os resultados, demonstrando muitos deles. Ilustra ainda a teoria com exemplos e aplicações. O estudante é incentivado a participar nas aulas, interagindo com o professor e por vezes resolvendo exercícios e problemas. É ainda incentivado o trabalho autónomo, consistindo este maioritariamente na realização de exercícios, problemas e demonstrações matemáticas. Na interação com o professor será promovido o aperfeiçoamento da utilização da linguagem matemática escrita e oral. A avaliação realizada ao longo do período de ensino-aprendizagem consistirá em duas provas escritas F1 e F2 (0-20 valores). A classificação final será $CF=0,5*F1+0,5*F2$. O estudante poderá ainda realizar um exame final.*

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

*The classes will be theoretical-practical. The teacher presents the concepts and enunciates the results, demonstrating many of them. It also illustrates theory with examples and applications. The student is encouraged to participate in classes, interacting with the teacher and sometimes solving exercises and problems. Autonomous work will be encouraged, mainly consisting of exercises, problem solving and mathematical proofs. In the interaction with the teacher it will be promoted the use of mathematical language, in oral and written form. The evaluation carried out over the teaching-learning period will consist of two written tests F1 and F2 (0-20 values). The final classification will be $FC = 0.5 * F1 + 0.5 * F2$. The student can also take a final exam.*

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

As aulas teórico-práticas permitem aos alunos a assimilação dos conceitos e resultados e, em simultâneo, o contacto com exemplos e aplicações - objetivos de aprendizagem i) e ii). O incentivo à participação dos alunos nas aulas contribuirá para aumentar as suas capacidades de analisar e compreender os resultados e técnicas de demonstração – objetivo de aprendizagem iii). O estímulo ao trabalho autónomo, o qual deverá fazer surgir questões a abordar nas sessões de atendimento, contribuirá para o desenvolvimento da capacidade de formular e resolver problemas, bem como da capacidade de utilizar a linguagem matemática – objetivos de aprendizagem iv) e v).

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

The theoretical-practical classes allow students to assimilate the concepts and results and, simultaneously, the contact with examples and applications - learning outcomes i) and ii). Encouraging the student participation in classrooms will contribute to enhancing their ability to analyze and understand demonstration techniques - learning outcome iii). The stimulus to autonomous work, which should raise questions to be addressed in the attendance sessions, will contribute to the development of the capacity to formulate and solve problems, as well as the ability to use mathematical language - learning outcomes iv) and v).

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- Conway, J. B. (2017). *A First Course in Analysis*. Cambridge University Press.
- Ferreira, J. C. (2008). *Introdução à Análise Matemática*. (9ª edição). Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.
- Figueira, M. (2011). *Fundamentos de Análise Infinitesimal* (5ª edição). Textos de Matemática. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.
- Lages Lima, E. (1992). *Curso de Análise*, vol. 1. (7ª edição). IMPA.
- Lages Lima, E. (2017). *Análise Real*, vol. 1. (12ª edição). IMPA.
- Sarrico, C. (2017). *Análise Matemática - Leituras e Exercícios*. (8.ª edição). Gradiva.
- Tao, T. (2016). *Analysis I, Texts and Readings in Mathematics*. (3rd edition). Springer.

Mapa IV - Álgebra Linear**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:***Álgebra Linear***4.4.1.1. Title of curricular unit:***Linear Algebra***4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:***M***4.4.1.3. Duração:***Semestral***4.4.1.4. Horas de trabalho:***75***4.4.1.5. Horas de contacto:***TP - 75***4.4.1.6. ECTS:***7,5***4.4.1.7. Observações:***Obrigatória.***4.4.1.7. Observations:***Compulsory.***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***Henrique José Freitas da Cruz***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:***Patrícia Damas Beites***4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):***No final da UC, o estudante deverá ser capaz de:*

- Identificar matrizes quadradas, retangulares, linhas e colunas de uma matriz;
- Identificar matrizes diagonais, simétricas, antissimétricas e hermitianas;
- Calcular a soma, o produto e a transposta de uma matriz;
- Calcular a característica de uma matriz;
- Identificar uma matriz invertível e calcular a sua inversa;
- Resolver e classificar sistemas de equações lineares;
- Calcular o determinante de uma matriz;
- Identificar subespaços de um espaço vetorial e determinar uma base;
- Calcular a matriz de uma aplicação linear;
- Resolver sistemas lineares e calcular a inversa de uma matriz usando determinantes;
- Determinar os valores próprios de uma matriz e identificar matrizes diagonalizáveis;
- Calcular o produto interno, produto externo e produto misto de vetores;
- Aplicar o processo de ortonormalização de Gram-Schmidt.

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

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

- *To identify square and rectangular matrices, rows and columns of a matrix,*
- *To identify diagonal, symmetric, skew-symmetric and hermitian matrices;*
- *To determine the sum, the product and the transpose of a matrix;*
- *To calculate the rank of a matrix;*
- *To identify an invertible matrix and to calculate its inverse;*
- *To solve and to classify linear systems of equations;*
- *To calculate the determinant of a matrix;*
- *To identify subspaces of a vector space and to determine a basis;*
- *To find the matrix of a linear transformation;*
- *To solve linear systems of equations and to calculate the inverse of a matrix using determinants;*
- *To determine the eigenvalues of a matrix and to identify diagonalizable matrices;*
- *To calculate the inner product, the vector cross product and the scalar triple product of vectors;*
- *To apply the Gram-Schmidt orthogonalization process.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. Matrizes

Classificação de matrizes

Operações com matrizes

Característica de uma matriz

Inversa de uma matriz

Sistemas de equações lineares

2. Determinantes

Determinante de uma matriz quadrada

Propriedades; Complementos algébricos; Teorema de Laplace

Matriz adjunta e inversa de uma matriz

Aplicação à resolução de sistemas de equações lineares

3. Espaços Vetoriais

Definição de espaço vetorial

Subespaços; Combinações lineares e conjunto gerador

Dependência e independência linear

Base e dimensão de um espaço vetorial

4. Transformações Lineares

Definição e exemplos

Propriedades

Matriz de uma aplicação linear

Matriz mudança de base

5. Valores e vetores próprios

Definição, exemplos e propriedades

Matrizes semelhantes

Matrizes diagonalizáveis

6. Espaços vetoriais munidos de produto interno

Produto interno

Norma

Desigualdade de Cauchy–Schwarz;

Ortogonalidade, bases ortonormais e processo de ortonormalização de Gram-Schmidt

Decomposição ortogonal

Produto vetorial em \mathbb{R}^3 e produto misto

4.4.5. Syllabus:

1. Matrices

Types of matrices;

Operations with matrices;

Rank of a matrix;

Inverse of a matrix;

Systems of linear equations.

2. Determinants

Determinant of a square matrix;

Properties; Cofactors; Laplace's Theorem;

Adjoint matrix and inverse matrix;

Application to linear systems of equations;

3. Vector Spaces

Definition of vector space;

Subspaces; Linear combinations and spanning set;

Linear dependence and independence;

Basis and dimension of a vector space;

4. Linear Transformations

Definition and examples;

Properties;

*Matrix of a linear transformation;
Change of basis matrix;*

*5. Eigenvalues and eigenvectors of a matrix
Definition, examples and properties;
Similar matrices;
Diagonalizable matrices;*

*6. Inner product spaces
Inner product,
Norm;
Cauchy–Schwarz inequality;
Orthogonality, orthonormal basis and Gram-Schmidt orthogonalization process;
Orthogonal decomposition;
Vector cross product in R^3 and scalar triple product.*

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

A presente unidade curricular visa um domínio forte das principais ferramentas e métodos de um curso introdutório à Álgebra Linear pelos estudantes, possibilitando a sua utilização, de forma pura e ainda de modo aplicado, no futuro. Os conteúdos programáticos, usualmente lecionados em unidades curriculares similares de outras Universidades Europeias, nomeadamente Portuguesas, foram definidos em função dos objetivos de aprendizagem pretendidos para esta unidade curricular.

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

This course aims to provide the students with a strong basis of the major tools and methods of an introductory course to Linear Algebra, enhancing its use, either in a pure form or in an applied way, in the future. The syllabus, whose contents are usually taught in similar courses in other European Universities, namely Portuguese, relies on the learning outcomes intended for this curricular unit.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A tipologia das aulas é teórico-prática: exposição da matéria pelo professor, intercalada com resolução de tarefas pelos alunos sob orientação do professor. Pretende-se que os alunos, de uma forma autónoma, analisem, discutam e apliquem os principais conceitos abordados.

A avaliação é realizada ao longo do semestre através de:

- dois mini-testes escritos, cada um com a cotação de 4 valores (40%);*
- um teste escrito, cotado para 12 valores (60%).*

A nota mínima para admissão a exame é de 6 valores.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Each class is a combination of a lecture and a practical class: presentation of the theoretical concepts by the teacher, interspersed with tasks to be solved by the students under the supervision of the teacher. Students are expected to work autonomously, analysing, discussing and applying the main concepts.

Throughout the semester, the assessment consists of:

- two mini tests, each for 4 marks (40%);*
- a written test for 12 marks (60%);*

The minimum score required for the exam is 6 marks.

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

Para que o estudante seja capaz de atingir os objetivos da unidade curricular, e sendo esta uma unidade curricular do primeiro ano, é importante que os conceitos e as demonstrações sejam apresentados de uma forma gradual. Assim, são programadas aulas teóricas-práticas (TP) onde é feita, não só a exposição teórica dos conceitos constantes nos conteúdos programáticos por parte do professor, mas também a realização de tarefas teóricas e práticas pelos alunos sob a orientação do professor. Pretende-se, assim, que os alunos adquiram as competências necessárias para obter a aprovação.

A metodologia de ensino-aprendizagem encontra-se centrada no aluno, que, ao longo do semestre, vai adquirindo e aplicando os conceitos, com o seu trabalho autónomo. Desta forma, é dada particular importância à avaliação contínua que permite que o aluno possa, ao longo do semestre, demonstrar faseadamente as competências adquiridas com o seu trabalho. Para tal, está prevista a realização de dois mini-testes e um teste.

O último teste escrito procurará abranger todos os tópicos que compõem o conteúdo programático. O estudante deverá demonstrar, no final do semestre, que adquiriu um mínimo de competências para poder ser admitido a exame. Também é possível que fique dispensado de exame, se demonstrou à equipa docente ter adquirido as competências julgadas suficientes e necessárias.

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

In order to achieve the goals of the course, and as this is a first year course, it is important to gradually present the concepts and the proofs to the students. So, each classe (TP), which is a combination of a lecture and a practical class, is planned not only for the presentation of theoretical concepts of the syllabus by the teacher but also to enhance task solving activities by the students under the supervision of the teacher. In this way, the acquisition of the sufficient and necessary skills for the student to pass the course is intended.

The teaching-learning methodology is student-centered, and, during the semester, students are expected to autonomously acquire and apply the concepts. Thus, continuous assessment is particularly relevant to allow the student, throughout the semester, to show the skills acquired through his work in the different stages. To do so, two mini-tests and a written test are scheduled.

The last written test will seek to cover all the contents of the syllabus. At the end of the semester, minimum skills, whose acquisition must be demonstrated by the student, are required for the exam. In addition, the student does not have to take the exam if he shows the acquisition of the necessary and sufficient skills to the teaching team.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Cabral, I., Perdigão, C., & Saiago, C. (2009). Álgebra linear: teoria, exercícios resolvidos e exercícios propostos com soluções. Lisboa: Escolar.

Dias Agudo, F. R. (1996). Introdução à Álgebra Linear e Geometria Analítica. Lisboa: Escolar.

Howard, A., & Busby, R. (2006). Álgebra Linear Contemporânea. Porto Alegre: Bookman.

Lay, D. C. (2007). Álgebra Linear e as suas aplicações. Rio de Janeiro: LTC.

Lipschutz, S. (1972). Álgebra linear: resumo da teoria. São Paulo: McGraw-Hill.

Magalhães, L. T. (2001). Álgebra linear como introdução a matemática aplicada. Lisboa: Escolar.

Nering, E. D. (1970). Linear Algebra and Matrix Theory. New York: John Wiley.

Strang, G. (1976). Linear Algebra and Its Applications. New York: Academic.

Santana, A. P., & Queiró, J. F. (2010). Introdução à Álgebra Linear. Lisboa: Gradiva.

Cabello, J. (2006). Álgebra lineal: sus aplicaciones en economía, ingenierías y otras ciencias. Madrid: Delta.

Mapa IV - Fundamentos da Matemática

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Fundamentos da Matemática

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Fundamentals of Mathematics

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

M

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP - 60

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

Obrigatória.

4.4.1.7. Observations:

Compulsory.

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

Isabel Maria Romano Cunha

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 aprovados nesta unidade serão capazes de:

1. compreender o significado de enunciados matemáticos envolvendo quantificadores e conectivos lógicos.

2. construir e interpretar tabelas de verdade para proposições lógicas.

3. reconhecer argumentos matemáticos incorretos ou falaciosos.

4. construir e escrever demonstrações elementares de enunciados matemáticos usando um conjunto de técnicas de demonstração fundamentais (demonstração direta, indução, contradição, contraposição).

5. usar linguagem e construções teóricas da teoria básica de conjuntos para provar resultados sobre conjuntos finitos,

enumeráveis e não enumeráveis.

6. compreender o significado e as implicações do axioma de escolha.

7. explicar a estrutura dos sistemas numéricos, intuitiva e axiomáticamente, especialmente os axiomas de Peano para os números naturais e a construção de Dedekind dos números reais.

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

On completion of this unit successful students will be able:

1. to understand the meaning of mathematical statements involving quantifiers and logical connectives.

2. to construct and interpret truth tables for logical propositions.

3. to recognize incorrect and sloppy mathematical reasoning.

4. to construct and write elementary proofs of mathematical statements using a range of fundamental and standard proof techniques (direct argumentation, induction, contradiction, contraposition).

5. to use basic set theoretic language and constructions to prove results about finite, denumerable and uncountable sets.

6. to understand the significance and the implications of the choice axiom.

7. to explain the structure of the number systems, both intuitively and axiomatically, especially Peano's axioms for the natural numbers and Dedekind's construction of the reals

4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. Elementos de Lógica Matemática: proposições e predicados, conectivos, tabelas de verdade, quantificadores; argumentos, premissas, conclusões, verdade e validade, dedução natural.

2. Métodos de Demonstração: demonstração directa, demonstração por redução ao absurdo, contraposição; indução matemática; demonstração por casos.

3. Elementos de Teoria de Conjuntos: operações com conjuntos, relações e funções, cardinalidade; breve introdução à teoria axiomática dos conjuntos (o paradoxo de Russel, o axioma da escolha, boa ordenação, a hipótese do continuum, o Lema de Zorn).

4. Conjuntos numéricos: números naturais (a axiomática de Peano), números inteiros, números racionais, números reais (axiomática, a construção de Dedekind e a construção por sucessões de Cauchy), os quaterniões e os números de Cayley.

4.4.5. Syllabus:

1. Basic Logic: propositions and predicates, the elementary connectives, truth tables, quantifiers; arguments, premisses, conclusions, truth and validity, natural deduction.

2. Methods of Proof: Direct proof, proof by contradiction, contrapositives; the induction principle and proof by induction; proof by cases.

3. Elements of Set Theory: operations on sets, relations and functions, cardinality; brief introduction to the axiomatic set theory (Russel's paradox, the Axiom of Choice, well Ordering, the Continuum Hypothesis, Zorn's Lemma)

4. Number Systems: natural numbers (Peano's axioms), integer numbers, rational numbers, real numbers (axiomatic, Dedekind's construction, construction via Cauchy's sequences), the complex numbers, quaternions and the Cayley numbers.

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

O capítulo 1, sobre Lógica Matemática, cumpre os objetivos 1, 2 e 3.

O capítulo 2 detalha métodos de demonstração, respondendo ao objetivo 4.

O capítulo 3 aborda teoria elementar de conjuntos, em consonância com os objetivos 5 e 6.

Por fim, o capítulo 4 explica a construção de sistemas de números, em coerência com o objetivo 7.

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

Chapter 1 on mathematical logic fulfills objectives 1, 2 and 3.

Chapter 2 covers standard proof methods, responding to objective 4.

Chapter 3 addresses the elementary theory of sets, in line with objectives 5 and 6.

Finally, Chapter 4 explains the construction of number systems, consistent with objective 7.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

1. As aulas são teórico-práticas e é estimulado o trabalho individual.

2. A avaliação é efetuada através de dois testes escritos (90%) e de fichas de exercícios (10%) para resolução em casa, que deverão ser entregues pelos alunos em datas previamente fixadas pelo professor.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

1. The classes are theoretical-practical and individual work is stimulated.

2. The evaluation is done through two written tests (90%) and exercises (10%) for home resolution, which must be delivered by the students on dates previously set by the teacher.

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

Pretende-se constituir uma base sólida, em termos de lógica, funções e conjuntos, que suporte a formação matemática a adquirir nas diferentes unidades curriculares. A metodologia a adotar consiste na simbiose entre a teoria e a prática, o que facilita a compreensão dos conceitos, contribui para a sua consolidação e correta aplicação. A

resolução de exercícios é uma componente essencial em Matemática e a sua valorização na avaliação terá um efeito motivacional.

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

It is intended to provide a solid foundation, in terms of logic, functions and sets, that supports the mathematical knowledge to be acquired in the different curricular units. The methodology to be adopted consists of the symbiosis between theory and practice, which facilitates the understanding of concepts, contributes to their consolidation and correct application. Exercise resolution is an essential component in mathematics and its value in assessment will have a motivational effect.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

1. S. G. Kranz. *Elements of Advanced Mathematics*, 3rd edition, Chapman and Hall (2012).
2. A. Franco de Oliveira, *Lógica e Aritmética*, Gradiva (1991).
3. P.J. Eccles, *An Introduction to Mathematical Reasoning: Numbers, Sets and Functions*, Cambridge University Press (1997).
4. Devlin Keith; *Sets, functions and logic*. Chapman and Hall/CRC; 3rd edition (2003).
5. Geoff Smith, *Introductory Mathematics: Algebra and Analysis*, Springer (1997).

Mapa IV - Programação I

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Programação I

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Programming I

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

I

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

T - 30; PL - 30

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

Obrigatória.

4.4.1.7. Observations:

Compulsory.

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

Luís Filipe Barbosa de Almeida Alexandre, 60h

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

<sem resposta>

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

Introduzir os conceitos básicos de programação procedimental.

Desenvolver algoritmos para resolver problemas e implementá-los utilizando a linguagem de programação Python.

No final da UC o aluno deverá ser capaz de desenvolver algoritmos para solucionar problemas, dominar conceitos básicos de programação procedimental, implementar algoritmos com recurso à linguagem de programação Python, conhecer os tipos de dados simples e estruturados, estruturas de decisão e repetição, conceitos de definição e

utilização de sub-programas, exceções, módulos e ficheiros.

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

*Introduce the basic concepts of procedural programming.
Develop algorithms to solve problems and implement them using the Python programming language.*

At the end of the CU, the student should be able to develop algorithms to solve problems, master the basic concepts of procedural programming, be able to use the Python language to implement the developed algorithms, know the simple and structured data types, the decision and repetition structures, the concepts of definition and usage of sub-programs, exceptions, modules and files.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. *Introdução à programação em Python*
2. *Tipos de dados simples standard*
3. *Expressões*
4. *Instruções*
5. *Controlo de fluxo*
6. *Funções*
7. *Tipos de dados estruturados standard*
8. *Exceções*
9. *Módulos*
10. *Ficheiros*

4.4.5. Syllabus:

1. *Introduction to programming with Python*
2. *Standard simple data types*
3. *Expressions*
4. *Instructions*
5. *Flow control*
6. *Functions*
7. *Standard structured data types*
8. *Exceptions*
9. *Modules*
10. *Files*

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

Os conteúdos programáticos enquadram-se nos objetivos definidos para a UC na medida em que incluem os conceitos base da programação procedimental e estruturada, bem como os mecanismos e estruturas necessários para resolver problemas com recurso a uma linguagem de programação. Para além disso, é incluído nos conteúdos programáticos a aprendizagem da linguagem Python, tal como como é descrito nos objetivos da UC. Por outro lado, as aulas práticas permitem aplicar os conceitos e conhecimentos adquiridos nas aulas teóricas e, sobretudo, desenvolver a capacidade de resolver problemas com recurso a uma linguagem de programação.

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

The syllabus is coherent with the objectives defined for the course since it includes the basic concepts of structured and procedural programming as well as the mechanisms and structures needed to solve problems using a programming language. Furthermore, the syllabus also includes the Python programming language as described in the CU's objectives.

Additionally, the practical lectures enable the application of the concepts and knowledge acquired in the theoretical lectures and, more important, the development of the ability to solve problems using a programming language.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A UC contempla aulas teóricas e aulas práticas laboratoriais.

Nas aulas teóricas o docente apresenta os tópicos do programa e discute os seus conteúdos com os estudantes. Nas aulas práticas os estudantes resolvem problemas propostos usando a linguagem Python.

A avaliação é feita com recurso a dois trabalhos práticos a efectuar nas aulas P, duas frequências e um exame.

Os trabalhos são obrigatórios e valem 2 valores cada (4 valores no total).

Os restantes 16 valores são obtidos com a média das frequências ou com o exame.

Os alunos que obtenham aprovação por frequência podem ir a exame subir a nota. Neste caso conta a melhor nota entre a média das frequências e o exame.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

This CU has both theoretical and practical laboratory classes.

In the theoretical classes, the teacher presents the syllabus topics and discusses them with the students. In the practical classes, the students solve proposed problems using the Python programming language.

The assessment is made using two practical works, done in the classroom, two tests, and an exam.

The works are compulsory are worth 2 points each out of 20 points.

The remaining 16 points are obtained with the average of the two tests or with the exam.

The students that have the minimum grade can go to the exam to improve the final grade. In this case, only the best grade between the exam and the average of the two tests is considered.

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

As metodologias de ensino adotadas permitem não só incutir os conceitos teóricos, mas também desenvolver a capacidade de resolver problemas com recurso a uma linguagem de programação. Os principais conteúdos teóricos são expostos, explicados, e discutidos nas aulas teóricas, onde o aluno pode compreender os conceitos e mecanismos da programação estruturada.

Por outro lado, os laboratórios práticos, compostos sobretudo por exercícios de programação em linguagem Python, permitem ao aluno experienciar e aplicar o conhecimento teórico obtido nas aulas teóricas. Os exercícios de programação ajudam o aluno a desenvolver a capacidade de resolver problemas com recurso a uma linguagem de programação e consolidam a aprendizagem da linguagem Python.

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

The syllabus is coherent with the objectives defined for the course since it includes the basic concepts of structured and procedural programming as well as the mechanisms and structures needed to solve problems using a programming language. Furthermore, the syllabus also include the Python programming language as described in the CU's objectives.

Additionally, the practical lectures enable the application of the concepts and knowledge acquired in the theoretical lectures and, more important, the development of the ability to solve problems using a programming language.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

-The teacher's classroom slides.

-Python in a Nutshell, Alex Martelli, Anna Ravenscroft, and Steve Holden, O'Reilly, 2017

-Practical Programming, An Introduction to Computer Science Using Python 3, Paul Gries, Jennifer Campbell, Jason Montojo, 2nd Edition, The Pragmatic Programmers, 2013.

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

Laboratório de Matemática

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Mathematics Laboratory

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

M

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

42

4.4.1.5. Horas de contacto:

PL - 25

4.4.1.6. ECTS:

1,5

4.4.1.7. Observações:

Obrigatória.

4.4.1.7. Observations:

Compulsory.

4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):*José Carlos Matos Duque (25h)***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:***Rui Manuel Pires Almeida***4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):***Com esta unidade curricular pretende-se que o aluno obtenha ferramentas computacionais que o auxiliem na realização de atividades práticas (experimentais e laboratoriais).**No final desta unidade curricular o aluno deve ser capaz de:*

- a) executar operações matemáticas simples com escalares, vetores ou matrizes;*
- b) resolver problemas simples explorando as capacidades simbólicas e gráficas do computador;*
- c) programar pequenas rotinas.*
- d) realizar rotinas de análise, tratamento e visualização de dados;*
- e) planificar atividades experimentais numa lógica investigativa.*

4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):*With this curricular unit it is intended that the student obtain computational tools that will assist him in the accomplishment of practical activities (experimental and laboratory).**At the end of this curricular unit the student should be able to:*

- a) perform simple mathematical operations with scalars, vectors or matrices;*
- b) solve simple problems by exploring symbolic and graphical capabilities of the computer;*
- c) programming small routines.*
- d) perform data analysis, treatment and visualization routines;*
- e) plan experimental activities in a research logic.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:**1. Iniciação ao Matlab**

- 1.1. Operações e funções elementares**
- 1.2. Variáveis numéricas**
- 1.3. Vetores e matrizes**
- 1.4. Gráficos 2D e 3D**

2. Cálculo simbólico

- 2.1. Variáveis simbólicas**
- 2.2. Expressões simbólicas**
- 2.3. Limites**
- 2.4. Derivadas e primitivas**
- 2.5. Somatórios**
- 2.6. Equações diferenciais**

3. Introdução à programação

- 3.1. Scripts e funções**
- 3.2. Ciclos**
- 3.3. Condicionais**

4. Análise e tratamento de dados

- 4.1. Introdução à Estatística Descritiva**
- 4.2. Distribuições de probabilidade**
- 4.3. Inferência estatística**

4.4.5. Syllabus:**1. Introduction to Matlab**

- 1.1. Operations and basic functions**
- 1.2. Numerical variables**
- 1.3. Vectors and matrices**
- 1.4. 2D and 3D graphics**

2. Symbolic calculation

- 2.1. Symbolic variables**
- 2.2. Symbolic expressions**
- 2.3. Limits**
- 2.4. Derivatives and primitives**
- 2.5. Sums**
- 2.6. Differential equations**

3. Introduction to programming

- 3.1. Scripts and functions**

3.2. Loops

3.3. Conditionals

4. Data analysis and processing

4.1. Introduction to Descriptive Statistics

4.2. Probability distributions

4.3. Statistical inference

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

Os conteúdos programáticos da unidade curricular foram definidos em função dos objetivos e competências a serem adquiridos pelos alunos.

Os objetivos definidos, traduzidos nas competências específicas a) – d), são alcançados através dos conteúdos programáticos 1. – 4., respetivamente, a competência específica e) é alcançada de forma transversal em todos os conteúdos programáticos.

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

The syllabus contents of the curricular unit were defined according to the objectives and competences to be acquired by the students.

The defined objectives, translated in the specific competences a) - d), are reached through the programmatic contents 1. - 4., respectively, the specific competence e) is reached transversally in all the programmatic contents.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A unidade curricular funciona com aulas práticas num laboratório equipado com computadores. A unidade curricular será ministrada de forma interativa e com o aluno acompanhando em tempo real os procedimentos apresentados pelo professor. Além disso o estudante é incentivado a participar nas aulas, a interagir com o professor e com os colegas, e a trabalhar autonomamente, sob a forma de realização de exercícios, formulação e resolução de problemas.

A avaliação contínua será feita através da realização de pequenas tarefas durante as aulas, cotadas num total de 6 valores e um projeto de programação no final do semestre com uma cotação de 14 valores. O estudante poderá ainda realizar um exame final cotado para 20 valores.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The curricular unit works with practical classes in a laboratory equipped with computers. The curricular unit will be taught in an interactive way and with the student accompanying in real time the procedures presented by the teacher. In addition, the student is encouraged to participate in classes, to interact with the teacher and with colleagues, and to work autonomously, in the form of exercises, formulation and problem solving.

Continuous assessment will be done by performing small tasks during class, quoted in a total of 6 values and a programming project at the end of the semester quoted for 14 values. The student can also take a final exam quoted for 20 values.

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

A estruturação das aulas em laboratório permite que os conteúdos sejam explorados diretamente no computador à medida que são lecionados. A ideia é potenciar o processo de aprendizagem e conferir o mais rapidamente possível alguma independência e confiança aos alunos através da resolução de problemas práticos adequados e ajustados a cada conteúdo programático. Esta estruturação permite, de uma forma proporcional e gradual, que os alunos adquiram as competências necessárias ao longo do semestre para obter a aprovação. A metodologia de ensino encontra-se centrada no aluno, que ao longo do semestre vai aprendendo e aplicando os procedimentos aprendidos, com o seu trabalho autónomo e com a ajuda da equipa docente. Desta forma, é dada particular importância à avaliação contínua que permite que o aluno possa, ao longo do semestre, demonstrar faseadamente as competências adquiridas com o seu trabalho.

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

The structure of laboratory classes allows content to be exploited directly on the computer as they are taught. The idea is to enhance the learning process and give as soon as possible some independence and confidence to students by solving practical problems appropriate and adjusted to each program content. This structure allows, in a proportional and gradual way, that students acquire the necessary competences throughout the semester to obtain the approval. The teaching methodology is centered on the student, who throughout the semester will learn and apply the learned procedures, with their autonomous work and with the help of the teaching team. In this way, special importance is given to the continuous assessment that allows the student to demonstrate, in the semester, the skills acquired with his work.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- V. Morais & C. Vieira, "MATLAB - Curso Completo", FCA, 2003

- Stormy Attaway, "Matlab: a Practical Introduction to Programming and Problem Solving", Elsevier, Canada, 2009

- Amos Gilat, "MATLAB: An Introduction with Applications, 6 edition", John Wiley & Sons, Inc., 2017

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:*Análise Real II***4.4.1.1. Title of curricular unit:***Real Analysis II***4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:***M***4.4.1.3. Duração:***Semestral***4.4.1.4. Horas de trabalho:***210***4.4.1.5. Horas de contacto:***TP - 75***4.4.1.6. ECTS:***7,5***4.4.1.7. Observações:***Obrigatória.***4.4.1.7. Observations:***Compulsory.***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***César Augusto Teixeira Marques da Silva***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:***José Carlos Alves Martins Aleixo***4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

- i) Apreender e relacionar conceitos e resultados básicos sobre séries numéricas;*
- ii) Formular e resolver problemas relacionados com séries numéricas e séries de funções;*
- iii) Apreender e relacionar conceitos e resultados básicos sobre limites, continuidade e derivadas de funções vetoriais de várias variáveis reais;*
- iv) Formular e resolver problemas relacionados com limites, continuidade e derivadas de funções vetoriais de várias variáveis reais;*
- v) Analisar e compreender demonstrações matemáticas, em particular no âmbito do cálculo vetorial;*
- vi) Comunicar, escrita e oralmente, utilizando linguagem matemática.*

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

- i) To understand and relate concepts and basic results on numerical series;*
- ii) To formulate and solve problems related to numerical series and series of functions;*
- iii) To understand and relate concepts and basic results about limits, continuity and derivative of vector-valued functions;*
- iv) To formulate and to solve problems related to limits, continuity and derivative of vector-valued functions;*
- v) To analyze and to understand mathematical proofs, particularly in the context of vector calculus;*
- vi) To communicate using mathematical language, written and orally.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:**1. Séries****1.1 Definição e exemplos****1.2 Séries de termos não negativos ou não positivos: critérios de comparação, de d'Alembert e de Cauchy****1.3 Séries de termos alternados****1.4 Convergência simples e absoluta****1.5 Sucessões de funções: convergência pontual e convergência uniforme****1.6 Séries de funções****1.7 Séries de potências****1.8 Séries de Taylor e funções analíticas****2. Funções de várias variáveis****2.1 Estrutura algébrica e topológica do \mathbb{R}^n**

2.2 Funções de \mathbb{R}^n em \mathbb{R}^m

2.3 Limites

2.4 Continuidade

3. Cálculo Diferencial

3.1 Derivada parcial e derivada direcional

3.2 Diferenciabilidade. A derivada como transformação linear

3.3 Derivada da função composta

3.4 Teorema da função inversa e teorema da função implícita

3.5 Derivadas parciais de ordem superior à primeira e fórmula de Taylor

3.6 Extremos simples

3.7 Extremos condicionados e método dos multiplicadores de Lagrange

3.8 Aplicações

4.4.5. Syllabus:

1. Series

1.1. Definition and examples.

1.2. Series of non-negative or non-positive terms: comparison test, d'Alembert test and Cauchy test;

1.3. Alternating series

1.4. Simple and absolute convergence.

1.5. Sequences of functions. Simple and uniform convergence.

1.6. Series of functions.

1.7. Power series.

1.8. Taylor series and analytic functions.

2. Functions of several variables

2.1. Algebraic and topologic structure of \mathbb{R}^n .

2.2. Functions from \mathbb{R}^n to \mathbb{R}^m .

2.3. Limits.

2.4. Continuity.

3. Differential calculus

3.1. Partial derivative and directional derivative.

3.2. Differentiability. The derivative as a linear map.

3.3. Derivative of a composition of functions.

3.4. Inverse function theorem and implicit function theorem.

3.5. Higher order partial derivatives and Taylor formula.

3.6. Extremes.

3.7. Extremes with constraints and method of Lagrange multipliers.

3.8. Applications.

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

No capítulo 1 são apresentados conceitos e resultados fundamentais sobre séries numéricas e de funções - objetivo de aprendizagem i). No capítulo 2 são apresentados conceitos e resultados fundamentais sobre funções vetoriais de várias variáveis reais, incluindo os conceitos de limite e continuidade – objetivo de aprendizagem ii). No capítulo 3 são apresentados os conceitos e resultados fundamentais sobre cálculo diferencial para funções vetoriais de várias variáveis reais e problemas relacionados - objetivos de aprendizagem iii) e iv). Ao longo do curso será promovida a resolução de problemas e serão apresentadas e discutidas demonstrações matemáticas – objetivos de aprendizagem iv) e v) – assim como o aperfeiçoamento da utilização da linguagem matemática escrita e oral – objetivo de aprendizagem vi).

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

In chapter 1 the fundamental concepts and results on numerical series and series of functions are presented - learning outcome i). In chapter 2 the fundamental concepts and results on vector-valued functions are introduced, including the concepts of limit and continuity - learning outcome ii). Chapter 3 presents the fundamental concepts and results on differential calculus for vector-valued functions and related problems - learning outcomes iii) and iv). Throughout the course it will be promoted problem solving situations and mathematical proofs will be presented and discussed - learning outcomes iv) and v) – as well the mathematical communication in written and oral form will be improved - learning outcome vi).

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As aulas serão teórico-práticas. O docente apresenta os conceitos, enuncia os resultados, demonstrando muitos deles. Ilustra ainda a teoria com exemplos e aplicações. O estudante é incentivado a participar nas aulas, interagindo com o professor e por vezes resolvendo exercícios e problemas. É ainda incentivado o trabalho autónomo, consistindo este maioritariamente na realização de exercícios, problemas e demonstrações matemáticas. Na interação com o professor será promovido o aperfeiçoamento da utilização da linguagem matemática escrita e oral. A avaliação realizada ao longo do período de ensino-aprendizagem consistirá em duas provas escritas F1 e F2 (0-20 valores). A classificação final será $CF=(0,5 \cdot F1+0,5 \cdot F2)$. O estudante poderá ainda realizar um exame final.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The classes will be theoretical-practical. The teacher presents the concepts and enunciates the results, demonstrating many of them. It also illustrates the theory with examples and applications. The student is encouraged to participate in classes, interacting with the teacher and sometimes solving exercises and problems. Autonomous work will be

*encouraged, mainly consisting of exercises, problem-solving and mathematical demonstrations. In the interaction with the teacher, it will be promoted the use of mathematical language, in oral and written form. The evaluation carried out over the teaching-learning period will consist of two written tests F1 and F2 (0-20 values). The final classification will be $FC = (0.5 * F1 + 0.5 * F2)$. The student can also take a final exam.*

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

As aulas teórico-práticas permitem aos alunos a assimilação dos conceitos e resultados e, em simultâneo, o contacto com problemas e exemplos de sua aplicação - objetivos de aprendizagem i) a iv). O incentivo à participação dos alunos nas aulas contribuirá para aumentar as suas capacidades de analisar e compreender os resultados e técnicas de demonstração – objetivo de aprendizagem v). O estímulo ao trabalho autónomo, o qual deverá fazer surgir questões a abordar nas sessões de atendimento, contribuirá para o desenvolvimento da capacidade de formular e resolver problemas, bem como da capacidade de utilizar a linguagem matemática – objetivos de aprendizagem iv) e vi).

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

The theoretical-practical classes allow students to assimilate the concepts and results and, simultaneously, the contact with problems and examples of their application - learning outcomes i) to iv). Encouraging the student participation in classrooms will contribute to enhancing their ability to analyze and understand demonstration techniques - learning outcome v). The stimulus to autonomous work, which should raise questions to be addressed in the attendance sessions, will contribute to the development of the capacity to formulate and solve problems, as well as the ability to use mathematical language - learning outcomes iv) and vi).

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- Conway, J. B. (2017). *A First Course in Analysis*. Cambridge University Press.
- Dias Agudo, F. R. (1994). *Análise Real*, vol. I. (2.ª edição). Escolar Editora.
- Ferreira, J. C. (2008). *Introdução à Análise Matemática*. (9.ª edição). Fundação Calouste Gulbenkian.
- Lages Lima, E. (2017). *Curso de Análise*, vol. 1. (14.ª edição). IMPA.
- Lages Lima, E. (2015). *Curso de Análise*, vol. 2. (11.ª edição). IMPA.
- Lages Lima, E. (2017). *Análise Real*, vol. 1. (12.ª edição). IMPA.
- Lages Lima, E. (2016). *Análise Real*, vol. 2. (6.ª edição). IMPA.
- Marsden, J. E., & Tromba, A. J. (2012). *Vector calculus*. (6th ed.). W H Freeman & Co.
- Sarrico, C. (2009). *Cálculo Diferencial e Integral para Funções de Várias Variáveis*. Esfera do Caos.

Mapa IV - Geometria

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Geometria

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Geometry

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

M

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP - 60

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

Obrigatória.

4.4.1.7. Observations:

Compulsory.

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

Rui Miguel Nobre Martins Pacheco (TP60)

4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:*Pedro Jorge Duarte Gil Tomé dos Santos Morais***4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):***Com a frequência nesta unidade, pretende-se que o aluno tenha oportunidade de adquirir uma perspetiva integrada da geometria que lhe permita:*

- 1. compreender as propriedades fundamentais das geometrias euclidiana, afim, projetiva, esférica e hiperbólica;*
- 2. comparar as geometrias euclidiana, esférica e hiperbólica em termos de suas propriedades métricas, trigonométricas e de paralelismo.*
- 3. classificar as cónicas a menos de transformações euclidianas, afins e projetivas;*
- 4. reconhecer o significado geométrico de diferentes objetos em álgebra linear e usar métodos da álgebra linear na resolução de problemas geométricos;*
- 5. entender cada geometria como o estudo dos invariantes para o grupo de transformações correspondentes.*

4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):*On completion of this unit, students should:*

- 1. acquired an active knowledge and understanding of the basic properties of the main classical geometries: euclidian, affine, projective, spherical and hyperbolic geometries.*
- 2. compare the euclidian, spherical and hyperbolic geometries in terms of their metric properties, trigonometry and parallels.*
- 3. classify conics up to euclidian, affine and projective transformations.*
- 4. recognise the geometrical meaning of different objects in linear algebra and be able to use linear algebraic methods in the resolution of geometric problems.*
- 5. recognise each geometry as the study of the invariants under the corresponding transformation group.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1. Geometria Euclidiana. Orientação, produto interno, produto externo e produto misto em R^3 . Isometrias e homotetias no plano e no espaço. Secções cónicas e superfícies quádricas.*
- 2. Geometria Afim. Estrutura afim e transformações afins. O determinante de uma transformação. O Teorema Fundamental da Geometria Afim. Transformações afins e cónicas.*
- 3. Geometria Projetiva. O plano projetivo. Coordenadas homogéneas. Transformações projetivas. O Teorema Fundamental do Plano Projetivo. Teoremas de Desargues e Pappus. Formas bilineares e cónicas. O princípio da Dualidade.*
- 4. Geometria Esférica. A superfície esférica. Relação entre a superfície esférica e o plano projetivo. Distância. Isometrias na esfera. Triângulos Esféricos. O plano complexo estendido, projecções estereográficas e inversões. Transformações de Möbius.*
- 5. Geometria Hiperbólica. O plano hiperbólico e o axioma das paralelas. O modelo de Poincaré. Distância. Isometrias no plano hiperbólico. Triângulos hiperbólicos.*

4.4.5. Syllabus:

- 1. Euclidean geometry. Orientation, inner product, cross product and mixed product in R^3 . Isometries and homotheties. Conical sections and quadratic surfaces.*
- 2. Affine Geometry. Affine structures and affine transformations. The determinant of a transformation. The Fundamental Theorem of Affine Geometry. Conics under affine transformations.*
- 3. Projective Geometry. The projective plane. Homogeneous coordinates. Projective transformations. The Fundamental Theorem of the Projective Plane. Desargues and Pappus Theorems. Bilinear forms and conics. The principle of Duality.*
- 4. Spherical Geometry. The spherical surface. Relation between the spherical surface and the projective plane. Distance. Isometries. Spherical Triangles. The extended complex plane, stereographic projections and inversions. Möbius transformations.*
- 5. Hyperbolic Geometry. The hyperbolic plane and the axiom of the parallels. The Poincaré model. Distance. Isometries of the hyperbolic plane. Hyperbolic triangles.*

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

- 1. Os conteúdos programáticos dividem-se em 5 capítulos, cada um dos quais referentes a uma das geometrias indicadas no objetivo 1.*
- 2. Para cada uma das geometrias, os conteúdos prevêem uma análise das propriedades de incidência e, no caso das geometrias métricas, uma análise dos respetivos triângulos geodésicos, cumprindo o objetivo 2.*
- 3. Para o objetivo 3, as cónicas surgem como fio condutor no estudo das geometrias Euclidiana, afim e projetiva.*
- 4. O estudo das transformações afins ou do princípio da dualidade permitem interpretar de forma geométrica e aplicar na resolução de problemas diferentes conceitos e métodos da álgebra linear (transformações lineares, espaço dual, etc...), em coerência com o objetivo 4.*
- 5. Para cada uma das geometrias, os conteúdos prevêem o estudo do respetivo grupo de transformações, de encontro ao objetivo 5. Também a classificação das cónicas a menos de transformações euclidianas, afins e projetivas se articula com este objetivo.*

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

1. *The contents are divided into five chapters, and each chapter refers to one of the geometries indicated in objective 1.*
2. *The program contents include an analysis of the properties of incidence and, for metric geometries, an analysis of the corresponding geodesic triangles, in coherence with objective 2.*
3. *To comply with objective 3, the conics are studied in the setting of the Euclidean, affine and projective geometries.*
4. *Linear algebraic methods (internal product, linear transformations, determinant of a matrix, dual space, etc ...) are applied to the study of the Euclidean, affine, spherical and projective transformations, in coherence with objective 4.*
5. *For each of the geometries, the contents foresee the study of the corresponding group of transformations, in coherence with objective 5. Also, the classification of the conics, less than Euclidean, related and projective transformations, articulates decisively with this objective.*

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

1. *Aulas teórico-práticas e trabalhos de casa.*
2. *Será dado enfoque à discussão de exemplos em baixa dimensão e à representação gráfica/visual de problemas e conceitos.*
3. *A avaliação é efectuada através de dois testes escritos (90%) e de fichas de exercícios (10%) para resolução em casa, que deverão ser entregues pelos alunos em datas previamente fixadas pelo professor.*

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

1. *Theoretical-practical classes and homework problems.*
2. *Great focus will be given to the discussion of examples in low dimensional cases and graphical/visual representation of problems and concepts.*
3. *The unit is assessed by two written tests (90%) and by problem solving assignments (10%).*

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

1. *Nas aulas teórico-práticas, os aspectos teóricos dos conteúdos programáticos serão motivados e os principais resultados demonstrados. A resolução de problemas e os cálculos práticos são componentes fundamentais na aprendizagem da matemática. Eles serão trabalhados sob a orientação do professor durante as aulas.*
2. *O uso de dimensões baixas e de representações gráficas/visuais permite ao aluno desenvolver a intuição geométrica para sustentar a compreensão dos conceitos, incluindo aqueles da álgebra linear, em coerência com o objetivo 4.*

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

1. *In the theoretical-practical classes, the theoretical aspects of syllabus contents will be motivated and the main results proved. The problem-solving and the hands-on calculations are fundamental components in mathematics learning. They will be worked under the teacher's supervising during the classes.*
2. *The use of low dimensions and graphical/visual representations allow the student to develop geometric intuition to support the understanding of the concepts, including those from linear algebra, in coherence with objective 4.*

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

1. *D.A. Brannan, M.F. Esplen, J.J. Gray. Geometry, Cambridge University Press, 1999.*
2. *J. Stillwell, The Four Pillars of Geometry, Undergraduate Texts in Mathematics, Springer, 2005.*
3. *A. Barros, P. Andrade. Introdução à Geometria Projectiva, Textos Universitários, Sociedade Brasileira de Matemática, 2010.*

Mapa IV - Métodos Discretos em Matemática

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Métodos Discretos em Matemática

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Discrete Methods in Mathematics

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

M

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP - 60

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:*Obrigatória.***4.4.1.7. Observations:***Compulsory.***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***Gastão Henrique Gonçalves de Bettencourt***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:***Henrique José Freitas da Cruz***4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

- *Aprender alguns conceitos e resultados fundamentais dos conjuntos parcialmente ordenados, da teoria da enumeração e da teoria dos grafos;*
- *Analisar e compreender demonstrações;*
- *Comunicar, escrita e oralmente, utilizando linguagem matemática;*
- *Reconhecer alguns exemplos de aplicação dos conteúdos apresentados nas ciências exactas e sociais*

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

- *Apprehend some concepts and fundamental results of the partially ordered sets, enumeration theory and graph theory*
- *Analyse and understand proofs;*
- *Communicate, written and orally, using mathematical language;*
- *To recognize some examples of the application of the contents presented in the context of the exact and social sciences.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:*1-Conjuntos parcialmente ordenados e reticulados**Diagramas de Hasse, teorema do ponto fixo de Tarski, reticulados distributivos, álgebras de Boole**2-Princípios fundamentais**Princípio da contagem, da gaiola dos pombos, da dupla contagem. Arranjos e combinações**3-Subconjuntos e coeficientes binomiais**Propriedades, teorema binomial**4-Funções geradoras e relações de recorrência**Funções geradoras, operações em funções geradoras, teorema binomial. Números de Fibonacci, recorrências lineares e não lineares**5-Partições e permutações**Partições: números de Bell e de Stirling. Permutações: decomposição e números de Stirling**6- Princípio da inclusão-exclusão**Sobrejeções e números de Stirling, desarranjos**7- Teoria dos grafos**Isomorfismo de grafos, matrizes de incidência e de adjacência, caminhos e circuitos, grafos de Euler, algoritmo de Fleury, grafos de Hamilton, coloração de grafos, árvores, problema da árvore minimal, problema do caminho mais curto, grafos orientados, problema do fluxo máximo***4.4.5. Syllabus:***1- Partially ordered sets and lattices.**Hasse diagram, Tarski's fixed point, distributive lattice, Boolean algebra.**2- Fundamental principles.**Fundamental counting principle, pigeonhole and double counting. Permutations and combinations.**3- Subsets and binomial coefficients.**Properties of binomial coefficients, binomial theorem.**4- Generating functions and recurrence relations.**Generating functions, operations on generating functions, binomial theorem. Fibonacci numbers, linear and non-linear recurrences.**5- Partitions and permutations.**Partitions: Bell and Stirling numbers. Permutations: cycle decomposition and Stirling numbers.**6- The Principle of inclusion-exclusion.**Surjections and Stirling numbers, derangements.**7- Graph theory.**Graph isomorphism, incidence and adjacency matrices, paths and circuits, Eulerian graphs, Fleury algorithm, Hamiltonian graphs, graphs coloring, trees, minimal tree problem, shorter path problem, oriented graphs, maximum flow problem.*

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

Ao longo da unidade curricular, serão apresentados, com rigor científico e clareza do ponto de vista da comunicação escrita e oral, conceitos, resultados fundamentais, exemplos e aplicações sobre: conjuntos parcialmente ordenados (capítulo 1), teoria da enumeração (capítulos 2, 3, 4, 5, 6) e teoria de grafos (capítulo 7).

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

Throughout the curricular unit, will be presented, with scientific rigor and clarity, fundamental concepts, results, examples and applications on: partially ordered sets (chapter 1), enumeration theory (chapters 2, 3, 4, 5, 6) and graph theory (chapter 7).

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As aulas serão teórico-práticas. O docente apresenta os conceitos, enuncia os resultados, demonstrando muitos deles e discute exemplos de aplicação. O estudante é incentivado a participar nas aulas, interagindo com o professor e por vezes resolvendo exercícios.

É ainda incentivado o trabalho autónomo, consistindo este maioritariamente na realização de exercícios assim como na elaboração de um trabalho que deverá ser apresentado por escrito e oralmente.

A avaliação realizada ao longo do período de ensino-aprendizagem consistirá em três provas escritas, cotadas com 5, 6, 6 valores e na elaboração do trabalho, cotado para 3 valores.

O estudante poderá ainda realizar um exame final cotado para 20 valores.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

All classes will be both theoretical and practical. The teacher introduces the concepts, presents the results, proving several among them, and discusses applications. The students are given the opportunity to intervene in the classes, interacting with the teacher and sometimes solving problems.

Autonomous work is also encouraged, and this is mainly done in the execution of exercises as well as in the preparation of a work that must be presented both orally and in writing form.

Assessment undertaken throughout the teaching-assessment period will consist in three written tests, rated to 5, 6, 6 values and in the presentation of the work rated for 3 values.

The student will also be given the possibility of a final exam rated 20 values.

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

As aulas teórico-práticas constituem um modelo flexível na articulação da teoria (apresentação de conceitos, resultados e demonstrações) com a prática (recurso a exemplos ilustrativos, exercícios e aplicações em diferentes áreas), o que evidencia o interesse da matéria, facilita a assimilação/compreensão dos tópicos e a consolidação do seu conhecimento.

O estímulo à discussão colectiva e ao trabalho individual, orientado ou autónomo (sob a forma da realização de exercícios propostos e de um trabalho escrito com apresentação), contribui para desenvolver a capacidade de: síntese, análise, raciocínio, formulação/resolução de problemas discretos, e comunicação escrita e oral, utilizando linguagem matemática.

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

The theoretical-practical classes constitute a flexible model in the articulation of theory (presentation of concepts, results and demonstrations) with practice (using illustrative examples, exercises and applications in different areas), which highlights the subject's interest, facilitates the assimilation/ understanding of the topics and the consolidation of their knowledge.

The stimulus to collective discussion and individual, oriented or autonomous work (in the form of proposed exercises and a written work with presentation), contributes to develop the capacity of: synthesis, analysis, reasoning, formulation/solving of discrete problems, and written and oral communication using mathematical language.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- 1- Peter J. Cameron, *Notes on Combinatorics*, 2013.
- 2- Peter J. Cameron, *Combinatorics: Topics, Techniques, Algorithms* (2nd edition), Cambridge University Press, 1996.
- 3- Brian A. Davey, Hilary A. Priestley, *Introduction to Lattices and Order*, Cambridge University Press, 2002.
- 4- Norman Biggs, *Discrete Mathematics* (2nd edition), Oxford University Press, 2002.
- 5- Bela Bollobas, *Modern Graph Theory*, Springer-Verlag, 2002.
- 6- Domingos M. Cardoso, J. Szymanski, Mohammad Rostami, *Matemática Discreta Combinatória, Teoria dos Grafos e Algoritmos*, Escolar Editora, 2008

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:*Mecânica e Ondas***4.4.1.1. Title of curricular unit:***Mechanics and Waves***4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:***M***4.4.1.3. Duração:***Semestral***4.4.1.4. Horas de trabalho:***168***4.4.1.5. Horas de contacto:***T - 30; TP - 30***4.4.1.6. ECTS:***6***4.4.1.7. Observações:***Obrigatória.***4.4.1.7. Observations:***Compulsory.***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***António Rodrigues Tomé, 60h***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:***<sem resposta>***4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):***O aluno que conclua esta disciplina deve ser capaz de descrever e identificar fenómenos da Física ao nível de mecânica:*

- 1. Distinguir e caracterizar diferentes tipos de movimentos. Conhecimento das leis e princípios que regem a dinâmica dum partícula e de um sistema de partículas. Incluindo leis de conservação de momentos linear e angular.*
- 2. Compreender o conceito de forças conservativas, energia potencial, energia mecânica, atrito e viscosidade. Conservação de energia mecânica e a sua dissipação por forças não conservativas.*
- 3. Distinguir e caracterizar diferentes tipos de transporte em fluidos: regime laminar e turbulência. Conceito de velocidade média num fluido.*
- 4. Compreender propriedades elásticas de sólidos e fluidos.*
- 5. Deve ser capaz de propor e fundamentar estratégias básicas de investigação recorrendo a tecnologias ou a outros métodos.*
- 6. Deve ter adquirido capacidades adequadas de síntese.*

4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):*Students that complete this course should be able to describe physical phenomena in Mechanics:*

- 1. Be able to distinguish and describe several types of motions, knowing the principles and laws of the dynamics of a particle and system of particles. Including conservation laws of linear and angular momentum,*
- 2. Understand the energy concepts, the work done by forces, the conservation of Mechanic energy and its dissipation by non conservative forces.*
- 3. Have acquired basics skills in identifying fluids motions types and some intrinsic concepts as trajectories, streamlines, energy equations balance.*
- 4. Have acquired basics skills in elasticity concepts*
- 5. Must be able to propose and justify strategies using basic research techniques or other methods.*
- 6. Must have acquired adequate capacity for synthesis.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:*Sistemas de unidades. Cinemática.**Leis de Newton. Trabalho. Energia potencial. Conservação da energia mecânica.**Centro de massa. Colisões.**Momento de uma força e momento de inércia. Momento angular.**Gravidade. Leis de Kepler. Lei da gravitação de Newton.*

Equilíbrio estático e elasticidade. Tensão e deformação.

Fluidos. Pressão num fluido. Impulsão e princípio de Arquimedes. Hidrostática. Equação de Bernoulli. Escoamento viscoso. Lei de Poiseuille. Número de Reynolds.

Oscilações. Ondas transversais e ondas longitudinais. Reflexão. Refracção. Difraccção.

Sobreposição de ondas e ondas estacionárias.

4.4.5. Syllabus:

Systems of Units. Motion.

Laws of Newton. Work and energy. Potential energy. Conservation of the mechanical energy. Energy conservation.

Particle systems and conservation of the linear moment.

Center of mass. Movement of the center of mass. Kinetic energy of a particle system. Collisions.

Moment of a force and moment of inertia. Angular momentum.

Rotational kinetic energy.

Gravity. Laws of Kepler. Law of the universal gravitation of Newton.

Static equilibrium. Elasticity. Tension and deformation.

Young's modulus and shear modulus.

Fluids. Hydrostatics. Fluids in motion. Bernoulli equation. Law of Poiseuille. Number of Reynolds.

Oscillations. Transverse waves and longitudinal waves. Harmonic waves. Waves against obstacles. Reflection.

Refraction. Diffraction.

Overlapping of waves and standing waves.

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

Interessa desenvolver competências transversais, tendo em mente a pesquisa, a interação com pessoas de áreas afins, e ainda o desenvolvimento da capacidade de reflexão crítica e de resolução de problemas. Incentivar-se-á uma aprendizagem mais interactiva nas aulas, fomentando perguntas e até debates e discussões de temas leccionados. É nosso propósito orientar o estudante no estudo da Mecânica e despertar a sua curiosidade para princípios fundamentais. O aluno deverá adquirir conhecimentos e capacidade de raciocínio que lhe permitam relacionar princípios da Mecânica com leis físicas subjacentes. A Mecânica é uma área com carácter multidisciplinar. Actualmente quem pretender trabalhar em áreas ligadas à Engenharia não pode prescindir de conhecimentos profundos no domínio da Mecânica e é neste contexto que se torna muito apelativo o estudo da Física recorrendo a ferramentas computacionais, que é aliás uma área em que actualmente existe uma actividade e crescimento extraordinários.

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

Students should develop skills, particularly having in mind research, interaction with people of the area and related areas. Students should also develop the capacity for critical thinking and problem-solving. When possible, a more interactive learning should be promoted in the classroom, encouraging questions and to debates and discussions on topics taught. Our purpose is to guide the student in the study of mechanics and to increase his curiosity concerning fundamental principles. It is intended that the students acquire knowledge and reasoning skills that allow them to relate principles of mechanics with the underlying physical laws. The study is aimed at understanding Mechanics.

The Mechanics is an area with strong multidisciplinary character. So people seriously wanting to work in areas related to Engineering should improve their knowledge of Mechanics and is in this context it appealing to study the physics using computational tools, which is also an area in expansion.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Nas aulas teóricas será dada prioridade a uma correcta compreensão dos objectivos mais importantes, procurando no entanto dar uma ideia abrangente dos temas e suas aplicações. As aulas teóricas têm ainda por objectivo fornecer informação detalhada e sistematizada sobre os aspectos mais relevantes da matéria da disciplina. Nas aulas práticas procurar-se-á abordar a matéria na perspectiva da sua aplicação prática e na análise e resolução de problemas concretos e começando por abordar situações simples as quais gradualmente darão lugar a análises mais complexas. Será feito um uso exaustivo da plataforma moodle com propostas semanais de pequenos testes para monitorizar o evoluir da aprendizagem ao longo do semestre.

A avaliação consiste na realização de uma prova (exame final). O exame final consta de uma prova escrita sobre a totalidade da matéria leccionada.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

In theoretical classes, priority will be given to a correct understanding of the most important objectives, while seeking to give a comprehensive idea of the subjects and their applications. Theoretical classes also aim to provide detailed and systematized information on the most relevant aspects of the discipline. In the practical classes we will try to approach the subject from the perspective of its practical application and the analysis and resolution of concrete problems and starting by addressing simple situations which will gradually give rise to more complex analyzes.

An extensive use of the moodle platform will be made with weekly small-test proposals to monitor the evolution of learning throughout the semester.

The evaluation consists of a test (final exam). The final exam consists of a written test on the whole subject.

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

As metodologias de ensino e avaliação procuram assegurar o domínio dos alunos das matérias leccionadas dando aso a que as possam usar e aplicar autonomamente, nomeadamente na resolução das frequências e exames, respondendo às questões teóricas e resolvendo os problemas.

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

The teaching methodologies seek to ensure that students' master of subjects of the lectures and also that they can use and apply them independently, particularly in the tests and in the exams, answering the theoretical questions and solving the problems.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Physics, (1992), 4th Resnick, Halliday and Krane, vol1

Halliday, D.; Resnick, R.; Walker, J. (2001) Fundamentals of physics, 6th Edition John Wiley & Sons Inc., New York
Tipler, P.A. ; Mosca G.P. (2004) Physics for Scientists and Engineers, 5th edition, W.H. Freeman, New York.

Mapa IV - Introdução à Modelação Matemática**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

Introdução à Modelação Matemática

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Introduction to Mathematical Modelling

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

M

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

126

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP - 30; PL - 15

4.4.1.6. ECTS:

4,5

4.4.1.7. Observações:

Obrigatória.

4.4.1.7. Observations:

Compulsory.

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

Pedro Mendes Ferrão Simões Patrício

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

Silvério Simões Rosa

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

Sensibilizar o aluno para a utilidade da modelação matemática em diversas áreas do conhecimento: identificar variáveis, constantes e relações matemáticas entre estas; e caracterizar a natureza das variáveis. Expor o aluno a um leque abrangente de modelos matemáticos de natureza determinística ou probabilística.

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

Create awareness of the usefulness of mathematical modelling in several areas by: identifying variables, constants, and mathematical relationships between them; and to characterize the nature of those variables. Expose students to a wide range of mathematical models either of deterministic or of probabilistic nature.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. Introdução

1.1 Construção, estudo e validação de modelos

1.2 Análise crítica de modelos

2. Casos de estudo

2.1 Análise compartimental, aquecimento e arrefecimento, decaimento radioactivo, modelos populacionais

- 2.2 Modelos ecológicos de tipo predador-presa. Competição de espécies. Soluções periódicas.
- 2.3. Modelos discretos em biologia.
- 2.4. Cálculo de juros.
- 2.5. Modelos de otimização linear
- 2.6. Ajuste de um modelo linear a um conjunto de dados: método gráfico e método dos mínimos quadrados

4.4.5. Syllabus:

- 1. Introduction
 - 1.1 Building, studying and validating models;
 - 1.2 Analysing models.
- 2. Case studies
 - 2.1 Compartmental analysis, heating and cooling, radioactive decay, population models;
 - 2.2 Predator-prey systems. Species competition. Periodical solutions;
 - 2.3. Discrete models in Biology;
 - 2.4. Interest rates;
 - 2.5. Linear optimization models;
 - 2.6. Fitting a linear model: graphical method and least squares method.

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

O primeiro objectivo é transversal a todo o conteúdo programático. O segundo objectivo é conseguido com o 2º capítulo.

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

The first objective is spanned by the entire syllabus. The second objective is concerned with chapter 2.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A metodologia de ensino baseia-se em aulas teórico-práticas (30 horas) e práticas-laboratoriais (15 horas). A parte teórica decorre com exposição do professor, acompanhada de exemplos, e com o diálogo com os alunos, a quem são fornecidas notas escritas pelo professor. A parte prática das aulas assenta na resolução de exercícios, tanto de forma acompanhada como autónoma, com ou sem a utilização de software (previamente introduzido na unidade curricular de Laboratório de Matemática).

A avaliação realizada ao longo do período de ensino-aprendizagem consistirá em duas provas escritas. O estudante poderá ainda realizar um exame final.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The teaching methodology is based on theoretical-practical lessons (30 hours) as well as practical lessons using the computer (15 hours). The theoretical part is carried out through the explanation of the subjects, accompanied by examples and dialogue with the students to whom written notes are provided. The practical part is based on the resolution of exercises both with guidance and autonomously, with or without using software (previously introduced in the Mathematics Laboratory curricular unit).

Assessment undertaken throughout the teaching-learning period will consist of two written tests. The student will also be given the possibility of a final exam.

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

Na interação com o professor serão promovidas tanto a análise crítica como a criatividade dos alunos, sem descuidar o rigor da linguagem matemática. A componente prática da unidade curricular pretende expor os alunos a novas situações, com vista à assimilação dos conteúdos programáticos e sua aplicação.

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

In the interaction with the teacher, both critical analysis as well as creativity will be promoted, all the while using a rigorous mathematical language. The practical component will give the students the opportunity to complete the learning process while dealing with novel challenges.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- Marion, G., Lawson, D. (2008). *An Introduction to Mathematical Modelling. Bioinformatics and Statistics Scotland.*
- Giordano, F. R. et al (2009). *A first course in mathematical modeling. Brooks/Cole.*
- Dym, C. (2004). *Principles of Mathematical Modeling. Academic Press.*
- Bender, E.A. (1978). *An introduction to mathematical modelling. Wiley.*
- Cross, M., Moscardini, A.O. (1985). *Learning the art of mathematical modelling. Ellis Horwood Ltd.*

Mapa IV - Análise Real III

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Análise Real III

4.4.1.1. Title of curricular unit:*Real Analysis III***4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:***M***4.4.1.3. Duração:***Semestral***4.4.1.4. Horas de trabalho:***168***4.4.1.5. Horas de contacto:***TP - 60***4.4.1.6. ECTS:***6***4.4.1.7. Observações:***Obrigatória.***4.4.1.7. Observations:***Compulsory.***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***Mário Júlio Pereira Bessa da Costa***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:***António Jorge Gomes Bento***4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

- i) Aprender, relacionar e aplicar conceitos e resultados básicos do cálculo integral;*
- ii) Formular e resolver problemas relacionados com integrais múltiplos, integrais de linha e integrais de superfície;*
- iii) Resolver problemas relacionados com integrais de formas diferenciais;*
- iv) Analisar e compreender demonstrações matemáticas;*
- v) Comunicar, escrita e oralmente, utilizando linguagem matemática.*

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

- i) To understand, to relate and to apply concepts and basic results of integral calculus;*
- ii) To formulate and to solve problems related to multiple integrals, line integral and surface integrals;*
- iii) To solve problems related to integrals of differential forms;*
- iii) To analyze and understand mathematical proofs;*
- iv) To communicate using mathematical language, written and orally.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:*1. Integrais múltiplos*

- 1.1 Construção do integral e propriedades*
- 1.2 Conjuntos de medida nula e integrabilidade*
- 1.3 Teorema de Fubini*
- 1.4 Mudança de coordenadas*
- 1.5 Aplicação ao cálculo de grandezas físicas*

2. Integrais de linha

- 2.1 Parametrização de curvas*
- 2.2 Integrais de linha de campos escalares e de campos vetoriais*
- 2.3 Teorema de Green*

3. Integrais de superfície

- 3.1 Superfícies diferenciáveis*
- 3.2 Integrais de campos escalares e fluxos de campos vetoriais*
- 3.3 Teorema do rotacional de Stokes*
- 3.4 Teorema da divergência de Gauss-Ostrogradsky*

4. Integrais de formas diferenciais

- 4.1 Formas diferenciais de grau 1*

- 4.2 Integral de linha de uma forma diferencial
- 4.3 Invariância por homotopia
- 4.4 Formas exatas e formas fechadas. Lema de Poincaré.
- 4.5 Produto exterior e formas diferenciais de grau 2. Diferencial exterior
- 4.6 Integral de superfície de uma forma diferencial
- 4.7 Teorema de Stokes

4.4.5. Syllabus:

- 1. Multiple integrals
 - 1.1. Construction of the integral and properties
 - 1.2. Null measure sets and integrability
 - 1.3. Fubini's theorem
 - 1.4. Change of coordinates
 - 1.5. Application to the calculus of physical measures
- 2. Line integrals
 - 2.1. Parametrization of curves
 - 2.2. Line integrals of scalar and vector fields
 - 2.3. Green's theorem
- 3. Surface integrals
 - 3.1. Differentiable surfaces
 - 3.2. Integrals of scalar fields and flows of vector fields
 - 3.3. Stokes' curl theorem
 - 3.4. Gauss-Ostrogradsky's divergence theorem
- 4. Integrals of differential forms
 - 4.1. Differential forms of degree 1
 - 4.2. Line integral of a differential form
 - 4.3. Invariance by homotopy
 - 4.4. Closed and exact forms. Poincaré's Lemma
 - 4.5. Exterior product and differential forms of degree 2. Exterior differential
 - 4.6. Surface integral of a differential form
 - 4.7. Stokes' theorem

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

Nos capítulos 1, 2 e 3 são apresentados conceitos e resultados fundamentais sobre integrais múltiplos, integrais de linha e integrais de superfície, respetivamente – objetivos de aprendizagem i) e ii). No capítulo 4 são apresentados conceitos e resultados fundamentais sobre integrais de formas diferenciais e são novamente derivados os teoremas de Green, da divergência de Gauss-Ostrogradsky e do rotacional de Stokes como casos particulares do Teorema de Stokes (para formas diferenciais) – objetivo de aprendizagem iii). Ao longo do curso serão apresentadas e discutidas com os alunos demonstrações matemáticas ou esboços das demonstrações dos resultados apresentados – objetivo de aprendizagem iv). Na interação com o professor será promovido o aperfeiçoamento da utilização, escrita e oral, da linguagem matemática – objetivo de aprendizagem v).

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

Chapters 1, 2 and 3 concerns fundamental concepts and results on multiple integrals, line integrals and surface integrals, respectively - learning outcomes i) and ii). In Chapter 4 the fundamental concepts and results of integrating differential forms are presented and the Green's theorem, the Gauss-Ostrogradsky's divergence theorem and the Stokes' rotational theorem are given as particular cases of Stokes' theorem (for differential forms) – learning outcome iii).

Throughout the course there will be presented and discussed mathematical proofs - learning outcome iv). The improvement of the written and oral use of the mathematical language will be promoted in the interaction with the teacher - learning outcome v).

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As aulas serão teórico-práticas. O docente apresenta os conceitos, enuncia os resultados, demonstrando muitos deles. Ilustra ainda a teoria com exemplos e aplicações. O estudante é incentivado a participar nas aulas, interagindo com o professor e por vezes resolvendo exercícios e problemas. É ainda incentivado o trabalho autónomo, consistindo este maioritariamente na realização de exercícios, problemas e demonstrações matemáticas. A avaliação realizada ao longo do período de ensino-aprendizagem consistirá em duas provas escritas F1 e F2 (0-20 valores). A classificação final será $CF=(0,5 \cdot F1+0,5 \cdot F2)$. O estudante poderá ainda realizar um exame final.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The classes will be theoretical-practical. The teacher presents the concepts and enunciates the results, demonstrating many of them. It also illustrates the theory with examples and applications. The student is encouraged to participate in classes, interacting with the teacher and sometimes solving exercises and problems. Autonomous work will be encouraged, mainly consisting of exercises, problem-solving and mathematical demonstrations. The evaluation carried out over the teaching-learning period will consist of two written tests F1 and F2 (0-20 values). The final classification will be given by $FC=(0,5 \cdot F1+0,5 \cdot F2)$. The student can also take a final exam.

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

As aulas teórico-práticas permitem aos alunos a assimilação dos conceitos e resultados e, em simultâneo, a resolução de problemas relacionados e o contacto com exemplos de aplicação - objetivos de aprendizagem i) a iii). O incentivo à participação dos alunos nas aulas contribuirá para aumentar as suas capacidades de analisar e compreender os resultados e técnicas de demonstração – objetivo de aprendizagem iv). O estímulo ao trabalho autónomo, o qual deverá fazer surgir questões a abordar nas sessões de atendimento, contribuirá para o desenvolvimento da capacidade de formular e resolver problemas, bem como da capacidade de utilizar a linguagem matemática – objetivo de aprendizagem v).

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

The theoretical-practical classes allow students to assimilate the concepts and results and, simultaneously, the contact with related problem solving and with examples of application - learning outcomes i) to iii). Encouraging the student participation in classrooms will contribute to enhancing their ability to analyze and understand demonstration techniques - learning outcome iv). The stimulus to autonomous work, which should raise questions to be addressed in the attendance sessions, will contribute to the development of the capacity to formulate and solve problems, as well as the ability to use mathematical language - learning outcome v).

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- Dias Agudo, F. R. (1994). *Análise Real*, vol. I. Escolar Editora.
- Edwards, H. M. (2013). *Advanced calculus: a differential forms approach*. Springer Science & Business Media.
- Lages Lima, E. (2015). *Curso de Análise*, vol. 2. (11ª edição). IMPA.
- Lages Lima, E. (2016). *Análise Real*, vol. 2. (6ª edição). IMPA.
- Lages Lima, E. (2016), *Análise Real*, vol. 3. (4ª edição). IMPA.
- Sarrico, C. (2009). *Cálculo Diferencial e Integral para Funções de Várias Variáveis*. Esfera do Caos.

Mapa IV - Álgebra I

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Álgebra I

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Algebra I

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

M

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP - 60

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):

Deolinda Isabel da Conceição Mendes

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

Isabel Maria Romano Cunha

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

Objetivos gerais:

Aprender, relacionar e aplicar conceitos e resultados básicos dos inteiros, da teoria de grupos e da teoria de anéis.

Competências a desenvolver nos estudantes:

Capacidade de abstração e generalização;

Capacidade de raciocínio lógico

Capacidade de comunicação escrita e oral, utilizando linguagem matemática

Capacidade de formulação e resolução de problemas relacionados com estruturas algébricas.

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

General objectives:

To learn, relate and apply concepts and basic results of the integers, group theory and ring theory.

Competencies to be developed by students:

Capacity for abstraction and generalization;

Logical reasoning capacity;

Written and oral communication capacity, using mathematical language;

Capacity for formulating and solving problems relating to algebraic structures.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. Os inteiros

1.1. Divisibilidade

1.2. Máximo divisor comum e mínimo múltiplo comum

1.3. Números primos e factorização única

1.4. Congruências

2. Grupos

2.1. Definição e exemplos

2.2. Subgrupos e classes laterais, Teorema de Lagrange

2.3. Subgrupos normais e grupos quociente

2.4. Homomorfismos de grupos e teoremas do Isomorfismo

2.5. Grupos cíclicos

2.6. Grupos de permutações, Teorema de Cayley

2.7. Produtos diretos

3. Anéis

3.1. Definição e exemplos

3.2. Alguns tipos especiais de anéis

3.3. Subanéis, ideais e anéis quociente

3.4. Homomorfismos de anéis e teoremas do isomorfismo

3.5. Extensões de anéis: imersão num anel com identidade e corpo de quocientes

3.6. Anéis de polinómios numa indeterminada: algoritmo de Euclides, divisibilidade, máximo divisor comum, polinómios irredutíveis, fatorização única

3.7. Anel dos inteiros de Gauss: unidades, divisão Euclidiana, primos de Gauss, Lema de Euclides, fatorização única.

4.4.5. Syllabus:

1. Integers

1.1. Divisibility

1.2. Greatest common divisor and least common multiple

1.3. Prime numbers and unique factorization

1.4. Congruences

2. Groups

2.1. Definition and examples

2.2. Subgroups and cosets, Lagrange's Theorem

2.3. Normal subgroups and quotient groups

2.4. Group homomorphisms and isomorphism theorems

2.5. Cyclic groups

2.6. Permutation groups, Cayley's Theorem

2.7. Direct product of groups

3. Rings

3.1. Basic definitions and properties

3.2. Examples

3.3. Subrings, ideals and quotient rings

3.4. Ring homomorphisms and isomorphism theorems

3.5. Ring extensions: embedding in a ring with identity and field of quotients

3.6. Polynomial rings in one indeterminate: Euclidean algorithm, divisibility, greatest common divisor, irreducible polynomials, unique factorization

3.7. Ring of Gaussian integers: units, Euclidean division, Gaussian primes, Euclid's Lemma, unique factorization.

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

Fundamentos e propriedades básicas dos inteiros – Divisibilidade e aritmética modular (Capítulo 1)

Conceitos e propriedades básicas da teoria de grupos (Capítulo 2)

Definições, exemplos e resultados fundamentais da teoria de anéis (Capítulo 3).

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

*Fundamentals and basic properties of the integers – Divisibility and modular arithmetic (Chapter 1)
Concepts and basic results of group theory (Chapter 2)
Definitions, examples and fundamental results of ring theory (Chapter 3).*

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As aulas serão teórico-práticas. O docente expõe os conceitos, enuncia e demonstra resultados fundamentais, apresenta exemplos e aplicações. O estudante é incentivado a participar nas aulas, a interagir com o professor e com os colegas, e a trabalhar autonomamente, sob a forma de realização de exercícios, leitura orientada, formulação e resolução de problemas.

A avaliação realizada ao longo do período de ensino-aprendizagem consistirá em duas provas escritas, cada uma cotada para 10 valores. O estudante poderá ainda realizar um exame final cotado para 20 valores.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The classes combine theory with practice. The teacher introduces the concepts, states and proves the fundamental results, provides examples and applications. The student is encouraged to participate in the classes, to interact with the teacher and colleagues and to work independently, by solving exercises, guided reading, problem formulation and problem solving.

The evaluation carried out during the teaching-learning process consists of two written tests, each worth 10 points. The student may still take a final examination worth 20 points.

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

*As aulas teórico-práticas combinam, em simultâneo, as duas vertentes, facilitando a assimilação/compreensão dos conceitos relacionados com estruturas algébricas e as suas aplicações.
O estímulo ao trabalho individual, autónomo ou orientado pelo professor na sala de aula e em sessões de atendimento, contribuirá para o desenvolvimento das capacidades cognitivas associadas à generalização, abstração, raciocínio e escrita matemática.*

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

The classes combine theory with practice (simultaneously) to facilitate the assimilation/understanding of concepts relating to algebraic structures and their applications. Encouraging students to work on an individual basis, independently or with the teacher's guidance in the classroom and support sessions, will contribute to the development of cognitive abilities associated with generalization, abstraction, reasoning and mathematical writing.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

*Durbin, J. R. (2009) Modern Algebra: An Introduction (6th edition). John Wiley
Fernandes, R. L., Ricou, M. (2004) Introdução à Álgebra, IST Press
Fraleigh, J.B. (2003) A First Course in Abstract Algebra (7th edition), Pearson
Gonçalves, A. (1979) Introdução à Álgebra. Projeto Euclides
Monteiro, A. J., Matos, I. T. (2001) Álgebra: Um Primeiro Curso (2ª edição), Escolar Editora
Goodman, F. M., (2015) Algebra Abstract and Concrete (2.6 edition), SemiSimple Press, Iowa City, IA (Available from <http://homepage.divms.uiowa.edu/~goodman/algebrabook.dir/book.2.6.pdf>)
Pinter, C.C. (1990). A Book of Abstract Algebra (2nd edition), Dover.*

Mapa IV - Funções Complexas e Aplicações**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

Funções Complexas e Aplicações

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Complex Functions and Applications

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

M

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP - 60

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:*Obrigatória.***4.4.1.7. Observations:***Compulsory.***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***Rui Miguel Nobre Martins Pacheco (TP60)***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:***Nuno Miguel Ferreira Correia***4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):***Após a conclusão desta unidade, os alunos serão capazes de:*

- 1. compreender os conceitos básicos da teoria das funções complexas de uma variável complexa;*
- 2. demonstrar os resultados básicos desta teoria;*
- 3. aplicar os métodos de análise complexa no cálculo de integrais impróprios;*
- 4. compreender os conceitos básicos e propriedades das séries de Fourier, transformadas de Fourier e transformadas de Laplace;*
- 5. aplicar os métodos de análise complexa no cálculo de transformadas integrais (Fourier e Laplace) e suas inversas.*

4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):*On completion of this unit, students will be able to:*

- 1. understand the basic concepts of the theory of complex functions of one complex variable;*
- 2. demonstrate the basic results of this theory;*
- 3. apply the methods of complex analysis to evaluate real integrals;*
- 4. understand the basic concepts and properties of Fourier series, Fourier transforms and Laplace transforms;*
- 5. apply the methods of complex analysis to compute the integral (Fourier and Laplace) transforms and their inverses.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1. Funções analíticas: o plano complexo; funções complexas; continuidade; diferenciabilidade e analiticidade; funções elementares; transformações de Möbius e funções harmónicas.*
- 2. Integração complexa: integrais de funções complexas; homotopia; teorema fundamental do cálculo; teorema de Cauchy; fórmula integral de Cauchy; teorema de Morera; teorema de Liouville.*
- 3. Séries complexas: convergência de sucessões, séries e séries de potências; Séries de Taylor e séries de Laurent; unicidade da representação em série.*
- 4. Cálculo de resíduos: zeros e pólos; resíduos; o teorema do resíduo; cálculo de integrais impróprios.*
- 5. Transformadas integrais: séries e transformadas de Fourier; transformadas de Laplace.*

4.4.5. Syllabus:

- 1. Analytic functions: the complex plane; complex-valued functions; continuity; differentiability and analyticity; elementary functions; conformal mapping and harmonic functions.*
- 2. Complex integration: complex integrals; homotopy; fundamental theorem of calculus; Cauchy-Goursat theorem; Cauchy's integral formula; Morera's theorem; Liouville's theorem.*
- 3. Complex series: convergence of sequences, series and power series; Taylor series and Laurent series; uniqueness of series representation.*
- 4. Residues calculus: zeros and poles; residues; the residue theorem; Rouché's theorem; evaluation of improper real integrals.*
- 5. Integral transforms: Fourier series; Fourier transforms; Laplace transforms.*

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

- 1. Os quatro primeiros capítulos cobrem todos os aspectos essenciais da teoria das funções complexas de uma variável complexa, em coerência com os dois primeiros objetivos de aprendizagem.*
- 2. O capítulo 4 dos conteúdos programáticos incide sobre o teorema dos resíduos e suas aplicações, nomeadamente no cálculo de integrais impróprios, em coerência com o terceiro objetivo de aprendizagem.*
- 3. O capítulo 5 prevê uma abordagem à teoria das séries de Fourier, transformadas de Fourier e transformadas de Laplace de funções complexas, em coerência com o quarto objetivo. Além disso, uma vez que o cálculo de transformadas de Laplace e de Fourier, bem como o das suas inversas, envolve o cálculo de integrais impróprios, o quarto e quinto capítulos dos conteúdos permitirão cumprir o quinto objetivo.*

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

1. *The first four chapters cover all the essential aspects of the theory of complex functions of one complex variable, which is consistent with the first two intended learning outcome.*
2. *The chapter 4 of the syllabus is focused on the Residue's theorem and its application to the computation of improper integrals, according to the third intended learning outcome.*
3. *The chapter 5 provides an approach to the theory of Fourier series, Fourier transforms and Laplace transforms of complex functions, fulfilling the fourth intended learning outcome. Moreover, since the computation of Laplace and Fourier transforms and their inverses involve the computation of improper integrals, the fourth and fifth chapters of the contents will meet the fifth objective.*

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

1. *A metodologia de ensino baseia-se em aulas teórico-práticas. A parte teórica decorre com a exposição pelo professor dos conteúdos programáticos, com base na bibliografia da unidade ou em outros apontamentos disponibilizados, com demonstração rigorosa dos principais resultados. A parte prática das aulas assenta na resolução de exercícios, tanto de forma acompanhada como autónoma.*
2. *A avaliação é efectuada através de dois testes escritos, realizados a meio e no final do semestre, e de fichas de exercícios para resolução em casa, que deverão ser entregues pelos alunos em datas previamente fixadas pelo professor. A classificação final será dada por ponderação das classificações destes elementos de avaliação, a definir pelo professor no início do semestre.*

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

1. *The teaching methodology is based on theoretical-practical lessons. The theoretical part is based on the teacher's presentation of the syllabus contents, based on the bibliography of the unit or other notes available. Great focus will be given to the rigorous demonstration of the main results. The practical part of the classes is based on solving exercises, both in an accompanying and autonomous way.*
2. *The assessment is done through two written tests, carried out in the middle and at the end of the semester, and exercises sheets for home resolution, which must be delivered by the students on dates previously fixed by the teacher. The final classification will be given by weighting the classifications of these evaluation elements, to be defined by the teacher at the beginning of the semester.*

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

Nas aulas teórico-práticas, os aspectos teóricos dos conteúdos programáticos serão motivados e os principais resultados demonstrados. A resolução de problemas e os cálculos práticos são componentes fundamentais na aprendizagem da matemática. Eles serão trabalhados sob a orientação do professor durante as aulas.

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

In the theoretical-practical classes, the theoretical aspects of syllabus contents will be motivated and the main results proved. The problem-solving and the hands-on calculations are fundamental components in mathematics learning. They will be worked under the teacher's supervising during the classes.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

1. *The Fundamentals of complex analysis. E.B. Saff and A.D. Snider. 3rd edition, Prentice Hall, 2003.*
2. *Complex Analysis. John M. Howie. Springer Undergraduate Mathematics Series. 2008.*
3. *Complex Analysis. L. Ahlfors. 3rd edition, McGraw-Hill, 1979.*
4. *Análise de Fourier e Equações Diferenciais Parciais, D. G. de Figueiredo. 5ª edição, Impa, 2018.*
5. *Operational Mathematics, R. V. Churchill, McGraw-Hill, 3rd edition, 1971.*

Mapa IV - Programação Linear**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

Programação Linear

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Linear Programming

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

M

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168

4.4.1.5. Horas de contacto:*TP - 60***4.4.1.6. ECTS:**

6

4.4.1.7. Observações:*Obrigatória.***4.4.1.7. Observations:***Compulsory.***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***Fernando Manuel Tavares Pereira***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:***Pedro Mendes Ferrão Simões Patrício***4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

- i) Modelar problemas em Programação Linear*
- ii) Apreender e utilizar alguns conceitos e resultados fundamentais sobre poliedros e análise convexa*
- iii) Analisar, compreender e aplicar o Algoritmo Simplex*
- iv) Apreender e utilizar alguns conceitos e resultados fundamentais sobre dualidade*
- v) Avaliar as consequências de alterações de parâmetros em pós-otimização e análise de sensibilidade*

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

- i) Formulate problems using Linear Programming*
- ii) Learn and apply fundamental concepts and results of polyhedral sets and convex analysis*
- iii) Analyse, understand and apply the Simplex Algorithm*
- iv) Learn and apply fundamental concepts and results of duality*
- v) Assess the consequences of changes in a problem's parameters (post-optimization and sensitivity analysis)*

4.4.5. Conteúdos programáticos:**1. Introdução**

- 1.1 O problema de Programação Linear**
- 1.2 Modelação em Programação Linear e exemplos**
- 1.3 Resolução gráfica**

2. Álgebra Linear, Análise Convexa e Poliedros

- 2.1 Vectores, matrizes e sistemas de equações lineares**
- 2.2 Conjuntos convexos e funções convexas**
- 2.3 Pontos extremos, faces e direcções de poliedros**
- 2.4 Soluções básicas admissíveis**

3. Algoritmo Simplex

- 3.1 Optimalidade**
- 3.2 Motivação geométrica**
- 3.3 Álgebra do Algoritmo Simplex**
- 3.4 Descrição algorítmica**
- 3.5 Bases artificiais**
- 3.6 Degenerescência**

4. Dualidade, Pós-Optimização e Análise de Sensibilidade

- 4.1 Formulação do problema dual**
- 4.2 Relações primal-dual**
- 4.3 Algoritmo Simplex Dual**
- 4.4 Interpretação económica**
- 4.5 Pós-otimização**
- 4.6 Análise de sensibilidade**

5. Casos particulares em Programação Linear

- 5.1 Problema de Transportes**
- 5.2 Problema de Afectação**

4.4.5. Syllabus:

- 1. Introduction**
- 1.1 The Linear Programming problem**

1.2 Linear Programming modelling and examples**1.3 Graphical method****2. Linear Algebra, Convex Analysis and Polyhedral Sets****2.1 Vectors, matrices and systems of linear equations****2.2 Convex sets and functions****2.3 Extreme points, faces and directions of polyhedral sets****2.4 Basic feasible solutions****3. Simplex Algorithm****3.1 Optimality****3.2 Geometric motivation****3.3 Algebra of the Simplex Algorithm****3.4 Algorithmic description****3.5 Artificial basis****3.6 Degeneracy****4. Duality, Post-Optimization and Sensitivity Analysis****4.1 Formulation of the dual problem****4.2 Primal-dual relationships****4.3 Dual Simplex Algorithm****4.4 Economic interpretation****4.5 Post-optimization****4.6 Sensitivity analysis****5. The Transportation and Assignment Problems****5.1 The transportation problem****5.2 The assignment problem****4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

Os capítulos 1 e 5 dos conteúdos programáticos visam os objectivos i), iii), iv) e v).

Os capítulos 2 e 3 visam, respectivamente, os objectivos ii) e iii).

O capítulo 4 visa os objectivos iv) e v).

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

Chapters 1 and 5 are concerned with objectives i), iii), iv) and v).

Chapters 2 and 3 are concerned with objectives ii) and iii), respectively.

Chapter 4 is concerned with objectives iv) and v).

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A metodologia de ensino baseia-se em aulas teórico-práticas. A parte teórica decorre com exposição do professor, acompanhada de exemplos, e com o diálogo com os alunos, a quem são fornecidas notas escritas pelo professor. A parte prática das aulas assenta na resolução de exercícios, tanto de forma acompanhada como autónoma. A avaliação realizada ao longo do período de ensino-aprendizagem consistirá em duas provas escritas. O estudante poderá ainda realizar um exame final.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The teaching methodology is based on theoretical-practical lessons. The theoretical part is carried out through the explanation of the subjects, accompanied by examples and dialogue with the students to whom written notes are provided. The practical part is based on the resolution of assignments both with guidance and autonomously. Assessment undertaken throughout the teaching-assessment period will consist of two written tests. The student will also be given the possibility of a final exam.

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

Dados os objectivos desta unidade curricular, a apresentação dos conteúdos nos moldes indicados no ponto anterior é adequada na medida em que se procura: i) motivar os conceitos fundamentais através de exemplos e/ou deduções analíticas, o que é abrangido nas notas fornecidas aos alunos; e ii) expor os alunos a desafios através da resolução de exercícios, com vista à assimilação dos mesmos conteúdos e, portanto, ao atingir dos objectivos correspondentes.

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

Given the objectives of this curricular unit, the presentation of the syllabus following the methodology described before is adequate in the sense that: i) the fundamental concepts are introduced with examples and/or analytical reasoning; and ii) students are exposed to challenges in their class and home assignments in order to attain the objectives.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- Bazaraa, M., Jarvis, J., Sherali, H. (2010). Linear Programming and Network Flows. Wiley.

- Hillier, F.S., Lieberman, G.J. (1990). Introduction to Operations Research. McGraw Hill.

- Ramalhete, M., Guerreiro, J., Magalhães, A. (1995). *Programação Linear, Vol. I e II. McGraw-Hill.*
- Tavares, L., Oliveira, R., Themido, I. e Correia, F. (1996). *Investigação Operacional. McGraw-Hill.*

Mapa IV - História e Filosofia da Matemática

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

História e Filosofia da Matemática

4.4.1.1. Title of curricular unit:

History and Philosophy of Mathematics

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

M

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP - 60

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

Opção 1

4.4.1.7. Observations:

Option 1

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

Eduardo Jorge de Sousa Castro (60h)

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

<sem resposta>

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

Esta unidade curricular tem como objectivo fazer uma introdução à história e filosofia da matemática. Estabelecendo um continuum entre filosofia e matemática, onde episódios relevantes da história da matemática são usados como uma fonte de levantamento de problemas filosóficos, a unidade problematiza e introduz respostas centrais às questões seguintes. Qual é a natureza do conhecimento matemático? Quais são os fundamentos da matemática? Será a matemática indispensável às teorias científicas? Como pode a matemática explicar acontecimentos do mundo natural e a respeito de outras ciências? Pode uma Máquina de Turing pensar?

Objectivos principais a desenvolver pelo estudante:

- 1) Pensar de forma crítica, autónoma e independente sobre os temas do programa.*
- 2) Contextualizar histórica, filosófica e cientificamente teorias e aplicações matemáticas relevantes.*
- 3) Relacionar conteúdos cognitivos da matemática e demais ciências.*
- 4) Expressar pensamentos claros e rigorosos sobre os temas do programa.*

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

The main aim of this subject is to introduce contents of history and philosophy of mathematics. It is made a continuum between philosophy and mathematics, where relevant episodes of the history of mathematics underpin philosophical problems. The following questions are addressed. What is the nature of mathematical knowledge? What are the mathematical foundations? Is it mathematics indispensable to other sciences? How can mathematics explain natural phenomena? Does a Turing machine think?

Main outcomes to be developed by the students:

- 1) Critical, autonomous and independent thought.*
- 2) To contextualize relevant mathematical theories and applications in its history and philosophy.*
- 3) To relate cognitive contents of mathematics and other sciences.*
- 4) To express clear and rigorous thoughts about the program themes.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. *Introdução à História e Filosofia da Matemática.*
2. *Conhecimento geométrico. Geometria euclidiana: platonismo, empirismo e sintético a priori (Kant). O surgimento das geometrias não-euclidianas: convencionalismo (Poincaré).*
3. *Fundamentos da matemática: logicismo (Frege), intuicionismo (Brouwer) e formalismo (Hilbert).*
4. *Pot-pourri de tópicos contemporâneos: platonismo vs. nominalismo; o problema do conhecimento matemático (Benacerraf); naturalismo científico (Quine) vs. naturalismo matemático (Maddy); sobre a indispensabilidade da matemática nas outras ciências; sobre a explicação matemática de fenómenos da natureza; a experiência do quarto chinês (Turing vs. Searl).*

4.4.5. Syllabus:

1. *Introduction to History and Philosophy of Mathematics.*
2. *Geometrical knowledge. Euclidian geometry: platonism, empirism and the synthetic a priori (Kant). The rising of non-euclidian geometries: conventionalism (Poincaré).*
3. *Mathematical foundations: logicism (Frege), intuitionism (Brouwer) and formalism (Hilbert).*
4. *Pot-pourri of contemporary topics: platonism vs. nominalism; the problem of mathematical knowledge (Benacerraf); scientific naturalism (Quine) vs. mathematical naturalism (Maddy); mathematical indispensability; mathematical explanation; Chinese room (Turing vs. Searl).*

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

Os conteúdos programáticos estão estruturados do simples para o complexo. Introduzem-se conceitos filosóficos simples a partir do caso concreto da evolução da história do conhecimento geométrico. Em seguida, verifica-se como ideias filosóficas antagónicas podem alicerçar os fundamentos da matemática. Finalmente, por intermédio da análise de tópicos contemporâneos diversos, estimula-se o raciocínio crítico, autónomo e original. O estudante adquire assim uma visão geral crítica da história e filosofia da matemática e da relação da matemática com as demais áreas da academia. O estudante adquire técnicas de pensamento crítico para um percurso académico e profissional autónomo, independente e adulto.

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

The syllabus contents are structured from simple to complex. Simple philosophical concepts are introduced from the case of the evolution of the history of geometrical knowledge. Then, it turns out how opposite philosophical ideas can underpin the foundations of mathematics. Finally, throughout the analysis of various contemporary topics, critical, autonomous and original reasoning is stimulated. The student thus acquires a critical overview of the history and philosophy of mathematics and of the relation of mathematics to the other areas of the academy. The student acquires critical thinking techniques for an autonomous and independent academic and professional career.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Os conteúdos programáticos são leccionados da forma seguinte: exposição pelo docente; leitura de textos da bibliografia; resolução de exercícios práticos; discussão oral. Nas últimas aulas do semestre, os alunos apresentam uma versão (final ou preparatória) do trabalho escrito realizado durante o semestre.

Avaliação

2 textos escritos (1-2 páginas) + trabalho escrito individual (e exposição oral) + teste escrito.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The syllabus contents are taught as follows: exposition by the teacher; reading texts from the bibliography; resolution of practical exercises; oral discussion. In the last classes of the semester, the students present a version (final or preparatory) of the written work done during the semester.

Assessment

2 written texts (1-2 pages) + written individual work (and oral presentation) + written test.

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

A redacção de pequenos textos, acompanhada pela crítica do docente, visa promover capacidades de redacção. A discussão crítica oral visa estruturar e melhorar as capacidades de oralidade e de articulação de pensamento. A redacção de um trabalho individual escrito visa promover o desenvolvimento de autonomia e originalidade de pensamento. O teste escrito permite ao estudante rever toda a matéria ministrada e cimentar uma visão integral dos diferentes conteúdos da disciplina.

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

The writing of short texts, and the critic of the teacher, foster to develop writing skills. The oral critical discussion improves oral and thought capacities. The individual written work fosters autonomy and originality of thought. The written test allows the student to review all the subjects taught and to obtain an integral view of the different contents of the course.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- Frege, G. (1992), *Os Fundamentos da Aritmética*, (Lisboa: INCM).
- Friend, M. (2007), *Introducing Philosophy of Mathematics*, (Stocksfield: Acumen).
- George, A. & Velleman, D. (2002), *Philosophies of Mathematics*, (GB: Blackwell).
- Kant, I. (1994), *Crítica da Razão Pura*, (Lisboa: FCG).
- Kline, M. (1982), *The Loss of Certainty*, (NI: OUP).
- Kline, M. (1990), *Mathematical Thought from Ancient to Modern Times*, (NI: OUP).
- Poincaré, H. (2010), *Filosofia da Matemática – Breve Antologia de Textos*, (Lisboa: Centro de Filosofia das Ciências da Universidade de Lisboa).
- Quine, W. (1995), *Filosofia e Linguagem*, (Porto: Asa).
- Shapiro, S. (2000), *Thinking About Mathematics*, (Nova Iorque: OUP).
- Shapiro, S. (2005), *The Oxford Handbook of Philosophy of Mathematics and Logic*, (Nova Iorque: OUP).
- Sklar, L. (1977), *Space, Time and Spacetime*, (LA: UCP).
- Weiner, J. (2004), *Frege Explained*, (EUA: Open Court).

Mapa IV - Microeconomia I

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Microeconomia I

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Microeconomics I

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

E

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP - 60

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

Opção 1

A unidade curricular visa facultar as ferramentas teóricas e práticas para iniciar o estudo da teoria microeconómica, abordando noções básicas de procura, oferta e equilíbrio de mercado, bem como conteúdos fundamentais da Teoria do Consumidor e da Teoria do Produtor aplicáveis em unidades curriculares subsequentes.

4.4.1.7. Observations:

Option 1

This curricular unit aims to provide the theoretical and practical tools to begin the study of microeconomic theory, addressing basic notions of demand, supply and market equilibrium, as well as fundamental contents of Consumer Theory and Producer Theory applicable in subsequent curricular units.

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

João Carlos Correia Leitão TP (60h)

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:

- 1. Reconhecer/enunciar/resolver problemas de Microeconomia.*
- 2. Resolver problemas quotidianos com as diversas ferramentas aprendidas.*
- 3. Analisar o funcionamento básico da formação de preços e mercados.*

Resultados:

- 1. Conseguir enunciar e resolver problemas de Microeconomia.*

2. *Consegue definir conceitos microeconómicos.*
3. *Consegue resolver problemas quotidianos através dos conceitos que aprendeu na unidade curricular.*
4. *Consegue perceber como se formam os preços e como funcionam os mercados.*

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

Goals:

1. *To recognize/enunciate/solve microeconomics problems.*
2. *To solve daily-life problems with the various tools learned.*
3. *To analyze the basic functioning of price and market formation.*

Results:

1. *Be able to enunciate and solve Microeconomics problems.*
2. *Be able to define microeconomic concepts.*
3. *Be able to solve daily-life problems through the concepts learned in the curricular unit.*
4. *Be able to understand how prices form and how markets work.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. *Conceitos Introdutórios*

- 1.1. *Os Princípios da Economia*
- 1.2. *Pensar como um Economista*

2. *Mercados, procura e oferta*

- 2.1. *Procura*
- 2.2. *Oferta*
- 2.3. *Equilíbrio de mercado*
- 2.4. *Alterações ao equilíbrio de mercado*

3. *Teoria do Consumidor*

- 3.1. *Restrição Orçamental*
- 3.2. *Utilidade e Preferências*
- 3.3. *Procura e Elasticidade da Procura*
- 3.4. *Equação de Slutsky: Variações de Preços*
- 3.5. *Excedente do Consumidor e Excedente do Produtor*
- 3.6. *Procura de Mercado*

4. *Teoria do Produtor*

- 4.1. *Tecnologia e Teoria da Produção*
- 4.2. *Maximização do Lucro e Minimização do Custo*
- 4.3. *Curvas de Custos*
- 4.4. *Oferta da Empresa e Oferta da Indústria*

4.4.5. Syllabus:

1. *Introductory Concepts*

- 1.1. *The Principles of Economics*
- 1.2. *Think like an Economist*

2. *Markets, demand and supply*

- 2.1. *Demand*
- 2.2. *Supply*
- 2.3. *Market equilibrium*
- 2.4. *Changes to market equilibrium*

3. *Consumer Theory*

- 3.1. *Budgetary restriction*
- 3.2. *Utility and preferences*
- 3.3. *Demand and demand elasticity*
- 3.4. *Slutsky equation: Price variations*
- 3.5. *Consumer surplus and producer surplus*
- 3.6. *Market demand*

4. *Producer Theory*

- 4.1. *Technology and Production Theory*
- 4.2. *Maximizing profit and cost minimization*
- 4.3. *Cost curves*
- 4.4. *Firm supply and industry supply*

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

A estrutura do programa tem o seguinte desenho sequencial: (1) Conceitos Introdutórios; (2) Mercados, procura e oferta; (3) Teoria do Consumidor; e (4) Teoria do Produtor. A coerência é assegurada pelo facto de, em (1) e (2), serem lecionados conceitos introdutórios, avançando-se para a definição dos dois lados do mercado e a exploração do equilíbrio de mercado e respetivas alterações, que visam capacitar o aluno para este conseguir definir conceitos

microeconómicos, enunciar e resolver problemas de Microeconomia. Os conteúdos de (3) e (4) visam proporcionar o aprofundamento de conteúdos referentes à Teoria Microeconómica, que envolvem a resolução e otimização do problema do consumidor e do problema do produtor, o que, por seu turno, permite ao aluno perceber os mecanismos de formação da procura, dos preços, da sensibilidade da procura, dos excedentes, da oferta e dos modos de funcionamento dos mercados.

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

The structure of the syllabus has the following sequential drawing: (1) Introductory Concepts; (2) Markets, demand and supply; (3) Consumer Theory; and (4) Producer Theory. Coherence is ensured by the fact that in (1) and (2) introductory concepts are presented, advancing towards the definition of the two sides of the market and the exploitation of market equilibrium and respective changes, which aim to enable the student to define microeconomic concepts, enunciate and solve problems of Microeconomics. The contents of (3) and (4) provide the deepening of contents related to the Microeconomic Theory, which involves the resolution and optimization of the consumer problem and the producer problem, which, in turn, allows the student to understand the mechanisms of demand formation, prices, demand elasticity, surpluses, supply and modes of operation of markets.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As aulas são teórico-práticas. Inicialmente, em cada sessão, são apresentados os conceitos teóricos acerca dos respetivos conteúdos programáticos sendo, posteriormente, efetuados os respetivos exercícios práticos.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The classes are theoretical-practical. Initially, in each session, the theoretical concepts about the correspondent programmatic contents are presented and, later, the respective practical exercises are carried out.

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

A unidade curricular tem um foco pedagógico na introdução de conceitos, princípios e ferramentas, para aprender a pensar com um economista e iniciar o estudo da Teoria Microeconómica. Neste sentido, as metodologias de ensino têm uma natureza expositiva e aplicada, recorrendo à apresentação de conceitos, teorias, teoremas subjacentes e problemas do quotidiano, bem como de guiões de exercícios teóricos e analíticos, que são objeto de resolução monitorizada no decurso das aulas teórico-práticas. Será dada uma particular ênfase a cenários de estática comparativa, à demonstração dos teoremas em estudo e à resolução analítica conducente à identificação de soluções de cariz microeconómico e política económica.

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

The curricular unit has a pedagogical focus in the introduction of concepts, principles and tools, to learn to think like an economist and to begin the study of Microeconomic Theory. In this sense, the teaching methodologies have an expository and applied nature, resorting to the presentation of concepts, theories, underlying theorems and daily-life problems, as well as theoretical and analytical exercises, which are object of monitored resolution during the theoretical-practical classes. A particular emphasis will be devoted to scenarios of comparative statics, to the demonstration of the theorems under study and to the analytical resolution leading to the identification of microeconomic and economic policy solutions.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

*Maças Nunes, P. (2011), Caderno de Exercícios de Microeconomia I, Covilhã e UBI, Portugal.
Vaz, M. (2009), Exercícios Práticos de Microeconomia I, Covilhã e UBI, Portugal.
Mankiw, N. (2001), Princípios de Economia, Campus, Tradução da 2.ª Edição Americana.
Pindick, R.; Rubinfeld, D. (2002), Microeconomia, Pearson Education, Quinta Edição.
Mateus, M.; Mateus, A. (2002) Microeconomia, Verbo, 1.ª Edição.*

Mapa IV - Programação Orientada para Objetos

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Programação Orientada para Objetos

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Object Oriented Programming

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

I

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

T - 30; PL - 30

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

Opção 1

4.4.1.7. Observations:

Option 1

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

Simão Melo de Sousa (T - 30, PL - 30)

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

<sem resposta>

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

Esta Unidade Curricular tem como objetivo a aprendizagem dos conceitos fundamentais da Programação Orientada a Objetos e a introdução às correspondentes metodologias e técnicas de desenvolvimento de programas/aplicações. No final o aluno deve ser capaz de entender e aplicar os princípios e técnicas da Programação Orientada a Objetos e de desenvolver programas numa linguagem Orientada a Objetos (e.g. Java).

O aluno deve ficar a perceber os conceitos de objeto, classe e instanciação de objetos. O aluno deve ficar a conhecer os conceitos de hierarquias de classes e interfaces, os diferentes tipos de relações entre objetos, os conceitos de polimorfismo e programação genérica.

Deverá ser capaz de construir pequenos programas, aplicando os conceitos enumerados acima.

O aluno deverá perceber os princípios da Análise e Projeto Orientados a Objetos. No final deverá ser capaz de implementar um projeto onde aplicará de forma integrada os conceitos apreendidos ao longo da UC.

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

This course unit has as objectives, learning the fundamental concepts of Object Oriented Programming and introducing the corresponding methodologies and techniques to develop programs/applications.

At the end of this Unit the student should be able to understand and apply the concepts and techniques of Object Oriented Programming. He should be able to develop programs in an Object Oriented language (e.g. Java). The student should be able to understand the concepts of object, class and object instantiation. The student should know the concepts of class and interface hierarchy, know the different kinds of relationships between objects; know the concepts of polymorphism and generic programming.

They must be able to build small programs applying the above concepts. The students should understand the basics of object oriented analysis and project. At the end they must be able to develop a project where they apply and integrate all the concepts learned throughout the unit.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

1 - Características da Programação Orientada a Objetos.

2 - Linguagens Baseadas em Classes. (Classes e instanciação de objetos).

3 - Composição de classes.

4 - O Mecanismo de herança.

5 - Polimorfismo.

6 - Classes Abstratas e Interfaces.

7 - Exceções.

8 - Funções e tipos genéricos. Funções anónimas.

9 - Gestão de Eventos e interatividade.

10 - Linguagens e ambientes de desenvolvimento; análise, projeto e implementação orientada a objetos.

4.4.5. Syllabus:

1 - Object Oriented Programming features.

2 - Class based languages (classes and object instantiation).

3 - Class composition.

4 - Inheritance mechanism.

5 - Polymorphism.

6 - Abstract classes and interfaces.

7 - Exceptions.

8 - Generic types and functions. Anonymous functions

9 - Event-driven programming and interactivity.

10 - Languages and development environments; object oriented analysis, project and implementation.

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

Esta unidade tem como objetivos estudar os conceitos e técnicas da orientação a objetos e dar aos alunos competências para os aplicar, construindo aplicações segundo o paradigma da orientação a objetos. Para tal os conteúdos programáticos incluem os vários conceitos da orientação a objetos a sua aplicação através de uma linguagem orientada a objetos, e uma introdução à análise orientada a objetos.

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

This Course unit aims the study of the object oriented concepts and techniques and gives to the students the skills needed to apply them. At the end the students should be able to build application following the object oriented paradigm. To do that the contents include the concepts of object oriented, its application through an object oriented language and the introduction to object oriented analysis.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas teóricas: Exposição dos conceitos.

Aulas práticas: Resolução de fichas de trabalho no computador.

Estas fichas contêm exemplos a completar pelo aluno e propostas de problemas para o aluno resolver, podendo recorrer aos apontamentos e ao Professor.

Nas aulas práticas verificar-se-á se os alunos apreenderam os conceitos apresentados nas aulas teóricas e se são capazes de os implementar usando uma linguagem Orientada a Objetos (e.g. Java).

As últimas semanas do semestre são dedicadas à implementação de um projeto a realizar em grupo fora do tempo de aulas, servindo as aulas práticas para discussão das opções tomadas e resolução de dúvidas colocadas pelos grupos.

Avaliação:

Avaliação de conhecimentos teóricos e práticos através de dois testes individuais.

Trabalho prático, a realizar em grupo, com defesa individual.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Theoretical lessons: exposure of the concepts.

Practical lessons: resolution of work plans in the computer.

These work plans have a first part with examples to be completed by the student. In the second part, some new problems are proposed. The student can use the class texts and the help of the teacher.

In the practical lessons the teacher will check that students learnt the theoretical concepts and are able to apply them using an Object Oriented language (e.g. Java).

The last weeks will be dedicated to build, in group, a small project outside the classroom. In the practical lessons each group will discuss with the teacher the choices made for the project, and clarify some doubts.

Assessment:

Knowledge assessment: two written individual tests.

Project, to be done in group, with individual discussion.

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

Nas aulas teóricas a matéria é apresentada, sendo ilustrada com pequenos programas exemplo. Nas aulas práticas são realizadas fichas de trabalho orientado, em que é apresentado um pequeno exemplo do conceito/técnica a estudar e é proposto um pequeno projeto de aplicação a realizar na aula. Os alunos têm assim oportunidade de aplicar os conceitos e técnicas. Com a realização do trabalho prático fora das aulas práticas os alunos realizarão um auto estudo para resolver as situações novas com que se deparam e irão integrar toda a matéria ao construir uma aplicação real.

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

Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:

In theoretical classes, the contents are presented being illustrated with small programs. In the practical classes the students have an oriented study guide that presents a small example which illustrates the concept / technique under study. Next, the guide proposes a small application project to be done in the classroom. So the students have the opportunity to apply the concepts in practice. A complete project is done outside the classroom. In this way, the students do a self study to solve new situations that they faced with the project. They will integrate all the knowledge acquired along the course when they build a real application.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- JAVA8 – POO + Construções Funcionais, F. Mário Martins, FCA, 2017.

- Projetos de POO em JAVA, F. Mário Martins, FCA, 2014.

- Thinking in Java, 4 th Edition, Bruce Eckel, 2005.

- Object-Oriented Languages, Systems and Applications, Gordon Blair, John Gallagher, David Hutchison and Doug Shepard (editores), Pitmam Publishing, 1991.

- Handbook of Programming Languages, Vol. 1: Object-Oriented Programming Languages, Peter H. Salus (editor), Macmillan Technical Publishing USA.

Mapa IV - Lógica Computacional**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Lógica Computacional***4.4.1.1. Title of curricular unit:***Computational Logic***4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:**

I

4.4.1.3. Duração:*Semestral***4.4.1.4. Horas de trabalho:**

168

4.4.1.5. Horas de contacto:*T - 30; PL - 30***4.4.1.6. ECTS:**

6

4.4.1.7. Observações:*Opção 1***4.4.1.7. Observations:***Option 1***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***Simão Melo de Sousa (T - 30, PL - 30)***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 de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**Esta disciplina apresenta os principais conceitos da Lógica, na sua vertente computacional, i.e. acompanhados dos algoritmos e das técnicas computacionais que permitam o seu uso num contexto de engenharia Informática.**Competências da UC ou Resultados da Aprendizagem:**Pretende-se que o aluno aprenda as noções básicas do raciocínio lógico e seja capaz de utilizar corretamente os sistemas dedutivos; compreenda as relações entre as semânticas e os sistemas dedutivos e a sua caracterização do ponto de vista da decidibilidade; reconheça o papel dos sistemas formais nas várias áreas da Engenharia Informática.***4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):***This course presents the main concepts of Logic, in its computational aspect, i.e. through algorithms and computational techniques that allows its use in the field of Computer Engineering.**Course Competencies and Learning Outcomes:**It is intended that the student learn the basics of logical reasoning and can use the deductive systems correctly;**Understand the relations between the semantics and the deductive systems and their characterization from the point of view of decidibility; Recognize the role of formal systems in the various areas of Computer Engineering.***4.4.5. Conteúdos programáticos:***1- Apresentação Contextual e Histórica da Lógica**2- Computação Simbólica: Introdução à Programação Funcional**3- Conjuntos Indutivos, Indução Estrutural e Bem Fundada**4- Lógica Proposicional**4.1- Sintaxe**4.2- Semântica**4.3- Sistema semântico: algoritmos para a resolução SAT**4.4- Sistema semântico: resolução**4.5- Sistema dedutivo: dedução natural**5- Lógica de primeira ordem**5.1- Sintaxe**5.2- Semântica:**5.2.1- Valoração e estrutura de interpretação: relação de satisfação**5.2.2- Validade e consequência lógica**5.2.3- Equivalência e raciocínio equacional*

- 5.3- *Sistemas semânticos: SMT*
- 5.3.1- *Método e algoritmo DPLL*
- 5.3.2- *Teorias de Primeira Ordem*
- 5.3.3- *Combinação de Teorias*
- 5.4- *Sistema dedutivo: resolução*
- 5.5- *Sistema dedutivo: dedução natural*
- 6- *Extensões à Lógica Predicativa*

4.4.5. Syllabus:

- 1- *Contextual and Historical Presentation of Logic*
- 2- *Symbolic Computing: Introduction to Functional Programming*
- 3- *Inductive Sets, Structural and Well-founded Induction*
- 4- *Propositional Logic*
- 4.1- *Syntax:*
- 4.2- *Semantics:*
- 4.3- *Semantic system: algorithms for SAT resolution*
- 4.4- *Semantic system: resolution*
- 4.5- *Deductive system: natural deduction*
- 5- *First Order Logic*
- 5.1- *Syntax*
- 5.2- *Semantics:*
- 5.2.1- *Valuation and structure of interpretation: relationship of satisfaction*
- 5.2.2- *Validity and logical consequence*
- 5.2.3- *Equivalence and equational reasoning*
- 5.3- *Semantic systems: SMT*
- 5.3.1- *DPLL Method and Algorithm*
- 5.3.2- *First Order Theories*
- 5.3.3- *Combination of theories*
- 5.4- *Deductive system: resolution*
- 5.5- *Deductive system: natural deduction*
- 6- *Extensions to Predicate Logic*

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

Os objetivos de aprendizagem são cobertos pelos itens dos conteúdos programáticos. De realçar que estes são introduzidos, desde que possível, na sua forma genérica, e aplicadas em seguida a casos aplicativos que demonstram como a lógica computacional fornece ferramentas de análise e de conceção de artefacto informáticos (programas, algoritmos, sistemas informáticos). Esta abordagem permite um uso alargado das técnicas introduzidas fora do contexto próprio da lógica computacional (que constitui um dos objetivos da aprendizagem).

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

Learning objectives are covered by the items in the syllabus. It should be noted that these are introduced, if possible, in their generic form, and then applied to applications that demonstrate how computer logic provides computer artifact analysis and design tools (programs, algorithms, computer systems). This approach allows a wide use of techniques introduced outside the context of computational logic (which is one of the learning objectives)

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As aulas presenciais são divididas em:

- *Aulas Teóricas onde são expostos os conceitos teóricos, os algoritmos, as tecnologias capacitivas, próprios à construção de sistemas computacionais de análise lógica ou até mesmo de um sistema de processamento lógico.*
 - *Aulas Práticas com aplicação das técnicas/conceitos introduzidos, uso das ferramentas lógicas existentes, a construção de provas e raciocínios lógicos com base nestas. Em termos de trabalhos e aplicações práticas, visar-se-á dois tipos de aplicações: aplicação destes conceitos a problemas concretos da engenharia informática, e a construção/programação de pequenas aplicações que decorrem dos algoritmos expostos*
- A avaliação será realizada por uma prova escrita e por avaliação contínua baseada em exercícios práticos.*

NF = Nota final

NCP = Nota da componente prática (média dos exercícios)

NCT = Nota da componente teórica (prova escrita - exame ou frequência)

NF = SE (NCT >= 6) ENTÃO (NCT + NCP)/2 SENÃO Reprovado

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Contact classes are divided into:

- *Theoretical classes, where the theoretical concepts are exposed, as well as the necessary algorithms and technologies for the construction of computational systems of logical analysis and processing.*
- *Practical classes, with the application of concepts and techniques learnt, using existing logical tools, the construction of tests and logical reasoning based on these. In terms of work and practical applications, two types of applications will be addressed: application of theoretical concepts to specific problems of computer engineering, and the construction / programming of small applications, derived from the exposed algorithms.*

Assessment will be carried out by a written test as well as a continuous evaluation.

FG = Final Grade

SPC = Score from the practical component (average of the exercises)

STC = Score from theoretical component (midterm test or final exam)

FG = IF (STC >= 6) THEN (STC + SPC)/2 ELSE Fail

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

É particularmente importante nesta área de conhecimento aliar a prática à teoria. Os estudos que capacitam a prática são de natureza teórica, mas tiveram um impacto notável na engenharia informática e na sua prática em particular. Assim a metodologia de ensino tenta espelhar da melhor forma esta realidade. Se são ensinados os conceitos teóricos no ensino de natureza teórica, existe uma forte componente prática, em particular de programação, exclusivamente dedicada em garantir que os alunos saibam retirar proveito pragmático dos avanços que esta disciplina providenciou.

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

It is particularly important in this area of knowledge to combine practice with theory. The studies that enable the practice are of a theoretical nature but have had a notable impact on computer engineering and its practice. Thus, the teaching methodology tries to mirror this reality in the best way. While theoretical concepts are taught in theoretical classes, there is also a strong practical component of programming, during the practical classes, ensuring that students know how to take pragmatic advantage from the field.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

[1] Mordechai Ben-Ari. Mathematical Logic for Computer Science. SV, 2nd edition, 2001.

[2] Jon Barwise and John Etchmendy. Language, Proof, and Logic. CSLI, 2000.

[3] Michael Huth and Mark Ryan. Logic in Computer Science: Modelling and reasoning about systems. CUP, 2004.

[4] J.B. Almeida, M.J. Frade, J.S. Pinto, and S. Melo de Sousa. Rigorous Software Development, An Introduction to Program Verification, volume 103 of Undergraduate Topics in Computer Science. Springer-Verlag, first edition, 307 p. 52 illus. edition, 2011.

[5] D. van Dalen. Logic and Structure. 5th Edition, Springer Verlag, Berlin, Germany, 2013.

Mapa IV - Curvas e Superfícies

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Curvas e Superfícies

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Curves and Surfaces

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

M

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP - 60

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

Obrigatória.

4.4.1.7. Observations:

Compulsory.

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

Pedro Jorge Duarte Gil Duarte Tomé dos Santos Morais (TP60)

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

Sandra Margarida Pinho da Cruz Bento

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

Com a frequência nesta unidade pretende-se que o aluno adquira os fundamentos da geometria diferencial que lhe permita:

- 1. Parametrizar curvas regulares no plano e no espaço e determinar a sua curvatura e torsão;*
- 2. Classificar curvas através da sua curvatura e torsão;*
- 3. Reconhecer e parametrizar superfícies regulares no espaço e determinar a sua curvatura usando coordenadas locais;*
- 4. Determinar as equações das geodésicas de uma superfícies regular;*
- 5. Classificar subclasses especiais de superfícies.*

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

On completion of this unit, students should:

- 1. Parametrize regular plane curves and space curves and determine their curvature and torsion;*
- 2. Classify curves through their curvature and torsion;*
- 3. Recognize and parameterize regular surfaces in space and determine their curvature using local coordinates;*
- 4. Determine the equations of the geodesics of a regular surface;*
- 5. Classify special subclasses of surfaces.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1. Curvas regulares e curvas parametrizadas. Curvas planas e curvas espaciais parametrizadas por comprimento de arco. Curvatura e torsão. Curvas regulares. Teorema fundamental das curvas.*
- 2. Superfícies regulares. Superfícies parametrizadas e superfícies regulares. Primeira e segunda forma fundamental. Superfícies orientáveis. Aplicação de Gauss. Isometrias e aplicações conformes. Teoremas de Gauss e Teorema de Bonnet.*
- 3. Geodésicas e curvatura. Curvatura de Gauss e curvatura média. Geodésicas e aplicação exponencial. Teorema de Gauss Bonnet.*
- 4. Superfícies mínimas e superfícies regradas. Superfícies regradas e superfícies desenvolvíveis. Superfícies que minimizam área. Exemplos de superfícies mínimas.*

4.4.5. Syllabus:

- 1. Regular curves and parameterized curves. Plane and spatial curves parameterized by arc length. Curvature and torsion. Regular curves. Fundamental theorem of curves.*
- 2. Regular surfaces. Parameterized surfaces and regular surfaces. First and second fundamental form. Orientable surfaces. Gauss application. Isometries and conformal maps. Gauss theorems and Bonnet's theorem.*
- 3. Geodesics and curvature. Gaussian curvature and mean curvature. Geodesics and exponential application. Gauss Bonnet's theorem.*
- 4. Minimal surfaces and ruled surfaces. Ruled and developable surfaces. Surfaces that minimize area. Examples of minimal surfaces.*

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

- 1. Os objectos geométricos são definidos de forma rigorosa e acompanhados de exemplos que permitam aos alunos uma clara percepção do conceito;*
- 2. O teorema fundamental para curvas apresentado no capítulo 1 permitirá que aluno entenda que a curvatura e a torsão classificam as curvas*
- 3. O estudo das superfícies pretende que o aluno faça a distinção entre superfícies regulares e superfícies parametrizadas. A apresentação de diversos exemplos é fundamental. Será introduzido o plano tangente e o conceito de vetor tangente que permitirá definir a primeira e a segunda forma fundamental. A aplicação de Gauss surge com o intuito de estudar a variação do plano tangente e assim determinar a curvatura. Neste contexto as geodésicas surgem como as curvas contidas na superfície cuja curvatura é igual à curvatura da superfície;*
- 4. Superfícies com curvatura média zero ou constante ou ainda com parametrizações simples admitem um estudo mais completo. Estudamos aqui o caso das superfícies mínimas e regradas.*

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

- 1. Geometrical objects are defined in a rigorous way and accompanied by examples that allow students a clear perception of the concept;*
- 2. The fundamental theorem for curves presented in chapter 1 will allow the student to understand that curvature and torsion classify curves;*
- 3. The study of surfaces is intended to distinguish between regular surfaces and parameterized surfaces. The presentation of several examples is fundamental. It will introduce the tangent plane and the concept of tangent vector that will allow to define the first and second fundamental form. The Gauss map arises in order to study the variation of the tangent plane and thus determine the curvature. In this context the geodesics appear as the curves contained in the surface whose curvature is equal to the curvature of the surface;*
- 4. Surfaces with zero or constant mean curvature or with simple parametrizations allow a more complete study. We study here the case of minimum and ruled surfaces.*

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

- Aulas teórico-práticas e trabalhos de casa;*
- Será dado enfoque à construção e visualização gráfica de exemplos;*

- *A avaliação será efectuada através de dois testes escritos (90%) e de fichas de exercícios (10%) para resolução em casa, que deverão ser entregues pelos alunos em datas previamente fixadas pelo professor.*

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

- *Theoretical-practical classes and homework problems;*
- *Great focus will be given to the construction and graphical visualization of example;*
- *The unit is assessed by two written tests (90%) and by problem-solving assignments (10%).*

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

- *Nas aulas teórico-práticas, os aspectos teóricos dos conteúdos programáticos serão motivados e os principais resultados demonstrados. A resolução de problemas será fundamental para a compreensão dos novos conceitos;*
- *O uso de representações gráficas irão permitir que o aluno desenvolva a intuição geométrica para sustentar a compreensão dos conceitos.*

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

- *In theoretical-practical classes, the theoretical aspects of the syllabus will be motivated and the main results demonstrated. Problem-solving will be fundamental to understanding the new concepts;*
- *The use of graphical representations will allow the student to develop the geometric intuition to support the understanding of the concepts.*

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

1. *Geometria diferencial de curvas e superfícies, Manfredo do Carmo, Sociedade Brasileira de matemática, 6º edição, 2014;*
2. *Elementary Differential Geometry, Andrew Pressley, Springer, 2001;*
3. *Modern Differential Geometry of Curves and Surfaces with Mathematica 3rd Edition, Alfred Gray, Elsa Abbena and Simon Salamon, Studies in Advanced Mathematics, 2006.*

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

Álgebra II

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Algebra II

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

M

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP - 60

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

Obrigatória.

4.4.1.7. Observations:

Compulsory.

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

Celino José Martins Miguel

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

Deolinda Isabel da Conceição Mendes

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

Objetivos gerais:

Apreender, relacionar e aplicar conceitos e resultados sobre Teoria de Grupos, Teoria de Anéis e Teoria de Corpos.

Os aspetos mais simples e elementares da teoria de anéis foram já abordados na unidade curricular Álgebra I. Tendo sido já estudados alguns exemplos de anéis mais comuns como o anel dos inteiros de Gauss ou o anel dos polinómios sobre um corpo. Na unidade curricular Álgebra II fazemos um estudo mais abstrato e geral não nos limitando a exemplos concretos. Estudaremos por exemplo o anel dos inteiros num corpo de números algébricos bem como corpos de funções sobre um corpo finito.

Competências a desenvolver nos estudantes:

Capacidade de abstração e generalização;

Capacidade de raciocínio lógico

Capacidade de comunicação escrita e oral, utilizando linguagem matemática

Capacidade de formulação e resolução de problemas relacionados com estruturas algébricas.

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

General objectives:

To assimilate, relate and apply concepts and results on Group Theory, Ring Theory and Field Theory.

The most elementary aspects of ring theory have already been studied in Algebra I. Some examples of rings have already been studied, such as the ring of Gauss integers or the ring of Polynomials over a Field. In the course of Algebra II we make a study more abstract and general not limiting us to concrete examples. We will study, for example, the ring of integers in an algebraic number field as well as function fields over a finite field.

Competencies to be developed by students:

Capacity for abstraction and generalization;

Logical reasoning capacity;

Written and oral communication capacity, using mathematical language;

Capacity for formulating and solving problems relating to algebraic structures.

4.4.5. Conteúdos programáticos:**1. Grupos**

1.1. Generalidades sobre Ações de grupos

1.2. O Teorema de Burnside

1.3. Os Teorema de Sylow

1.4. Grupos Abelianos livres

1.5. Grupos Abelianos finitamente gerados

1.6. Grupos Abelianos finitos

1.6.1 Decomposição em p-grupos

1.6.2 Decomposição dos p-grupos

1.6.3 O Teorema fundamental de Grupos Abelianos finitos

2. Anéis

2.1. Domínios Euclidianos

2.2. Domínios de ideais principais

2.3. Domínios de factorização única

3. Corpos

3.1. Extensões de corpos

3.1.1 Generalidades

3.1.2 Corpos de ruptura de um polinómio

3.1.3 Elementos algébricos e transcendentos

3.1.4 Construções com régua e compasso

3.2. Teoria de Galois

3.2.1 O grupo de Galois

3.2.2 Extensões normais e separáveis

3.2.3 A correspondência de Galois

3.2.4 Resolução de equações por meio de radicais

4.4.5. Syllabus:**1. Groups**

1.1. Group Actions

1.2. Burnside's Theorem

1.3. Sylow theorems

1.4. Free Abelian Groups

1.5. Finitely generated Abelian groups

1.6. Finite Abelian Groups

1.6.1 Decomposition in p-groups

1.6.2 Decomposition of p-groups

1.6.3 The Fundamental Theorem of Finite Abelian Groups

2. Rings

2.1. Euclidean Domains

2.2. Principal ideals domains

2.3. Unique factorization domains

3. Fields

3.1. Field extensions

3.1.1 Generalities

3.1.2 Rupture field of a polynomial

3.1.3 Algebraic and transcendent elements

3.1.4 Constructions with ruler and compass

3.2. Galois Theory

3.2.1 The Galois group

3.2.2 Normal and separable extensions

3.2.3 The correspondence of Galois

3.2.4 Resolution of equations by means of radicals

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

Fundamentos sobre Teoria de Grupos (capítulo 1)

Conceitos e Propriedades da Teoria de Anéis (capítulo 2)

Corpos e Teoria de Galois (capítulo 3)

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

Fundamentals of Group Theory (chapter 1)

Concepts and Properties of Ring Theory (chapter 2)

Fields and Galois Theory (chapter 3)

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As aulas serão teórico-práticas. O docente expõe os conceitos, enuncia e demonstra resultados fundamentais, apresenta exemplos e aplicações. O estudante é incentivado a participar nas aulas, a interagir com o professor e com os colegas e a trabalhar autonomamente, sob a forma de realização de exercícios, leitura orientada, formulação e resolução de problemas.

A avaliação realizada ao longo do período de ensino-aprendizagem consistirá em duas provas escritas, cada uma cotada para 10 valores. O estudante poderá ainda realizar um exame final cotado para 20 valores.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The classes combine theory with practice. The teacher introduces the concepts, states and proves the fundamental results, provides examples and applications. The student is encouraged to participate in the classes, to interact with the teacher and colleagues and to work independently, by solving exercises, guided reading, problem formulation and problem solving.

The evaluation carried out during the teaching-learning process consists of two written tests, each worth 10 points.

The student may still take a final examination worth 20 points.

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

As aulas teórico-práticas combinam, em simultâneo, as duas vertentes, facilitando a assimilação/compreensão dos conceitos relacionados com estruturas algébricas e as suas aplicações.

O estímulo ao trabalho individual, autónomo ou orientado pelo professor na sala de aula e em sessões de atendimento, contribuirá para o desenvolvimento das capacidades cognitivas associadas à generalização, abstração, raciocínio e escrita matemática.

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

The classes combine theory with practice (simultaneously) to facilitate the assimilation/understanding of concepts relating to algebraic structures and their applications. Encouraging students to work on an individual basis, independently or with the teacher's guidance in the classroom and support sessions, will contribute to the development of cognitive abilities associated with generalization, abstraction, reasoning and mathematical writing.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Dummit, David S.; Foote, Richard M., Abstract algebra. Third edition. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ, 2004.

Fernandes, R. L., Ricou, M., Introdução à Álgebra, IST Press, 2004.

Fraleigh, J.B. A First Course in Abstract Algebra (7th edition), Pearson, 2003

Milne, J.S., Group Theory and Fields and Galois Theory, 2012

(Available from <http://www.jmilne.org/math/CourseNotes/FTe6.pdf>)

Monteiro, A. J., Matos, I. T., Álgebra: Um Primeiro Curso (2ª edição), Escolar Editora, 2001

Spindler, Karlheinz, Abstract algebra with applications. Vol. II. Rings and Fields. Marcel Dekker, Inc., New York, 1994

Stewart, I, Galois Theory, 4ed, CRC Press, 2015

Tignol, J. P, Galois' Theory of Algebraic Equations, World Scientific, 2001

Mapa IV - Modelos de Probabilidades**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:***Modelos de Probabilidades***4.4.1.1. Title of curricular unit:***Probability Models***4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:***M***4.4.1.3. Duração:***Semestral***4.4.1.4. Horas de trabalho:***168***4.4.1.5. Horas de contacto:***TP - 60***4.4.1.6. ECTS:***6***4.4.1.7. Observações:***Obrigatória.***4.4.1.7. Observations:***Compulsory.***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***Helena Maria Simões Ferreira (60TP)***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:***Ana Paula André Martins Fernandes***4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):***Desenvolver modelos de probabilidades para variáveis sobre espaços mensuráveis de diferentes dimensões; identificar e aplicar as propriedades das leis de probabilidade na resolução de problemas; caracterizar um processo estocástico; identificar e aplicar vários modos de convergência estocástica.***4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):***To develop probability models for variables on measurable spaces of different dimensions; identify and apply the properties of probability laws in problem solving; characterize a stochastic process; identify and apply various modes of stochastic convergence.***4.4.5. Conteúdos programáticos:**

- 1. Espaços de probabilidade: axiomática, probabilidade condicionada e independência numa família numerável de acontecimentos.*
- 2. Leis de probabilidade sobre \mathbb{R} : classificação e integração.*
- 3. Leis de probabilidade sobre \mathbb{R}^n : variáveis aleatórias independentes, transformação de vetores aleatórios, distribuições condicionais e momentos.*
- 4. Leis de probabilidade sobre \mathbb{C} : variáveis aleatórias com valores complexos, função característica de um vetor aleatório real e vetores Normais.*
- 5. Processos estocásticos: caracterização, independência de incrementos, propriedade Markoviana, autocorrelação e autocovariância, estacionaridade, processos de Poisson, processos de contagem de renovamentos.*
- 6. Convergências estocásticas: convergência em lei, convergências funcionais, leis dos grandes números e teorema do limite central.*

4.4.5. Syllabus:

- 1. Probability spaces: axiomatic, conditional probability and independence in a family of events.*
- 2. Laws of probability on \mathbb{R} : classification and integration.*
- 3. Probability laws on \mathbb{R}^n : independent random variables, transformation of random vectors, conditional distributions and moments.*
- 4. Probability laws on \mathbb{C} : random variables with complex values, characteristic function of a real random vector and*

Normal vectors.

5. Stochastic processes: characterization, independence of increments, Markovian property, autocorrelation and autocovariance, stationarity, Poisson processes, processes of counting renewals.

6. Stochastic convergences: convergence in law, functional convergences, laws of large numbers and the central limit theorem.

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

A construção detalhada de modelos de probabilidades para variáveis sobre espaços de probabilidade (1,) de diferentes dimensões (2.,3.,4.,5.) fornece ao estudante autonomia para o desenvolvimento de novos modelos, permite a aplicação correta das propriedades das leis de probabilidade na resolução de problemas com vetores aleatórios ou de convergência de sucessões de variáveis aleatórias (6.).

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

The detailed construction of probability models for variables on probability spaces (1,) of different dimensions (2., 3., 4., 5) gives the student autonomy for the development of new models, allows the correct application of the properties of the laws of probability in solving problems with random vectors or convergence of successions of random variables (6.).

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Apresentação e dedução dos resultados, resolução de problemas de aplicação.

A avaliação periódica é realizada através de 2 testes escritos. A avaliação final de exame é um teste escrito.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Presentation and deduction of results, resolution of application problems.

The periodic evaluation is carried out through 2 written tests. The final exam evaluation is a written test.

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

A construção dos diferentes espaços de probabilidade e a dedução das respetivas propriedades, com resolução de problemas de aplicação, apresentada de forma colaborativa entre docente e discente, desenvolve a capacidade de extensão teórica e aplicação prática.

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

The construction of the different probability spaces and the deduction of the respective properties, with resolution of application problems, presented in a collaborative way between teacher and student, develops the capacity for theoretical extension and practical application.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Billingsley, P. (1986). Probability and Measure, Wiley.

Durrett, R. (1996). Probability: Theory and Examples, Duxbury Press.

Feller, W. (1971). An Introduction to Probability Theory and its Applications, Vol. 2, Wiley.

Kallenberg, O. (1997). Foundations of Modern Probability, Springer.

Resnick, S.I. (1999). A Probability Path, Birkhäuser.

Mapa IV - Espaços Métricos e Topológicos

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Espaços Métricos e Topológicos

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Metric and Topological Spaces

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

M

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP - 60

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:*Opção 2, Opção 3***4.4.1.7. Observations:***Option 2, Option 3***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***António Jorge Gomes Bento (60h)***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 unidade curricular pretende-se que os alunos se familiarizem com os conceitos, princípios e métodos dos espaços métricos e dos espaços topológicos e os saibam utilizar noutras áreas da Matemática.**No final da unidade curricular os alunos deverão ser capazes de:*

- aplicar os conceitos básicos de espaços métricos e de espaços topológicos;
- reconhecer a importância dos espaços métricos completos;
- compreender a demonstração e aplicar o teorema do ponto fixo de Banach;
- compreender a demonstração e aplicar o teorema de Baire;
- ilustrar as definições com exemplos;
- compreender a demonstração dos resultados básicos sobre separação, compacidade e conexidade de espaços topológicos.

4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):*In this curricular unit the students are expected to be familiarized with the concepts, principles and methods of metric spaces and topological spaces and be able to apply them to other areas of mathematics.**At the end of the curricular unit the students should be able to:*

- apply the basic concepts of metric spaces and topological spaces;
- recognize the importance of complete metric spaces;
- understand the proof and apply Banach's fixed-point theorem;
- understand the proof and apply Baire's theorem;
- illustrate the definitions with examples;
- understand the proofs of basic results on separation, compactness and connectedness of topological spaces.

4.4.5. Conteúdos programáticos:**1. Espaços Métricos**

- 1.1 Definição e primeiros exemplos
- 1.2 Espaços de sucessões de Lebesgue
- 1.3 Bolas abertas e bolas fechadas
- 1.4 Conjuntos abertos e conjuntos fechados
- 1.5 Interior, exterior, fronteira, aderência e derivado
- 1.6 Funções contínuas
- 1.7 Sucessões
- 1.8 Espaços métricos completos
- 1.9 Completamento de um espaço métrico
- 1.10 Teorema do ponto fixo de Banach
- 1.11 Teorema de Baire
- 1.12 Compacidade em espaços métricos
- 1.13 Conexidade

2. Espaços topológicos

- 2.1 Definição e exemplos
- 2.2 Conjuntos fechados
- 2.3 Bases e sub-bases
- 2.4 Interior, exterior, fronteira, aderência e derivado
- 2.5 Funções contínuas
- 2.6 Subespaços
- 2.7 Espaços produto
- 2.8 Axiomas de separação
- 2.9 Compacidade
- 2.10 Conexidade

4.4.5. Syllabus:

1. *Metric spaces*
 - 1.1 *Definition and first examples*
 - 1.2 *Lebesgue sequence spaces*
 - 1.3 *Open balls and closed balls*
 - 1.4 *Open sets and closed sets*
 - 1.5 *Interior, exterior, boundary, closure and derived*
 - 1.6 *Continuous functions*
 - 1.7 *Sequences*
 - 1.8 *Complete metric spaces*
 - 1.9 *Completion of a metric space*
 - 1.10 *Banach's fixed point theorem*
 - 1.11 *Baire's theorem*
 - 1.12 *Compactness in metric spaces*
 - 1.13 *Connectedness in metric spaces*
2. *Topological spaces*
 - 2.1 *Definition and examples*
 - 2.2 *Closed sets*
 - 2.3 *Bases and sub-bases*
 - 2.4 *Interior, exterior, boundary, closure and derived*
 - 2.5 *Continuous functions*
 - 2.6 *Subspaces*
 - 2.7 *Product spaces*
 - 2.8 *Separation axioms*
 - 2.9 *Compactness*
 - 2.10 *Connectedness*

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

Os objetivos:

- *aplicar os conceitos básicos de espaços métricos e de espaços topológicos;*
 - *reconhecer a importância dos espaços métricos completos;*
 - *compreender a demonstração e aplicar o teorema do ponto fixo de Banach;*
 - *compreender a demonstração e aplicar o teorema de Baire;*
 - *ilustrar as definições com exemplos;*
- são referentes ao Capítulo 1 dos conteúdos programáticos.*

Os objetivos

- *aplicar os conceitos básicos de espaços métricos e de espaços topológicos;*
 - *ilustrar as definições com exemplos;*
 - *compreender a demonstração dos resultados básicos sobre separação, compacidade e conexidade de espaços topológicos;*
- dizem respeito ao referentes ao Capítulo 2 dos conteúdos programáticos.*

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

The objectives:

- *apply the basic concepts of metric spaces and topological spaces;*
 - *recognize the importance of complete metric spaces;*
 - *understand the proof and apply Banach's fixed-point theorem;*
 - *understand the proof and apply Baire's theorem;*
 - *illustrate the definitions with examples;*
- correspond to Chapter 1 of the syllabus.*

The objectives:

- *apply the basic concepts of metric spaces and topological spaces;*
 - *illustrate the definitions with examples;*
 - *understand the proofs of basic results on separation, compactness and connectedness of topological spaces;*
- correspond to Chapter 2 of the syllabus.*

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A unidade curricular funciona em aulas teórico-práticas. No início de cada aula o docente faz uma exposição teórica da matéria e de seguida os alunos resolvem exercícios de fichas de trabalho fornecidas pelo docente.

A avaliação contínua consiste em dois testes escritos de 10 valores cada um. Se T1 e T2 forem as notas do primeiro e do segundo testes, respectivamente, a classificação final é calculada da seguinte forma:

- a) *se $T1+T2$ for inferior a 16,5, a classificação final será o arredondamento às unidades de $T1+T2$;*
- b) *se $T1+T2$ for superior ou igual a 16,5, terá de ser feita uma prova oral; à prova oral é dada uma nota PO entre 0 e 20 valores; a classificação final será o arredondamento às unidades de $\max\{16, (T1+T2+PO)/2\}$.*

São aprovados os alunos com classificação final igual ou superior a 10 valores.

A avaliação por exame final consiste num exame cotado para 20 valores, sendo aprovados os alunos com nota igual ou superior a 10 valores.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The curricular unit is organized in theoretical-practical lessons. At the beginning of each lesson the teacher makes a theoretical presentation of the subject and then the students solve exercises from worksheets provided by the teacher.

The continuous evaluation consists of two written tests of 10 points each. If T1 and T2 are the grades of the first and second tests, respectively, the final grade is calculated as follows:

a) if $T1+T2$ is less than 16.5, the final grade will be the rounding of $T1+T2$;

b) if $T1+T2$ is greater than or equal to 16.5, the student must do an oral exam; to the oral exam is given a grade PO between 0 and 20 points; the final grade will be the rounding of $\max\{16, (T1+T2+PO)/2\}$.

The students with a final grade greater than or equal to 10 points will pass the course.

The evaluation by final exam consists of an exam with the maximum value of 20 points. The students with a classification greater than or equal to 10 points will pass the course.

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

O funcionamento da unidade curricular em aulas teórico-práticas permite que sejam feitos exercícios imediatamente a seguir a cada conteúdo teórico, o que melhora a aquisição de conhecimentos e competências. Além disso, os alunos são incentivados a trabalhar mais fora das horas de contacto com o docente, sendo para isso fornecidos, nas fichas de trabalho, exercícios que não são resolvidos nas aulas.

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

The organization of the curricular unit in theoretical-practical classes allows us to solve exercises immediately after each theoretical content and this improves the acquisition of knowledge and skills by the students. In addition, students are encouraged to work more at home and for this, the working sheets have exercises that are not solved in the classes.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Buskes, G., & van Rooij, A. (2012). Topological Spaces: From Distance to Neighborhood. Springer.

Conway, J. B. (2014). A course in point set topology. Springer.

Croom, F. H. (2016). Principles of topology. Dover Publications.

Engelking, R. (1989). General topology. Heldermann Verlag.

Giles, J. R. (1987). Introduction to the analysis of metric spaces. Cambridge University Press.

Lima, E. L. (2017). Espaços métricos. Projecto Euclides. Instituto de Matemática Pura e Aplicada. 5.ª edição

Lima, E. L. (2014). Elementos de topologia geral. Textos Universitários. Sociedade Brasileira de Matemática

Munkres, J. R. (2000). Topology. Prentice Hall.

Willard, S. (2013). General Topology. Dover Publications.

Mapa IV - Criptografia e Teoria de Códigos

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Criptografia e Teoria de Códigos

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Cryptography and Coding Theory

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

M

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP - 60

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

Opção 2, Opção 3**4.4.1.7. Observations:***Option 2, Option 3***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***Gastão Henrique Gonçalves de Bettencourt (60TP)***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:***César Augusto Teixeira Marques da Silva***4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

- *Apreender alguns conceitos e exemplos fundamentais em teoria de códigos e em criptografia;*
- *Aplicar os resultados e técnicas estudados na análise de vários códigos;*
- *Analisar e compreender demonstrações;*
- *Comunicar, escrita e oralmente, utilizando linguagem matemática.*

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

- *Learn some fundamental concepts and examples in coding theory and cryptography;*
- *Apply the studied results and techniques in the analysis of several codes;*
- *Analyse and understand proofs;*
- *Communicate, written and orally, using mathematical language.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. *Informação e entropia*
 - 1.1 *Alfabetos e códigos*
 - 1.2 *Quantidade de informação e entropia*
 - 1.3 *Teoremas de Shannon*
2. *Códigos*
 - 2.1 *Distância de Hamming*
 - 2.2 *Códigos Lineares*
 - 2.3 *Códigos de Hamming*
 - 2.4 *Códigos de Golay*
 - 2.5 *Códigos Cíclicos*
3. *Códigos Criptográficos*
 - 3.1 *Criptosistemas de chave simétrica*
 - 3.2 *Criptosistema RSA*
 - 3.3 *Criptosistema de chave pública de Rabin*
 - 3.4 *Criptosistemas baseados em logaritmos discretos*

4.4.5. Syllabus:

1. *Information and entropy*
 - 1.1 *Alphabets and codes*
 - 1.2 *Information rate and entropy*
 - 1.3 *Shannon's theorems*
2. *Codes*
 - 2.1 *Hamming distance*
 - 2.2 *Linear codes*
 - 2.3 *Hamming codes*
 - 2.4 *Golay codes*
 - 2.5 *Cyclic codes*
3. *Cryptographic Codes*
 - 3.1 *Symmetric-key Cryptosystems*
 - 3.2 *RSA Cryptosystem*
 - 3.3 *Rabin public key Cryptosystem*
 - 3.4 *Cryptosystems based on discrete logarithms*

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

Nos capítulos 1 e 2 são apresentados conceitos e resultados fundamentais da teoria de códigos e da teoria de informação. Nestes capítulos são discutidos exemplos de códigos que se tornaram centrais na teoria. No capítulo 3 são discutidos alguns resultados e exemplos importantes em criptografia. A maioria dos resultados serão demonstrados e para os outros será indicada a ideia subjacente à demonstração. Na interação com o professor será promovido o aperfeiçoamento da utilização, escrita e oral, da linguagem matemática.

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

In the chapters 1 and 2, fundamental concepts and results from coding theory and information theory are presented. In these chapters, examples of codes that have become central in the theory are presented. In chapter 3 some important results and examples in cryptography are discussed. Most of the discussed results will be proved, and, for the others, it will be highlighted the idea of the proof. In the interaction with the teacher, it will be promoted the correct use of oral and written mathematical language.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As aulas serão teórico-práticas. O docente apresenta os conceitos, enuncia os resultados, demonstrando muitos deles e discute exemplos de aplicação. O estudante é incentivado a participar nas aulas, interagindo com o professor e por vezes resolvendo exercícios. É ainda incentivado o trabalho autónomo, consistindo este maioritariamente na realização de exercícios. A avaliação realizada ao longo do período de ensino-aprendizagem consistirá em duas provas escritas, cada uma cotada para 10 valores. O estudante poderá ainda realizar um exame final cotado para 20 valores.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Classes will be both theoretical and practical. The teacher introduces the concepts, presents the results, proving several among them, and discusses applications. The students are given the opportunity to intervene in the classes, interacting with the teacher and sometimes solving problems. Autonomous work, consisting mainly in solving exercises, will be promoted. Assessment undertaken throughout the teaching-assessment period will consist in two written tests, each rated 10 values. The student will also be given the possibility of a final exam rated 20 values.

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

As aulas teórico-práticas permitem aos alunos a assimilação dos conceitos, exemplos e resultados apresentados, ao mesmo tempo que desenvolvem a capacidade de aplicar os conhecimentos a situações concretas. O incentivo à participação dos alunos nas aulas contribuirá para aumentar as suas capacidades de analisar e compreender os resultados e técnicas de demonstração, bem como os vários exemplos. O estímulo ao trabalho autónomo, o qual deverá fazer surgir questões a abordar nas sessões de atendimento, contribuirá para o desenvolvimento da capacidade de aplicar os resultados e técnicas estudados na análise dos vários códigos.

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

Theoretical and practical classes allow the students to assimilate the presented concepts and results and at the same time to develop the ability to apply that knowledge to concrete situations. Encouraging the student participation in classes will contribute to increase their ability to understand the results and the techniques of proof and also the examples. The stimulus to autonomous work, which will enhance the questions to address in the attendance sessions, will contribute to the development of the ability to apply the studied techniques and results to the analysis of the several codes.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- Cover, T. M., and Thomas, J. A. (2006), *Elements of Information Theory* (2.ª edição), Wiley
- R. Hill (1997), *A First Course in Coding Theory*, Oxford University Press
- J. P. Hoffstein, J. Pipher e J. H. Silverman (2014), *An Introduction to Mathematical Cryptography* (2.ª edição), Springer
- J.H. van Lint (1991), *Introduction to Coding Theory*, Graduate Texts in Mathematics (3.ª edição), Springer
- D. Welsh (2000), *Codes and Cryptography*, Oxford University Press, Oxford University Press

Mapa IV - Macroeconomia I

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Macroeconomia I

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Macroeconomics I

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

E

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP - 60

4.4.1.6. ECTS:

4.4.1.7. Observações:*Opção 2, Opção 3***4.4.1.7. Observations:***Option 2, Option 3***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***Pedro Cunha Neves (60 h)***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:***<sem resposta>***4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

- *Conhecer os princípios da economia e treinar o pensamento como economista;*
- *Perceber a interdependência entre os agentes e os países e os benefícios do comércio;*
- *Conhecer as principais fontes de dados macroeconómicos e saber representar as principais variáveis graficamente;*
- *Saber calcular o rendimento nacional e interno a preços correntes e constantes;*
- *Distinguir as principais medidas dos agregados macroeconómicos usando os princípios da contabilidade nacional;*
- *Perceber os determinantes do comportamento da economia real e monetária no longo-prazo, nos seus aspetos essenciais (produto, emprego, preços);*
- *Distinguir o comportamento de uma economia fechada do de uma economia aberta;*
- *Perceber os determinantes da economia real no curto-prazo.*

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

- *Understand the principles of economics and train to think like an economist;*
- *Acknowledge the interdependence between agents and countries and the gains from trade;*
- *Get knowledge of the sources of macroeconomic data and know how to represent the main variables in a graphic;*
- *Know how to calculate the main macroeconomic aggregates using the principles of national accounting;*
- *Know the differences between real and nominal variables and convert one into another;*
- *Understand the determinants of economic growth, unemployment and prices in the long run;*
- *Distinguish between the behavior of the closed and open economies;*
- *Understand the determinants of short-run oscillations in the main macroeconomic variables.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1 – Introdução*
- 1.1 - Os Princípios da Economia*
- 1.2 - Pensar como um Economista*
- 2 - Interdependência e os Ganhos do Comércio.*
- 3 - Os Dados na Macroeconomia*
- 3.1 - O Rendimento de um País*
- 3.2 - O Custo de Vida*
- 4 - A Economia Real no Longo Prazo*
- 4.1 - Produção e Crescimento Económico*
- 4.2 - Poupança, Investimento e o Sistema Financeiro*
- 4.3 - Desemprego*
- 5 - Moeda e Preços no Longo Prazo*
- 5.1 - Crescimento Monetário e Inflação*
- 6 - A Macroeconomia da Economia Aberta*
- 6.1 - Conceitos Básicos*
- 6.2 - A Teoria Macroeconómica da Economia Aberta*
- 7 - Flutuações de Curto Prazo*
- 7.1 - Procura e Oferta Agregadas*
- 7.2 - O trade-off de Curto Prazo entre Inflação e Desemprego*

4.4.5. Syllabus:

- 1 – Introduction*
- 1.1 - Principles of Economics*
- 1.2 - Thinking like an Economist*
- 2 - Interdependence and Gains from Trade*
- 3 - Data of Macroeconomics*
- 3.1 - Income*
- 3.2 - Cost of living*
- 4 - The Real Economy in the Long Run*
- 4.1 - Production and Economic Growth*
- 4.2 - Savings, Investment and the Financial System*
- 4.3 - Unemployment*
- 5 - Money and Prices in the Long Run*

- 5.1 - Money Growth and Inflation
- 6 - The Macroeconomics of Open Economies
- 6.1 - Basic Concepts
- 6.2 - The Macroeconomic Theory of Open Economies
- 7 - Short-Run Fluctuations
- 7.1 - Aggregate Demand and Supply
- 7.2 - The Short-Run Trade-Off between Inflation and Unemployment

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

Cada capítulo do programa está diretamente relacionado com as competências que se pretende que sejam adquiridas pelos estudantes. Relacionam-se de seguida os objetivos com os capítulos do programa.

- Conhecer os princípios da economia e treinar o pensamento como economista – cap. 1;
- Perceber a interdependência entre os agentes e os países e os benefícios do comércio – cap. 2;
- Conhecer as principais fontes de dados macroeconómicos e saber representar as principais variáveis graficamente; saber calcular o rendimento nacional e interno a preços correntes e constantes; distinguir as principais medidas dos agregados macroeconómicos usando os princípios da contabilidade nacional – cap. 3;
- Perceber os determinantes do comportamento da economia real e monetária no longo-prazo, nos seus aspetos essenciais (produto, emprego, preços) – cap. 4 e 5;
- Distinguir o comportamento de uma economia fechada de uma economia aberta; perceber os determinantes da economia real no curto-prazo – cap. 6 e 7.

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

Each chapter of the syllabus is closely linked with the skills to be achieved by students, as follows.

- Understand the principles of economics and train to think like an economist – chap. 1;
- Acknowledge the interdependence between agents and countries and the gains from trade – chap. 2;
- Get knowledge of the sources of macroeconomic data and know how to represent the main variables in a graphic; know how to calculate the main macroeconomic aggregates using the principles of national accounting; know the differences between real and nominal variables and convert one into another – chap. 3;
- Understand the determinants of economic growth, unemployment and prices in the long run – chap. 4 and 5;
- Distinguish between the behavior of the closed and open economies; understand the determinants of short-run oscillations in the main macroeconomic variables – chap. 6 and 7.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A metodologia de ensino é expositiva com tempo para a discussão dos vários assuntos abordados na aula, entre os quais a discussão dos casos do livro e de outros da atualidade, por exemplo a discussão em torno do orçamento do Estado. Além disso, existe uma sebenta de exercícios resolvidos e vários cadernos de exercícios por resolver. Alguns destes exercícios são resolvidos em aula e outros deixados para TPC, para a preparação individual dos estudantes. A avaliação compreende um teste intermédio e um teste final. O teste intermédio cobre até ao capítulo 3 e tem um peso de 40% na nota final. O teste final é global e pesa 60% classificação final de ensino-aprendizagem. Os estudantes deverão obter uma nota de 6 em 20 para aceder à época de exames e 9.5 para aprovação. Os estudantes podem usar o exame para melhorar a classificação obtida, contando neste caso a melhor das classificações de ensino-aprendizagem ou exame.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The teaching methodology is expository with time for discussion of several issues in class, such as the cases included in the book and others related with current up-to-date issues such as the yearly public budget. Moreover, there is a notebook of solved exercises and several sets of proposed exercises. Some of these exercises are solved and discussed in classes, while others are given as homeworks for students' self-learning. Evaluation comprises an intermediate test covering material until chapter 3 of the syllabus, weighting 40% of the final grade, and a final global test, weighting 60% of the final grade. Students must achieve a grade of 6 out of 20 to access the exams period and must achieve 9.5 in order to pass the curricular unit. Students can also use the exam to improve their grade; in this case, the weighted average of both tests (intermediate and global) is compared to the classification obtained in the exam, and the final grade is the highest of these two classifications.

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

Esta unidade curricular segue de perto o livro de Princípios de Economia, de Gregory Mankiw, sendo a versão recomendada a versão mais recente adaptada à realidade europeia, de Gregory Mankiw e Mark Taylor. Considera-se este livro um dos compêndios de princípios de economia mais pedagógicos disponíveis no mercado. Além disso, a articulação das unidades curriculares de macroeconomia no curso está feita de forma a que a primeira unidade de princípios seja praticamente livre de complexidade técnica e matemática (elementos a considerar posteriormente em Macroeconomia II e Macroeconomia III) e muito focada na intuição, tendo como objetivos globais proporcionar aos alunos um primeiro contacto com a macroeconomia e ensiná-los a pensar como economistas. Pensa-se assim que uma metodologia baseada na exposição e na discussão de casos e resolução de vários exercícios práticos com os alunos é a mais propícia a se atingir tais objetivos. Muitas vezes os alunos chegam à universidade com ideias feitas baseadas no senso comum. O grande desafio aqui é o de cortar com este tipo de pensamento e incentivar a reflexão tendo por base nos princípios da ciência económica. A metodologia para o conseguir é a exposição dos conteúdos, conduzindo os alunos pela intuição económica, usando vários exemplos da vida real e aplicando a matéria na resolução de múltiplos exercícios. O docente considera que a melhor maneira de avaliar como os alunos pensam é através da realização de testes individuais, claramente formatados para testar se as competências de entendimento dos vários materiais abordados foram adquiridas ou não.

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

This course follows closely Mankiw's book of Principles of Economics, in its newest version by Gregory Mankiw and Mark Taylor, which is more adapted to the European reality. The teacher considers that this is one of the most pedagogical books of principles of economics available in the market. The sequence of macroeconomics courses is arranged such that the first course (this course) does not include technical or mathematical complexities (which will be dealt with in Macroeconomics II and Macroeconomics III); it is more focused on intuitive interpretation and its general objectives are to put students in their first contact with macroeconomics and teach them economic thinking. Very often students enter university with views based on common sense rather than on scientific thoughts. The great challenge is to break this common pattern and replace it by scientific thinking. The methodology to achieve these objectives is expositive, based on economic intuition, using several real-life examples, and applying the acquired economic principles to the resolution of practical exercises. The teacher considers that the best way to evaluate the students' thinking is through individual tests, which would clearly allow to verify if the understanding abilities have been acquired or not.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Mankiw, G. and M. Taylor (2017), Economics, 6th Edition, Cengage Learning (Parts 1, 9, 10, 11, 12, 13, 14)

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

Microeconomia II

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Microeconomics II

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

E

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP - 60

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

Opção 2, Opção 3

A unidade curricular visa facultar as ferramentas teóricas e práticas para dar continuidade ao estudo da teoria microeconómica, abordando os casos polares de estrutura de mercado: monopólio e concorrência perfeita; bem como de estruturas de mercado de concorrência monopolística e imperfeita. São ainda abordados tópicos sobre o mercado de trabalho, capital e investimento e equilíbrio geral.

4.4.1.7. Observations:

Option 2, Option 3

The curricular unit aims to provide the theoretical and practical tools to continue the study of microeconomic theory, addressing the polar cases of market structure: monopoly and perfect competition; as well as monopolistic and imperfect competition market structures. Topics on labor market, capital and investment, as well as notions of general equilibrium, are also discussed.

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

João Carlos Correia Leitão TP (60h)

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:

1. Analisar o funcionamento dos mercados.
2. Compreender a organização dos mercados, a sua finalidade e a sua estrutura.
3. Comparar teorias, métodos e modelos alternativos no tratamento de estruturas de mercado. Aplicar técnicas de medida e de avaliação de desempenho económico nos mercados.

Resultados:

1. Percebe o funcionamento dos mercados em contexto de informação simétrica e assimétrica.
2. Tem capacidade de analisar as diversas teorias e modelos alternativos de tratamento de estruturas de mercado.
3. Consegue resolver novas situações através de técnicas de avaliação de desempenho económico nos mercados.
4. Desenvolve capacidade analítica e espírito crítico na análise de modelos microeconómicos.

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

1. To analyze the functioning of markets.
2. To understand the organization of the markets, their purpose and structure.
3. To compare alternative theories, methods and models in the treatment of market structures. Apply techniques of measurement and evaluation of economic performance in the markets.

Results:

1. Be able to perceive the operation of markets in the context of symmetrical and asymmetric information.
2. Be able to analyze the various theories and alternative models of treatment of market structures.
3. Be able to solve new situations through techniques of evaluation of economic performance in the markets.
4. Be able to develop analytical ability and critical spirit in the analysis of microeconomic models.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- I. Monopólio.
- II. Concorrência Monopolística e Oligopólio.
- III. Mercado de Trabalho.
- IV. Capital e Investimento.
- V. Equilíbrio Geral.

4.4.5. Syllabus:

- I. Monopoly.
- II. Monopolistic Competition and Oligopoly.
- III. Labor market.
- IV. Capital and Investment.
- V. General Equilibrium.

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

A estrutura do programa tem o seguinte desenho sequencial: (I) Monopólio; (II) Concorrência Monopolística e Oligopólio; (III) Mercado de Trabalho; (IV) Capital e Investimento; e (V) Equilíbrio Geral. A coerência é assegurada pelo facto de, em (I) e (II), serem lecionados os casos polares de estrutura de mercado e a formação do poder de mercado, sendo também abordados os principais modelos de concorrência monopolística e oligopólio diferenciado, que visam capacitar o aluno para este conseguir compreender o funcionamento dos mercados em contexto de informação simétrica e assimétrica, bem como analisar criticamente as diversas teorias e modelos alternativos de tratamento de estruturas de mercado. Os conteúdos de (III), (IV) e (V) visam abordar tópicos sobre o mercado de trabalho, capital e investimento, e equilíbrio geral, o que permite ao aluno vir a resolver novas situações através de técnicas de avaliação de desempenho económico nos mercados.

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

The structure of the syllabus has the following sequential design: (I) Monopoly; (II) Monopolistic Competition and Oligopoly; (III) Labor Market; (IV) Capital and Investment; and (V) General Equilibrium. Coherence is ensured by the fact that, in (I) and (II), the polar cases of market structure and the formation of market power are discussed, and the main models of monopolistic competition and differentiated oligopoly are also addressed, which aim to enable the student to understand the functioning of markets in the context of symmetric and asymmetric information, as well as critically analyze the various theories and alternative models of treatment of market structures. The contents of (III), (IV) and (V) aim to address topics on labor market, capital and investment and general equilibrium, which allows the student to solve new situations through techniques of economic performance evaluation in markets.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As aulas são teórico-práticas. Inicialmente, em cada sessão, são apresentados os conceitos teóricos acerca dos respetivos conteúdos programáticos sendo, posteriormente, efetuados os respetivos exercícios práticos.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The classes are theoretical-practical. Initially, in each session, the theoretical concepts about the correspondent programmatic contents are presented and, later, the respective practical exercises are carried out.

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

A unidade curricular tem um foco pedagógico na transmissão de ferramentas analíticas de avaliação e decisão em diferentes contextos de informação e estruturas de mercado de concorrência monopolística e oligopólio. Aborda ainda tópicos sobre mercado de trabalho, capital e investimento e equilíbrio geral, que são entendidos como ferramentas-chave para a realização de exercícios de avaliação da performance económica e aquisição futura de conhecimentos, aplicáveis em outras unidades curriculares subsequentes. Neste sentido, as metodologias de ensino têm uma natureza expositiva e aplicada, recorrendo à apresentação de conceitos, teorias e teoremas subjacentes, bem como de guiões de exercícios teóricos e analíticos, que são objeto de resolução monitorizada no decurso das aulas teórico-práticas. Será dada uma particular ênfase a cenários de monopólio, concorrência monopolística, concorrência imperfeita e oligopólio, bem como à demonstração das condições de modelos, teoremas ou corolários em estudo e à resolução analítica conducente à identificação de soluções de cariz microeconómico e política económica, em especial, as aplicáveis a estruturas de mercado e ao mercado de trabalho.

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

The curricular unit has a pedagogical focus on the transmission of analytical tools of evaluation and decision in different contexts of information and market structures of monopolistic competition and oligopoly. It also covers topics on labor market, capital and investment and general equilibrium, which are understood as key- tools for assessing economic performance and future acquisition of knowledge, applicable in other subsequent curricular units. In this sense, teaching methodologies have an expository and applied nature, resorting to the presentation of concepts, theories and underlying theorems, as well as theoretical and analytical exercises, which are object of monitored resolution during the theoretical-practical classes. Particular emphasis will be devoted to scenarios of monopoly, monopolistic competition, imperfect competition and oligopoly, as well as to the demonstration of the conditions of models, theorems or corollaries under study and to the analytical resolution leading to the identification of microeconomic solutions and economic policy, in particular, those applicable to market structures and the labor market.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Maças Nunes, P. (2009), Caderno de Exercícios Práticos de Microeconomia II, Universidade da Beira Interior, Covilhã, Portugal.
Mateus, A. e Mateus, M. (2002), Microeconomia – Exercícios e Casos Práticos, Volume I, 1ª Edição, Editorial Verbo, Lisboa – São Paulo.
Mateus, A. e Mateus, M. (2002), Microeconomia – Exercícios e Casos Práticos, Volume II, 1ª Edição, Editorial Verbo, Lisboa – São Paulo.
Pindyck, R. e Rubinfeld, D. (2002), Microeconomia, 5ª Edição, Makron Books, São Paulo, Brasil.
Mateus, A. e Mateus, M. (2001), Microeconomia, Volume I – Teoria e Aplicações, 1ª Edição, Editorial Verbo, Lisboa – São Paulo.
Mateus, A. e Mateus, M. (2001), Microeconomia, Volume II – Teoria e Aplicações, 1ª Edição, Editorial Verbo, Lisboa – São Paulo.
Ehrenberg, R. e Smith, R. (2000), A Moderna Economia do Trabalho – Teoria e Política Pública, 5ª Edição, Makron Books, São Paulo, Brasil.

Mapa IV - Análise e Processamento de Biossinais

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Análise e Processamento de Biossinais

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Biosignal Analysis and Processing

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

EE

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

T - 30; PL - 30

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

Opção 2, Opção 3

4.4.1.7. Observations:*Option 2, Option 3***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***António Eduardo Vitória do Espírito Santo (60)***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:***<sem resposta>***4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

Introduzir os alunos ao estudo do processamento e análise de sinais biomédicos
Estudar as principais ferramentas matemáticas de análise e processamento de sinal
Aplicar o processamento de sinais ao estudo de sinais biológicos
Desenvolver no aluno a capacidade de formular a análise de sistemas
Utilizar software adequado ao processamento de sinais

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

Introduce students to the study of processing and analysis of biomedical signals
Study the main mathematical tools for analysis and signal processing
Apply signal processing to the study of biological signals
Develop in the student the skills that he/she needs to formulate the analysis of systems
Use appropriate software for signal processing

4.4.5. Conteúdos programáticos:

I A Natureza dos sinais biomédicos: A razão de estudar o processamento de sinais biomédicos.
II Memória e correlação de sinais: Propriedades de operadores e transformações; conceitos de memória; energia; potência e auto-correlação de sinais.
III Resposta a impulso: Exemplo “controlo da glucose”; Convolução em sistemas LTI; Relação da resposta a impulso com a equação diferencial.
IV Resposta em frequência: Exemplo “transdutor para medir o ângulo de um joelho”; entrada sinusoidal para sistemas LTI contínuos e discretos no tempo; resposta em frequência de sistemas não lineares.
V Modelação de sistemas como uma soma de ondas sinusoidais contínuos: Exemplo “Análise do ritmo cardíaco”; séries de Fourier; A relação de Parseval para sinais periódicos; A transformada de Fourier e suas propriedades.
VI Resposta de filtros lineares contínuos a entradas arbitrárias: Exemplo introdutório; A transformada de Laplace directa e inversa; Propriedades da transformada de Laplace.

4.4.5. Syllabus:

I The nature of biomedical signals - The reasons for studying biomedical signal processing
II Memory and correlation: Properties of operators and transformations; Concepts of memory, energy, power and autocorrelation.
III Impulse response: Example “glucose control”; Convolution form of an LTI system; Convolution for continuous-time systems; Relation of impulse response to differential equation.
IV Frequency Response: Example “Transducers for measuring knee angle”; Sinusoidal inputs to continuous-time and discrete-time LTI systems; Frequency response of nonlinear systems.
V Modeling continuous-time signals as sums of sine waves: Introductory example – Example “Analysis of circadian rhythm”; Sinusoidal basis functions; The Fourier series; Parseval's relation for periodic signals; The Fourier Transform and their properties;
VI Responses of linear continuous-time filters to arbitrary inputs: Introductory example; Direct and inverse Laplace Transform; Properties of Laplace Transforms.

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

O conteúdo programático abordado por esta unidade curricular analisa e modela processos biológicos. A estudar estes procedimentos, o aluno desenvolve as capacidades necessárias e adquire as metodologias ao estudo do processamento e análise de sinais biomédicos.
A análise de processos biológicos tem por base ferramentas matemáticas adquiridas ao longo da unidade curricular. Todo o estudo tem por base a utilização de ferramentas informáticas que permitem o desenvolvimento de modelos numéricos e o seu posterior estudo e análise.

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

The programmatic content addressed by this curricular unit analyzes and model biological processes. Studying these procedures, the student develops the necessary skills and acquires the methodologies to the study of the processing and analysis of biomedical signals.
The analysis of biological processes is based on mathematical tools that are study at this curricular unit.
The whole study is based on the use of computer tools that allow the development of numerical models and their subsequent study and analysis.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As actividades de ensino-aprendizagem têm por base aulas teóricas e práticas. Para apoio às aulas encontra-se disponível a plataforma moodle onde são colocados materiais pedagógicos. O conteúdo programático é abordado no decorrer das aulas teóricas e complementado com exercícios ilustrativos. No decorrer das aulas práticas os alunos exercitam os conceitos introduzidos nas aulas teóricas através de exercícios resolvidos com o apoio de ferramentas informáticas. A participação dos alunos é incentivada. A aquisição dos conhecimentos por parte dos alunos é verificada ao longo do semestre através da realização de mini-testes e de testes escritos.

Ao longo do semestre realizam-se 6 mini-testes e 2 testes de avaliação escrita (Freq1 e Freq2).

*NotaFinal de Frequencia = 0.30*MiniTestes + 0.35*Freq1 + 0.35*Freq2*

*NotaFinal de Exame = 0.30*MiniTestes + 0.70*Exame*

Assiduidade mínima para a concessão de frequência e admissão a exame:

- Aulas teóricas - 85 %

- Aulas práticas - 85 %

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Teaching-learning activities are based on theoretical and practical classes. Classes are supported by an e-learning platform where teaching materials are placed. The program content is covered during the lectures and complemented by illustrative exercises. During the practical classes the students work out the concepts introduced in lectures through exercises solved with the help of informatics tools. Student's participation is encouraged throughout the process of teaching and learning. The acquisition of knowledge by students is evaluated throughout the semester with quizzes and written tests.

Throughout the semester are held 6 quizzes (MiniTestes) and two written tests (and Freq1 Freq2).

*Final classification = 0.30 * MiniTestes + 0.35 * + Freq1 + 0.35 * + Freq2*

*Final exam classification = 0.30 * MiniTestes + 0.7 * exam*

Minimum attendance for the granting of attendance and admission examination:

- Lectures - 85%

- Practical classes - 85%

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

As actividades de ensino-aprendizagem têm por base aulas teóricas e práticas. Para apoio às aulas encontra-se disponível a plataforma (e-conteúdos) onde são colocados materiais pedagógicos. O conteúdo programático é abordado no decorrer das aulas teóricas e complementado com exercícios ilustrativos. No decorrer das aulas práticas os alunos exercitam os conceitos introduzidos nas aulas teóricas através de exercícios resolvidos com o apoio de ferramentas informáticas. A participação dos alunos é incentivada ao longo de todo o processo de ensino aprendizagem. A aquisição dos conhecimentos por parte dos alunos é verificada ao longo do semestre através da realização de mini-testes e de testes escritos.

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

Teaching-learning activities are based on theoretical and practical classes. Classes are supported by an e-learning platform where teaching materials are placed. The program content is covered during the lectures and complemented by illustrative exercises. During the practical classes the students work out the concepts introduced in lectures through exercises solved with the help of informatics tools. Student's participation is encouraged throughout the process of teaching and learning. The acquisition of knowledge by students is evaluated throughout the semester with quizzes and written tests.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Biomedical Signal Processing and Signal Modeling, Eugene N. Bruce, Wiley, December 2000 (ISBN: 978-0-471-34540-4).

Biomedical Signal Analysis: A Case-Study Approach by Rangaraj M. Rangayyan, Wiley-IEEE Press, January 2002 (ISBN: 978-0-471-20811-2).

Biomedical Signal Processing Principles and Techniques, D. C. Reddy, McGraw-Hill, May 2005 (ISBN: 0071247742).

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

Programação II

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Programming II

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

I

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168

4.4.1.5. Horas de contacto:*T - 30; PL - 30***4.4.1.6. ECTS:**

6

4.4.1.7. Observações:*Opção 2, Opção 3***4.4.1.7. Observations:***Option 2, Option 3***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***Hugo Pedro Martins Carriço Proença, 60 h***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:***<sem resposta>***4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

Esta unidade curricular tem como objetivos ^[1]_[SEP] aprofundar os conhecimentos de programação (usando linguagem C), através do estudo de tópicos avançados (ficheiros binários e memória dinâmica); ^[2]_[SEP] adquirir conhecimentos sobre algoritmia, em particular algoritmos recursivos, de ordenação e de pesquisa, e de análise de complexidade dos algoritmos.

No final desta unidade curricular o estudante deve ser capaz de resolver problemas utilizando a linguagem de programação em C e os conceitos avançados estudados, assim como desenvolver competências de algoritmia, em particular em problemas que envolvam recursividade, ordenação e/ou pesquisa. ^[3]_[SEP] O estudante deve também ser capaz de analisar a eficiência dos algoritmos, através da respetiva análise de complexidade, de forma a usar os algoritmos mais eficientes para a resolução do problema em questão.

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

This curricular unit has as objectives ^[1]_[SEP] the improvement of the knowledge in Programming (using C) by studying advanced topics (Binary Files and Dynamic Memory); ^[2]_[SEP] to acquire knowledge about algorithms, in particular recursive, sorting, and searching algorithms. Evaluation of the complexity of algorithms.

At the end of this curricular unit, the student should be able to solve problems using C and he/she should understand the concepts studied. He/she should also have developed skills in using algorithms, particularly in problems involving recursion, sorting and/or searching. ^[3]_[SEP] The student must also be able to assess the efficiency of the algorithms by analyzing the technical complexity, in order to select the most efficient algorithms to solve any given problem.

4.4.5. Conteúdos programáticos:*1. Memória dinâmica**^[1]_[SEP] 2. Passagem de parâmetros a main**^[1]_[SEP] 3. O pré-processor do C**^[1]_[SEP] 4. Recursividade ^[1]_[SEP]**5. Algoritmos de ordenação: iterativa (Seleção e Bubblesort) e recursiva (Quicksort e Fusão)**6. Algoritmos de pesquisa: iterativa (exaustiva, sequencial e binária) e recursiva (binária) ^[1]_[SEP]**7. Tabelas de dispersão (Hash)**8. Análise de complexidade dos algoritmos**9. Ficheiros binários***4.4.5. Syllabus:***1. Dynamic memory**^[1]_[SEP] 2. Arguments passed on the Main ^[1]_[SEP]**3. The C preprocessor**^[1]_[SEP] 4. Recursion ^[1]_[SEP]**5. Sorting algorithms: selection sort, Bubble sort, Quick sort, and Merge sort**^[1]_[SEP] 6. Searching algorithms: Exhaustive search, Sequential search and Binary search**7. Hashing ^[1]_[SEP]*

8. Analysis of the complexity of Algorithms^{[1][2]}

9. Binary files

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

Esta unidade curricular tem como principais objetivos dotar o estudante de conhecimentos mais profundos de programação em C (tendo em conta os conhecimentos adquiridos anteriormente na unidade curricular Programação I), através da aprendizagem de alguns tópicos avançados, assim como dotá-lo de conhecimentos sobre algoritmia^{[1][2]}. Para tal, a estrutura da unidade curricular é composta essencialmente por duas partes. Uma onde são estudados alguns tópicos avançados de programação, tais como memória dinâmica (a partir dos conhecimentos adquiridos sobre apontadores) e ficheiros binários (a partir dos conhecimentos adquiridos sobre ficheiros de texto). Uma segunda fase onde são adquiridos conhecimentos sobre algoritmia, em particular algoritmos recursivos, de ordenação, de pesquisa e as tabelas de dispersão (Hash); desta fase faz também parte um capítulo dedicado à análise de complexidade dos algoritmos, para que o estudante possa avaliar a qualidade dos algoritmos e escolher os mais eficientes.

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

The main objectives of this curricular unit are to provide to the student with robust knowledge of Programming (using C) developing the information acquired in Programming I. He/she much learn advanced topics concerning Binary Files and Dynamic Memory and acquire knowledge about algorithms. The curricular unit is composed of two parts. In the first part, it is studied advanced topics of programming like dynamic memory (from pointers in Programming I) and binary files (from text files in Programming I). In the second part, the student acquires competences in the development of algorithms, particularly recursive algorithms, sort, search and hash tables. It is also included the analysis of the complexity of an algorithm.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Para que o estudante possa adquirir as competências exigidas para a Unidade Curricular, estão previstas - duas horas semanais de aulas teóricas para exposição dos conceitos teóricos e teórico-práticos, utilizando para o efeito a projeção de slides^{[1][2]}- duas horas semanais de práticas num dos laboratórios de desenvolvimento de software, nas quais o estudante irá aplicar e testar os conhecimentos adquiridos nas aulas teóricas resolvendo exercícios que constam em fichas criadas para tal, e realizar os trabalhos práticos relativos à avaliação da Unidade Curricular. - Os slides e as fichas são disponibilizados online, tal como toda a informação relativa ao funcionamento da Unidade Curricular.

Avaliação:

*^{[1][2]}Aprendizagem^{[1][2]}- Avaliação de conhecimentos (AC) - 12 valores (60%) em 1 teste^{[1][2]}- Trabalhos nas aulas práticas (TP) - 8 valores (40%) em 4 trabalhos (2 valores cada). - Classificação Final (CF): AC + TP^{[1][2]}
Exame^{[1][2]}- Admissão: TP >= 3.2 e CF >= 6^{[1][2]}- Nota Final: CF ou TP + Exame.*

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The learning activities consist of^{[1][2]}- Two hours of weekly lectures to expose theoretical concepts (the lecturer will use multimedia material, in particular slides)^{[1][2]}- Two hours per week of laboratory practices in programming, in which the student will implement and test the acquired theoretical knowledge to solve exercises (the exercises will be provided by the lecturer)^{[1][2]}- all material will be made available online.

Evaluation:

*Learning Period: - Written Test (WR) - 12 points (60%)^{[1][2]}- Evaluation of Knowledge on Practical Classes (PC) - 8 points (40%) divided by 4 times (2 points each). - Final Grade (CF): WR + PC.
^{[1][2]}Exam^{[1][2]}- Admission: PC >= 3.2 and CF >= 6^{[1][2]}- Exam - 12 points (60%)^{[1][2]}- Final Grade: PC + Exam.*

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

Para que o estudante seja capaz de resolver problemas utilizando a linguagem de programação em C aplicando os conceitos avançados estudados, assim como desenvolver competências de algoritmia, é importante que aprendam estes conceitos de uma forma gradual e faseada. Assim, são programadas aulas teóricas (T) onde é feita a exposição dos conceitos teóricos dos conteúdos programáticos e apresentados e explicados alguns exemplos padrão, e aulas prático e laboratoriais (PL) em salas de computadores em que os estudantes têm oportunidade de, com orientação do Professor, analisarem e desenvolverem pequenos trabalhos, permitindo que adquiram as competências necessárias ao longo do semestre para obter a aprovação.

A metodologia de ensino encontra-se centrada no aluno, que ao longo do semestre vai aprendendo e aplicando os conceitos adquiridos, com o seu trabalho autónomo e com a ajuda da equipa docente. Desta forma, é dada particular importância à avaliação contínua que permite que o aluno possa, ao longo do semestre, demonstrar faseadamente as competências adquiridas com o seu trabalho. Para tal, estão previstos quatro trabalhos práticos a realizar ao longo do semestre nas aulas prático e laboratoriais, os quais consistem na análise e implementação nos computadores de um problema envolvendo um ou mais tópicos do conteúdo programático, assim como um teste final que abrangerá todos os tópicos que compõem o conteúdo programático. O estudante deverá ainda no final do semestre ter demonstrado a aquisição de um mínimo de competências para poder ser admitido ao exame final, sendo também possível que este mesmo fique dispensado desse exame se demonstrou à equipa docente ter adquirido as competências julgadas suficientes e necessárias.

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

In order that the student will be able to solve problems using the advanced concepts studied (using C) and he/she will be able to develop competences in algorithm analysis, is important that such knowledge will be provided in a gradual way. Therefore, the Theoretical Classes (T) are used to expose the theoretical concepts defined in the program. Examples are also presented and explained. In the Practical and Laboratory Classes (PL), taught at computer labs, the students under the supervision of the Professor analyze and develop small projects, which allow them to develop the necessary competences.

The teaching methodology is centered in the student, which is learning and applying the acquired concepts by autonomous work and with support of the teachers. Therefore, the continuous evaluation permits that the student will demonstrate the acquired competences. This is done through four projects to be developed at different periods of the semester that consist in the practical resolution of a given problem focused in one or more of the topics of the program. In the end, there is also a written exam that covers all topics. The student must demonstrate to have acquired a minimal knowledge in order to be admitted to the final exam. If he/she has demonstrated to have acquired the necessary competences, he/she can be exempted of the final exam.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Principal/Main:

SEP- ""Estruturas de Dados e Algoritmos em C"", Tecnologias de Informação, António Manuel Adrego da Rocha, FCA - Editora Informática, 2008^[SEP]

- ""Linguagem C"", Luís Damas, FCA - Editora de Informática, 1999^[SEP]

Complementar/Complementary:

SEP- ""Algorithms in C, Parts 1-5 (Bundle): Fundamentals, Data Structures, Sorting, Searching, and Graph Algorithms"", By Robert Sedgewick, Addison-Wesley Professional; 3rd Edition, 2001

SEP- ""Elementos de Programação com C"", 3a Edição Actualizada e Aumentada, Pedro Guerreiro, FCA - Editora Informática, 2006

Mapa IV - Equações Diferenciais**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

Equações Diferenciais

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Differential Equations

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

M

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP - 60

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

Obrigatória.

4.4.1.7. Observations:

Compulsory.

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

Helder Soares Vilarinho (TP 60h)

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

Paulo Jorge dos Santos Pinto Rebelo

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

- (i) Apreender alguns conceitos e resultados fundamentais da teoria das equações diferenciais ordinárias e parciais;
- (ii) Utilizar resultados da teoria das equações diferenciais ordinárias para analisar equações ou sistemas de equações diferenciais ordinárias;
- (iii) Apreender e utilizar alguns resultados introdutórios da teoria das equações diferenciais parciais, com incidência nas equações das ondas, do calor e de Laplace;
- (iv) Analisar e compreender demonstrações matemáticas;
- (v) Comunicar, escrita e oralmente, utilizando linguagem matemática.

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

- (i) To understand concepts and fundamental results from the theory of ordinary and partial differential equations;
- (ii) To use results from ordinary differential equations theory to analyse equations or systems of ordinary differential equations;
- (iii) To understand and to use some results from partial differential equations theory, with incidence in the wave, heat and Laplace equations;
- (iv) To analyse and understand mathematical proofs;
- (v) To communicate using mathematical language, written and orally.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. Equações diferenciais
 - 1.1 Generalidades e interpretação geométrica
 - 1.2 Equações diferenciais com variáveis separáveis
 - 1.3 Equações diferenciais lineares escalares
 - 1.4 Equações diferenciais exatas
 - 1.5 Equações diferenciais de ordem superior
 - 1.6 Método dos coeficientes indeterminados
2. Equações diferenciais lineares
 - 2.1 Equações diferenciais lineares no plano
 - 2.2 Exponencial de matrizes
 - 2.3 Forma canónica de Jordan
 - 2.4 Fluxo de uma equação diferencial linear
 - 2.5 Equações diferenciais lineares não homogéneas
3. Equações diferenciais não lineares em \mathbb{R}^n
 - 3.1 Fluxo de uma equação diferencial não linear
 - 3.2 Existência e unicidade de solução
 - 3.3 Dependência contínua de condições iniciais e parâmetros
 - 3.4 Diferenciabilidade do fluxo
 - 3.5 Estabilidade local
4. Equações diferenciais parciais
 - 4.1 Equações lineares e princípio de sobreposição
 - 4.2 Equação do calor e método de Fourier
 - 4.3 Equação de Laplace
 - 4.4 Equação das ondas e fórmula de d'Alembert

4.4.5. Syllabus:

1. Differential equations
 - 1.1. Generalities and geometric interpretation
 - 1.2. Differential equations with separable variables
 - 1.3. Scalar linear differential equations
 - 1.4. Exact differential equations
 - 1.5. Differential equations of higher order
 - 1.6. Method of undetermined coefficients
2. Linear differential equations
 - 2.1. Linear differential equations in the plane
 - 2.2. Exponential of matrices
 - 2.3. Jordan canonical form
 - 2.4. Flow of a linear differential equation
 - 2.5. Non homogeneous linear differential equations
3. Non-linear differential equations in \mathbb{R}^n
 - 3.1. Flow of a non-linear differential equation
 - 3.2. Existence and uniqueness of solution
 - 3.3. Continuous dependence on initial conditions and parameters
 - 3.4. Differentiability of the flow
 - 3.5. Local stability
4. Partial differential equations
 - 4.1. Linear equation and principle of superposition
 - 4.2. Heat equation and Fourier method

4.3. Laplace equation

4.4. Wave equation and d'Alembert formula

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

Nos vários capítulos 1 a 3 são apresentados conceitos e resultados fundamentais da teoria de equações diferenciais ordinárias, incluindo alguns métodos de resolução das equações e alguns aspetos relacionados com a análise qualitativa – objetivos de aprendizagem (o.a.) (i) e (ii). No capítulo 4 introduzem-se as equações diferenciais parciais lineares e obtêm-se soluções das equações das ondas, do calor e de Laplace em casos simples – o.a. (iii). A maioria dos resultados discutidos serão demonstrados e para os outros será indicada a ideia subjacente à demonstração – o.a. (iv) - e será sempre promovido o uso correto de linguagem matemática – o.a. (v).

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

In chapters 1 to 3 concepts and fundamental results from ordinary differential equations theory are presented, including some methods for solving some equations e some aspects related to qualitative analysis of the equations – learning outcomes (l.o.) (i) and (ii). In chapter 4, linear partial differential equations are introduced and solutions to the wave equation, heat equation and Laplace equation are obtained – l.o. (iii). Most of the results discussed will be proved or the idea of the proof will be provided – l.o. (iv) - and will be promoted a correct use of mathematical language – l.o. (v).

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As aulas serão teórico-práticas. O docente apresenta os conceitos, enuncia os resultados, demonstrando muitos deles e discute exemplos de aplicação. O estudante é incentivado a participar nas aulas, interagindo com o professor e por vezes resolvendo exercícios e problemas. É ainda incentivado o trabalho autónomo, consistindo este maioritariamente na realização de exercícios e problemas que consistirão maioritariamente na aplicação dos resultados estudados ao estudo de equações particulares e na análise de diversos modelos matemáticos.

A avaliação realizada ao longo do período de ensino-aprendizagem consistirá em duas provas escritas, cada uma cotada para 10 valores. A classificação final será a soma das classificações das duas provas escritas. O estudante poderá ainda realizar um exame final cotado para 20 valores.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The classes will be theoretical-practical. The teacher introduces the concepts, presents the results, proving several among them, and discusses applications. The student is encouraged to participate in the classes, interacting with the teacher and sometimes solving exercises and problems. Autonomous work will be encouraged, consisting mainly in solving exercises and problems, often concerning equations or systems of equation originated in the applications. Assessment undertaken throughout the teaching-assessment period will consists in two written tests, each rated 10 values. The final classification will be the sum of the two written tests scores. The student can also do a final exam quoted for 20 values.

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

As aulas teórico-práticas permitem aos alunos a assimilação dos conceitos e resultados relacionados com a teoria de equações diferenciais e o contacto com classes importantes de equações às quais se aplica a teoria – objetivos de aprendizagem (o.a.) (i) a (iii). O incentivo à participação dos alunos nas aulas contribuirá para aumentar as suas capacidades de analisar e compreender os resultados e técnicas de demonstração, bem a forma de aplicar os resultados obtidos - o.a. (ii) a (iv). O estímulo ao trabalho autónomo, o qual deverá fazer surgir questões a abordar nas sessões de atendimento, contribuirá para o desenvolvimento da capacidade de analisar e compreender demonstrações, bem com da capacidade de comunicação utilizando linguagem matemática – o.a. (iv) e (v).

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

The theoretical-practical classes allow students to assimilate the concepts and results from the theory of differential equations and the contact with important classes of equations to which the theory is applicable – learning outcomes (l.o.) (i) to (iii). Encouraging the student's participation in classrooms will contribute to enhance their ability to analyse and understand demonstration techniques, as well as their ability to apply the results – l.o. (ii) to (iv). Stimulus to autonomous work, which should raise questions to be addressed in the attendance sessions, will contribute to the development of the capacity to analyse and understand proofs, as well the ability to communicate using mathematical language – l.o. (iv) and (v).

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- Arnold, V. (1974). *Equações Diferenciais Ordinárias*. Moscovo: Ed. Mir.
- Braun, M. (1993). *Differential Equations and Their Applications*. Springer.
- Chicone, C. (2006). *Ordinary Differential Equations with Applications*. Texts in Applied Mathematics, 34. (2ª edição). Springer.
- Doering, C. I., & Lopes, A. O. (2016). *Equações Diferenciais Ordinárias*. Coleção Matemática Universitária. (6ª edição). IMPA.
- Hirsch, M. W., Smale, S., & Devaney, R. L. (2013). *Differential Equations, Dynamical Systems, and an Introduction to Chaos*. (3ª edição). Elsevier Inc.

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:*Análise Numérica I***4.4.1.1. Title of curricular unit:***Numerical Analysis I***4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:***M***4.4.1.3. Duração:***Semestral***4.4.1.4. Horas de trabalho:***168***4.4.1.5. Horas de contacto:***TP - 60***4.4.1.6. ECTS:***6***4.4.1.7. Observações:***Obrigatória.***4.4.1.7. Observations:***Compulsory.***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***José Carlos Matos Duque (60h)***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:***Rui Manuel Pires Almeida***4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):***Com esta unidade curricular pretende-se que o aluno obtenha ferramentas numéricas que permitam resolver os mais variados problemas matemáticos.**No final desta unidade curricular o aluno deve ser capaz de:*

- a) analisar os erros e determinar a sua propagação;*
- b) determinar numericamente zeros de funções;*
- c) resolver numericamente sistemas de equações lineares;*
- d) interpolar e aproximar funções;*
- e) derivar e integrar funções numericamente;*
- f) resolver equações e sistemas de equações diferenciais por métodos numéricos;*
- g) perante um problema proposto, traduzi-lo de forma matemática, identificar os possíveis métodos para o resolver, escolher o mais adequado, implementá-lo e analisar de forma crítica os resultados.*

4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):*With this curricular unit it is intended that the student obtain numerical tools to solve the most varied mathematical problems.**At the end of this curricular unit the student should be able to:*

- a) analyze the errors and determine their propagation;*
- b) determine numerically zeros of functions;*
- c) solve numerically systems of linear equations;*
- d) interpolate and approximate functions;*
- e) derive and integrate functions numerically;*
- f) solve equations and systems of differential equations by numerical methods;*
- g) in face of a proposed problem, translate it mathematically, identify possible methods to solve it, choose the most appropriate, implement it and critically analyze the results.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1. Teoria de erros*
- 2. Equações não lineares*
- 3. Sistemas de equações lineares*

4. Interpolação e aproximação polinomial
5. Diferenciação e integração numérica
6. Equações diferenciais ordinárias com valores iniciais

4.4.5. Syllabus:

1. Theory of errors
2. Non-linear equations
3. Systems of linear equations
4. Interpolation and polynomial approximation
5. Differentiation and numerical integration
6. Ordinary differential equations with initial values

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

Os conteúdos programáticos da unidade curricular foram definidos em função dos objetivos e competências a serem adquiridos pelos alunos e enquadram-se dentro dos conteúdos normalmente lecionados em unidades curriculares equivalentes de outras universidades portuguesas e europeias.

Os objetivos definidos, traduzidos nas competências específicas a) – f), são alcançados através dos conteúdos programáticos 1. – 6. respetivamente, a competência específica g) é alcançada de forma transversal em todos os conteúdos programáticos.

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

The syllabus of the curricular unit was defined according to the objectives and competences to be acquired by the students and is related with the syllabus usually taught in equivalent curricular units of other Portuguese and European universities.

The defined objectives, translated in the specific competences a) - f), are reached through the programmatic contents 1. - 6. respectively, the specific competence g) is reached transversally in all the programmatic contents.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A unidade curricular funciona com aulas teórico-práticas. O docente expõe os conceitos, enuncia e demonstra resultados fundamentais, apresenta exemplos e aplicações. O funcionamento da UC em aulas teórico-práticas permite que sejam feitos exercícios imediatamente a seguir a cada conteúdo teórico, o que melhora a aquisição de conhecimentos e competências. Além disso o estudante é incentivado a participar nas aulas, a interagir com o professor e com os colegas, e a trabalhar autonomamente, sob a forma de realização de exercícios, formulação e resolução de problemas.

A avaliação contínua será feita através da realização de duas provas escritas cotadas de 8 valores cada uma e quatro mini testes a realizar no computador durante as aulas teórico-práticas, valendo 1 valor cada um. O estudante poderá ainda realizar um exame final cotado para 20 valores.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The course is structured in theoretical-practical classes. The teacher introduces the concepts, states and proves the fundamental results, provides examples and applications. The combination of the theory with the practice in the classes allows the exercises to be performed immediately after each theoretical content, which improves the acquisition of knowledge and skills. In addition, the student is encouraged to participate in classes, to interact with the teacher and with colleagues, and to work autonomously, in the form of exercises, formulation and problem solving.

The evaluation carried out during the teaching-learning process consists of two written tests quoted for 8 values each and four mini-tests to be carried out on the computer during the classes, quoted for 1 value each. The student can also take a final exam quoted for 20 values.

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

A estruturação das aulas faseadas em aulas teórico-práticas combina, em simultâneo, as duas vertentes e está baseada na exposição dos conceitos teóricos dos conteúdos programáticos, na apresentação de exemplos práticos de pequena dimensão e na aplicação por parte dos alunos dos conceitos teóricos através da resolução de problemas práticos adequados e ajustados a cada conteúdo programático. Esta estruturação permite, de uma forma proporcional e gradual, que os alunos adquiram as competências necessárias ao longo do semestre para obter a aprovação.

A metodologia de ensino encontra-se centrada no aluno, que ao longo do semestre vai aprendendo e aplicando os conceitos adquiridos, com o seu trabalho autónomo e com a ajuda da equipa docente. Desta forma, é dada particular importância à avaliação contínua que permite que o aluno possa, ao longo do semestre, demonstrar faseadamente as competências adquiridas com o seu trabalho.

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

The structuring of the classes phased in theoretical-practical classes combines, simultaneously, the two strands and is based on the exposition of the theoretical concepts of the programmatic contents, on the presentation of small practical examples and on the students' application of the theoretical concepts through practical problems that are appropriate and adjusted to each programmatic content. This structure allows, in a proportional and gradual way, that students acquire the necessary competences throughout the semester to obtain the approval.

The teaching methodology is centered on the student, who during the semester will learn and apply the concepts acquired, with their autonomous work and with the help of the teaching team. In this way, special importance is given to the continuous assessment that allows the student to demonstrate, in the semester, the skills acquired with his work.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- *H. Pina, "Métodos Numéricos", Mc GrawHill, Alfragide, 1995.*
- *M.R. Valença, "Métodos Numéricos", INIC, Braga, 1988.*
- *R.I. Burden & J.D. Faires & A.M. Burden, "Numerical Analysis 10e", PWSKent, Boston, 2015.*

Mapa IV - Estatística Matemática**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:***Estatística Matemática***4.4.1.1. Title of curricular unit:***Mathematical Statistics***4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:***M***4.4.1.3. Duração:***Semestral***4.4.1.4. Horas de trabalho:***168***4.4.1.5. Horas de contacto:***TP - 60***4.4.1.6. ECTS:***6***4.4.1.7. Observações:***Obrigatória.***4.4.1.7. Observations:***Compulsory.***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***Luísa Maria Jota Pereira Amaral (60)***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:***Ana Paula André Martins Fernandes***4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):***Identificar, desenvolver e aplicar modelos estatísticos para inferência; avaliar erros de inferência e de decisão estatísticas.***4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):***To identify, develop and apply statistical models for inference; evaluate statistical inference and decision errors.***4.4.5. Conteúdos programáticos:**

- 1. Modelos estatísticos: modelos exponenciais, distribuições e momentos empíricos, estatísticas exaustivas e completas, informação de Fisher e de Kullback.*
- 2. Estimação paramétrica: estimadores cênicos e convergentes, eficiência de um estimador, métodos de estimação pontual, estimação por regiões de confiança.*
- 3. Testes de hipóteses: significância e potência, convergência de sucessões de testes, teorema de Neyman-Pearson, testes de hipóteses múltiplas, testes de ajustamento.*
- 4. Modelo de regressão linear simples: estimadores dos mínimos quadrados, teste à linearidade do modelo no caso Normal.*

4.4.5. Syllabus:

- 1. Statistical models: exponential models, distributions and empirical moments, exhaustive and complete statistics, Fisher and Kullback information.*
- 2. Parametric estimation: centric and convergent estimators, estimator efficiency, point estimation methods, estimation by regions of confidence.*

3. Hypothesis tests: significance and power, convergence of successions of tests, Neyman-Pearson's theorem, multiple hypothesis tests, adjustment tests.

4. Simple linear regression model: least squares estimators, linearity test of the model in the Normal case.

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

A construção dos modelos estatísticos e a dedução das propriedades dos estimadores e das estatísticas permite o desenvolvimento e a avaliação de novos modelos adequados à resolução de problemas.

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

The construction of the statistical models and the deduction of the properties of the estimators and statistics allows the development and evaluation of new models suitable for solving problems.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Apresentação e dedução dos resultados, resolução de problemas de aplicação.

A avaliação periódica é realizada através de 2 testes escritos. A avaliação final de exame é um teste escrito.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Presentation and deduction of results, resolution of application problems.

The periodic evaluation is carried out through 2 written tests. The final exam evaluation is a written test.

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

A construção das diferentes ferramentas de Estatística Matemática e a dedução das respetivas propriedades, com resolução de problemas de aplicação, apresentada de forma colaborativa entre docente e discente, desenvolve a capacidade de extensão teórica e aplicação prática.

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

The construction of the different tools of Mathematical Statistics and the deduction of the respective properties, with resolution of application problems, presented collaboratively between teacher and student, develops the capacity for theoretical extension and practical application.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Cramer, H. (1991) Mathematical Methods of Statistics, Princeton Univ. Press.

Kiefer, J. C. (1987) Introduction to Statistical Inference, Springer-Verlag.

Lehmann, E.L. (1970) Testing Statistical Hypothesis, Wiley, New York.

Schervish, M. (1997) Theory of Statistics, Springer

Mapa IV - Introdução à Análise Funcional

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Introdução à Análise Funcional

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Introduction to Functional Analysis

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

M

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP - 60

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

Opção 4, Opção 5

4.4.1.7. Observations:*Option 4, Option 5***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***António Jorge Gomes Bento (60h)***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 unidade curricular são introduzidos os conceitos básicos de teoria da medida e integração e dos espaços de Banach e de Hilbert.**No final da unidade curricular os alunos deverão ser capazes de:*

- definir e usar espaços de medida;
- averiguar se uma função é mensurável;
- calcular o integral de Lebesgue e aplicar as suas principais propriedades;
- usar os espaços L^p ;
- identificar os principais espaços normados;
- aplicar a teoria dos espaços normados e dos espaços de Banach;
- identificar os principais espaços com produto interno;
- aplicar a teoria dos espaços com produto interno e dos espaços de Hilbert;
- conhecer e usar os principais teoremas de análise funcional: Hahn-Banach, Banach-Steinhaus, aplicação aberta e gráfico fechado.

4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):*In this curricular unit are introduced the basic concepts of measurement and integration theory and the Banach and Hilbert spaces.**At the end of the curricular unit the students should be able to:*

- define and use measure space;
- find out if a function is measurable;
- compute the Lebesgue integral and apply its main properties;
- use the L^p spaces;
- identify the main normed spaces;
- apply the theory of the normed spaces and of the Banach spaces;
- identify the main spaces with internal product;
- apply the theory of spaces with an inner product and of Hilbert spaces;
- know and use the main theorems of functional analysis: Hahn-Banach, Banach-Steinhaus, open application and closed graph.

4.4.5. Conteúdos programáticos:*1. Medida e Integração**1.1 Semi-álgebras, álgebras e σ -álgebras**1.2 Medidas**1.3 Teorema de extensão de Caratheodory**1.4 Funções mensuráveis**1.5 Integral de Lebesgue**1.6 Teoremas da convergência monótona e da convergência dominada**1.7 Espaços L^p* *1.8 Medida produto e teorema de Fubini**2. Espaços normados e espaços de Banach**2.1 Definição, propriedades elementares e exemplos**2.2 Operadores lineares contínuos**2.3 Funcionais e espaço dual**2.4 Espaços de Banach de dimensão finita**2.5 Compacidade e Lema de Riesz**3. Espaços com produto interno e espaços de Hilbert**3.1 Definição, propriedades elementares e exemplos**3.2 Complemento ortogonal e projeções ortogonais**3.3 Conjuntos ortonormados**3.4 Funcionais em espaços de Hilbert**3.5 Operador adjunto**4. Teoremas Fundamentais da Análise Funcional**4.1 Lema de Zorn**4.2 Teorema de Hahn-Banach**4.3 Operador dual*

- 4.4 Espaços reflexivos
- 4.5 Teorema de Banach-Steinhaus
- 4.6 Teoremas da aplicação aberta e do gráfico fechado

4.4.5. Syllabus:

1. *Measure and Integration*
 - 1.1 *Semi-algebras, algebras and σ -algebras*
 - 1.2 *Measures*
 - 1.3 *Caratheodory's extension theorem*
 - 1.4 *Measurable functions*
 - 1.5 *Lebesgue's integral*
 - 1.6 *Monotone convergence and dominated convergence theorems*
 - 1.7 *L^p spaces*
 - 1.8 *Product measure and Fubini's theorem*
2. *Normed spaces and Banach spaces*
 - 2.1 *Definition, elementary properties and examples*
 - 2.2 *Continuous linear operators*
 - 2.3 *Functionals and dual space*
 - 2.4 *Finite-dimensional Banach spaces*
 - 2.5 *Compactness and Riesz Lemma*
3. *Inner product spaces and Hilbert spaces*
 - 3.1 *Definition, elementary properties and examples*
 - 3.2 *Orthogonal complement and orthogonal projections*
 - 3.3 *Orthonormal sets*
 - 3.4 *Functionals in Hilbert spaces*
 - 3.5 *Adjoint operator*
4. *Fundamental theorems of Functional Analysis*
 - 4.1 *Zorn's Lemma*
 - 4.2 *Hahn-Banach theorem*
 - 4.3 *Dual operator*
 - 4.4 *Reflexive spaces*
 - 4.5 *Banach-Steinhaus theorem*
 - 4.6 *Open mapping theorem and closed graph theorem*

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

Os objetivos

- definir e usar espaços de medida;
 - averiguar se uma função é mensurável;
 - calcular o integral de Lebesgue e aplicar as suas principais propriedades;
 - usar os espaços L^p ;
- são referentes aos Capítulo 1 dos conteúdos programáticos.

Os objetivos

- identificar os principais espaços normados;
 - aplicar a teoria dos espaços normados e dos espaços de Banach;
- dizem respeito ao Capítulo 2 dos conteúdos programáticos.

Os objetivos

- identificar os principais espaços com produto interno;
 - aplicar a teoria dos espaços com produto interno e dos espaços de Hilbert;
- são do Capítulo 3 dos conteúdos programáticos.

O objetivo

- conhecer e usar os principais teorema de análise funcional: Hahn-Banach, Banach-Steinhaus, aplicação aberta e gráfico fechado
- refere-se ao Capítulo 4 dos conteúdos programáticos.

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

The objectives

- define and use measure space
 - find out if a function is measurable
 - compute the Lebesgue integral and apply its main properties
 - use the L^p spaces
- are from Chapter 1 of the syllabus.

The objectives

- identify the main normed spaces
 - apply the theory of the normed spaces and of the Banach spaces
- correspond to Chapter 2 of the syllabus.

The objectives

- identify the main spaces with internal product
 - apply the theory of spaces with an inner product and of Hilbert spaces
 are about Chapter 3 of the syllabus.

The objective

- know and use the main theorems of functional analysis: Hahn-Banach, Banach-Steinhaus, open application and closed graph
 concerns to the last chapter of the syllabus.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A unidade curricular funciona em aulas teórico-práticas. No início de cada aula o docente faz uma exposição teórica da matéria e de seguida os alunos resolvem exercícios de fichas de trabalho fornecidas pelo docente.

A avaliação contínua consiste em dois testes escritos de 10 valores cada um. Se T1 e T2 forem as notas do primeiro e do segundo testes, respectivamente, a classificação final é calculada da seguinte forma:

- a) se $T1+T2$ for inferior a 16,5, a classificação final será o arredondamento às unidades de $T1+T2$;
 b) se $T1+T2$ for superior ou igual a 16,5, terá de ser feita uma prova oral; à prova oral é dada uma nota PO entre 0 e 20 valores; a classificação final será o arredondamento às unidades de $\max\{16, (T1+T2+PO)/2\}$.

São aprovados os alunos com classificação final igual ou superior a 10 valores.

A avaliação por exame final consiste num exame cotado para 20 valores, sendo aprovados os alunos com nota igual ou superior a 10 valores.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The curricular unit is organized in theoretical-practical lessons. At the beginning of each lesson the teacher makes a theoretical presentation of the subject and then the students solve exercises from worksheets provided by the teacher.

The continuous evaluation consists of two written tests of 10 points each. If T1 and T2 are the grades of the first and second tests, respectively, the final grade is calculated as follows:

- a) if $T1+T2$ is less than 16.5, the final grade will be the rounding of $T1+T2$;
 b) if $T1+T2$ is greater than or equal to 16.5, the student must do an oral exam; to the oral exam is given a grade PO between 0 and 20 points; the final grade will be the rounding of $\max\{16, (T1+T2+PO)/2\}$.

The students with a final grade greater than or equal to 10 points will pass the course.

The evaluation by final exam consists of an exam with the maximum value of 20 points. The students with a classification greater than or equal to 10 points will pass the course.

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

O funcionamento da unidade curricular em aulas teórico-práticas permite que sejam feitos exercícios imediatamente a seguir a cada conteúdo teórico, o que melhora a aquisição de conhecimentos e competências. Além disso, os alunos são incentivados a trabalhar mais fora das horas de contacto com o docente, sendo para isso fornecidos, nas fichas de trabalho, exercícios que não são resolvidos nas aulas.

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

The organization of the curricular unit in theoretical-practical classes allows us to solve exercises immediately after each theoretical content and this improves the acquisition of knowledge and skills by the students. In addition, students are encouraged to work more at home and for this the working sheets have exercises that are not solved in the classes.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Bollobás, B. (1999). *Linear Analysis: An Introductory Course*. Cambridge University Press. 2th edition
 Conway, J. B. (2013). *A course in functional analysis*. Springer Science & Business Media.
 de Castro Jr, A. A. (2015). *Curso de teoria da medida. Instituto de Matemática Pura e Aplicada*. 3.ª edição
 Fernandez, P. J. (2015). *Medida e integração. Instituto de Matemática Pura e Aplicada*. 2.ª edição
 Giles, J. R., & Giles, J. R. (2000). *Introduction to the analysis of normed linear spaces*. Cambridge University Press.
 Kreyszig, E. (1978). *Introductory functional analysis with applications* New York: Wiley.
 Michel, A. N., & Herget, C. J. (2009). *Algebra and analysis for engineers and scientists*. Springer Science & Business Media.
 Rynne, B., & Youngson, M. A. (2011). *Análise Funcional Linear. Coleção Ensino da Ciência e Tecnologia*. IST Press.
 Taylor, A. E., & Lay, D. C. (1986). *Introduction to functional analysis*. Krieger Publishing
 Oliveira, César R. (2015). *Introdução à Análise Funcional*. IMPA

Mapa IV - Equações às Diferenças e Aplicações**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Equações às Diferenças e Aplicações***4.4.1.1. Title of curricular unit:***Difference Equations and Applications***4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:***M***4.4.1.3. Duração:***Semestral***4.4.1.4. Horas de trabalho:***168***4.4.1.5. Horas de contacto:***TP - 60***4.4.1.6. ECTS:***6***4.4.1.7. Observações:***Opção 4, Opção 5***4.4.1.7. Observations:***Option 4, Option 5***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***César Augusto Teixeira Marques da Silva (TP 60h)***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:***Sandra Cristina de Pinto Vaz***4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

- (i) Apreender alguns conceitos e resultados fundamentais da teoria das equações às diferenças;*
- (ii) Utilizar conceitos e resultados da teoria das equações às diferenças para analisar uma determinada equação ou sistema de equações às diferenças;*
- (iii) Reconhecer alguns exemplos de aplicação das equações às diferenças na modelação de fenómenos das ciências exatas e sociais.*
- (iv) Analisar e compreender demonstrações matemáticas;*
- (v) Comunicar, escrita e oralmente, utilizando linguagem matemática;*

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

- (i) To understand some concepts and fundamental results from the theory of difference equations;*
- (ii) To use concepts and results from the theory of difference equations to analyse some specific difference equation or system of difference equations;*
- (iii) To recognize some examples of application of difference equations in the modelling of some phenomena in the exact sciences and social sciences;*
- (iv) To analyse and understand mathematical proofs;*
- (v) To communicate using mathematical language, written and orally.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1. Esquemas iterativos*
 - 1.1 Operador deslocamento, operador diferença e operador anti-diferença*
 - 1.2 Comportamento assintótico e noções de estabilidade*
 - 1.3 Diagramas de teia de aranha*
 - 1.4 Pontos periódicos, bifurcação e caos*
 - 1.5 Teorema de Sharkovskii*
- 2. Equações às diferenças escalares*
 - 2.1 Equações lineares*
 - 2.2 Estabilidade através da linearização*
 - 2.3 Equações lineares de ordem superior*
 - 2.4 Estabilidade local e global*
- 3. Sistemas de equações às diferenças*

- 3.1 Sistemas de equações lineares
- 3.2 Estabilidade através da linearização
- 3.3 Sistemas planares
- 3.4 Discretização de equações diferenciais: métodos de Euler e de Runge-Kutta

4. Transformada Z

- 4.1 Definição e propriedades
- 4.2 Transformada inversa
- 4.3 Equações de tipo convolução
- 4.4 Relação com as transformadas de Laplace e Fourier

5. Métodos Assintóticos

- 5.1 Os teoremas de Poincaré e Perron
- 5.2 O teorema de Birkhoff
- 5.3 Generalizações dos Teoremas de Poincaré e Perron

4.4.5. Syllabus:

1. Iterative Schemes

- 1.1 Shift operator, difference operator and anti-difference operator
- 1.2 Asymptotic behaviour and notions of stability
- 1.3 Cobweb diagrams
- 1.4 Periodic points, bifurcation and chaos
- 1.5 Sharkovsky's Theorem

2. Scalar difference equations

- 2.1 Linear equations
- 2.2 Stability through linearization
- 2.3 Linear equations of higher order
- 2.4 Local and global stability

3. Systems of difference equations

- 3.1 Systems of linear equations
- 3.2 Stability through linearization
- 3.3 Planar systems
- 3.4 Discretization of differential equation: Euler and Runge-Kutta methods

4. Z transform

- 4.1 Definition and properties
- 4.2 Inverse transform
- 4.3 Equations of convolution type
- 4.4 Relation with Laplace and Fourier transforms

5. Asymptotic methods

- 5.1 Poincaré and Perron Theorems
- 5.2 Birkhoff's theorem
- 5.3 Generalizations of Poincaré and Perron Theorems

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

Nos vários capítulos são apresentados conceitos e resultados fundamentais da teoria de equações às diferenças, sendo em todos eles apresentados vários exemplos de aplicação da teoria a problemas das ciências exatas e sociais, os quais abundam na bibliografia selecionada – objetivos de aprendizagem (i) a (iii). A maioria dos resultados serão demonstrados e para os outros será indicada a ideia subjacente à demonstração - objetivos de aprendizagem (iv) e (v).

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

In the several chapters, fundamental concepts and results from the theory of difference equations are presented and, in all the chapters, several examples corresponding to applications of the theory to problems in exact sciences and social sciences, that are abundant in the selected bibliography, are discussed – learning outcomes (i) to (iii). The majority of the discussed results will be proved, and, for the others, it will be highlighted the idea of the proof. Moreover, in the interaction with the teacher, it will be promoted the correct use of oral and written mathematical language – learning outcomes (iv) and (v).

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As aulas serão teórico-práticas. O docente apresenta os conceitos, enuncia os resultados, demonstrando muitos deles e discute exemplos de aplicação. O estudante é incentivado a participar nas aulas, interagindo com o professor e por vezes resolvendo exercícios. É ainda incentivado o trabalho autónomo, consistindo este maioritariamente na realização de exercícios, muitos dos quais baseados em equações ou sistemas de equações que surgem nas aplicações e que complementam os que forem apresentados nas aulas. Na interação com o professor será promovido o aperfeiçoamento da utilização, escrita e oral, da linguagem matemática.

A avaliação realizada ao longo do período de ensino-aprendizagem consistirá em duas provas escritas, cada uma cotada para 10 valores. A classificação final será a soma das classificações das duas provas escritas. O estudante poderá ainda realizar um exame final cotado para 20 valores.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

All classes will be both Theoretical and Practical. The teacher introduces the concepts, presents the results, proving several among them, and discusses applications. The students can participate during classes, interacting with the teacher and sometimes solving problems. Autonomous work, consisting mainly in solving exercises, several of them concerning equations or systems of equation originated in the applications and complementing the ones presented in the classes will be promoted. Assessment undertaken throughout the teaching-assessment period will consist in two written tests, each rated 10 values. The final classification will be the sum of the two written tests scores. The student will also be able to a final exam quoted for 20 values.

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

As aulas teórico-práticas permitem aos alunos a assimilação dos conceitos e resultados relacionados com a teoria de equações às diferenças e o contacto com exemplos de aplicação da teoria, incluindo a dedução de alguns dos modelos apresentados – objetivos de aprendizagem (i) a (iii). O incentivo à participação dos alunos nas aulas contribuirá para aumentar as suas capacidades de analisar e compreender os resultados e técnicas de demonstração, bem como os vários exemplos – objetivo de aprendizagem (iv). O estímulo ao trabalho autónomo, o qual deverá fazer surgir questões a abordar nas sessões de atendimento, contribuirá para o desenvolvimento da capacidade de compreender, formular e analisar modelos com base em equações às diferenças, bem como da capacidade de utilizar a linguagem matemática – objetivos de aprendizagem (iii) e (v).

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

Classes that are both theoretical and practical allow the students to assimilate the concepts and results related to the theory of difference equations and the contact with examples of application of the theory, including the deduction of some of the presented models – learning outcomes (i) to (iii). The promotion of the participation of the students in the classes will contribute to increase their ability to analyze and understand the results and the techniques of proof, as well as the several examples – learning outcome (iv). The autonomous work will enhance the questions to address in the sessions devoted to answer doubts, will contribute to the development of the ability to understand, formulate and analyze models based on difference equations, as well as the ability to use mathematical language – learning outcomes (iii) and (v).

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- Agarwal, R.P. (1992). *Difference Equations and Inequalities*. New York: Marcel Dekker.
- Elaydi, S. (2005). *An Introduction to Difference Equations*. (3ª edição). Springer.
- Goldberg, S. (1986). *Introduction to Difference Equation*. New York: Dover.
- Kelley, W.G. & Peterson, A.C. (2000). *Difference Equations - An Introduction With Applications*. Academic Press.

Mapa IV - Otimização**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

Otimização

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Optimization

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

M

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP - 60

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

Opção 4, Opção 5

4.4.1.7. Observations:

Option 4, Option 5

4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):
Pedro Mendes Ferrão Simões Patrício (60)

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

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

- 1) *Distinguir conceitos elementares da Teoria de Grafos;*
- 2) *Modelar problemas em Programação Linear Inteira;*
- 3) *Balizar valores ótimos desconhecidos;*
- 4) *Diferenciar problemas de Optimização em Redes;*
- 5) *Modelar problemas em Redes;*
- 6) *Aplicar e distinguir algoritmos de Optimização em Redes;*
- 7) *Diferenciar problemas de Optimização Combinatória;*
- 8) *Aplicar e diferenciar heurísticas para problemas de Optimização Combinatória.*

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

- 1) *Distinguish basic concepts of Graph Theory;*
- 2) *Formulate problems in Integer Linear Programming;*
- 3) *Find upper and lower bounds for unknown optimal values;*
- 4) *Differentiate Network Optimization problems;*
- 5) *Formulate problems as networks;*
- 6) *Apply and distinguish Network Optimization algorithms;*
- 7) *Differentiate Combinatorial Optimization problems;*
- 8) *Apply and differentiate heuristics for Combinatorial Optimization problems.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

I. Introdução

- a) *Grafos e Redes: conceitos elementares*
- b) *Formulações em Programação Linear Inteira*
- c) *Relaxação Linear vs Heurísticas*

II. Optimização em Redes

a) *Problema do Caminho Mais Curto*

Definição e formulação

Princípio de optimalidade

Algoritmos de rótulos temporários e de rótulos definitivos

Aplicações

b) *Problema de Fluxo Máximo*

Definição e formulação

Princípio de optimalidade

Teorema de Fluxo Máximo/Corte de Capacidade Mínima

Algoritmo de Ford-Fulkerson

Casos particulares

Aplicações

c) *Problema de Fluxo de Custo Mínimo*

Definição e formulação

Algoritmo Simplex

Casos particulares

Aplicações

III. Optimização Combinatória

a) *Problema de Saco-Mochila*

Definição e formulação

Variantes e heurísticas

Aplicações

b) *Problema do Caixeiro Viajante e Problema do Carteiro-Chinês*

i. Definições e formulações

ii. Heurísticas

iii. Aplicações

c) *Problemas de Cobertura-Empacotamento, Problema de Partição e Problema de Localização*

i. Definições e formulações

ii. Heurísticas

iii. Aplicações

4.4.5. Syllabus:

I. Introduction

- a) *Graphs and Networks: basic concepts*
 - b) *Integer Linear Programming Formulations*
 - c) *Linear Relaxation vs Heuristics*
- II. Network Optimization*

- a) *Shortest Path Problem*
 - i. *Definition and formulation*
 - ii. *Optimality conditions*
 - iii. *Temporary and definitive labelling algorithms*
 - iv. *Applications*
- b) *Maximum Flow Problem*
 - i. *Definition and formulation*
 - ii. *Optimality conditions*
 - iii. *Minimum cut/maximum flow theorem*
 - iv. *Ford-Fulkerson algorithm*
 - v. *Particular cases*
 - vi. *Applications*
- c) *Minimum-cost Flow Problem*
 - i. *Definition and formulation*
 - ii. *Simplex Algorithm*
 - iii. *Particular cases*
 - iv. *Applications*
- III. *Combinatorial Optimization*
 - a) *Knapsack Problem*
 - i. *Definition and formulation*
 - ii. *Variants and heuristics*
 - iii. *Applications*
 - b) *Travelling Salesman Problem and Chinese Postman Problem*
 - i. *Definitions and formulations*
 - ii. *Heuristics*
 - iii. *Applications*
 - c) *Covering-Packing Problems, Districting Problem and Location Problem*
 - i. *Definitions and formulations*
 - ii. *Heuristics*
 - iii. *Applications*

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

*O capítulo I dos conteúdos programáticos visa os objectivos 1), 2) e 3).
O capítulo II visa os objectivos 4), 5) e 6).
O capítulo III visa os objectivos 7) e 8).
Globalmente, os conteúdos programáticos visam os objectivos 2), 3) e 5).*

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

*Chapter I is concerned with objectives 1), 2) and 3).
Chapter II is concerned with objectives 4), 5) and 6).
Chapter III is concerned with objectives 7) and 8).
In general terms, the syllabus is concerned with objectives 2), 3) and 5).*

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A metodologia de ensino baseia-se em aulas teórico-práticas. A parte teórica decorre com exposição do professor, acompanhada de exemplos, e com o diálogo com os alunos, a quem são fornecidas notas escritas pelo professor. A parte prática das aulas assenta na resolução de exercícios, tanto de forma acompanhada como autónoma. A avaliação realizada ao longo do período de ensino-aprendizagem consistirá em duas provas escritas. O estudante poderá ainda realizar um exame final.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The teaching methodology is based on theoretical-practical lessons. The theoretical part is carried out through the explanation of the subjects, accompanied by examples and dialogue with the students to whom written notes are provided. The practical part is based on the resolution of assignments both with guidance and autonomously. Assessment undertaken throughout the teaching-assessment period will consist of two written tests. The student will also be given the possibility of a final exam.

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

Dados os objectivos desta unidade curricular, a apresentação dos conteúdos nos moldes indicados no ponto anterior é adequada na medida em que se procura: i) motivar os conceitos fundamentais através de exemplos e/ou deduções analíticas, o que é abrangido nas notas fornecidas aos alunos; e ii) expor os alunos a desafios através da resolução de exercícios, com vista à assimilação dos mesmos conteúdos e, portanto, ao atingir dos objectivos correspondentes.

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

Given the objectives of this curricular unit, the presentation of the syllabus following the methodology described before is adequate in the sense that: i) the fundamental concepts are introduced with examples and/or analytical reasoning, and ii) students are exposed to challenges in their class and home assignments in order to attain the objectives.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- Ahuja, R., Magnanti, T., Orlin, J. (1993). *Network Flows: Theory, Algorithms, and Applications*. Pearson.
- Bazaraa, M., Jarvis, J., Sherali, H. (2010). *Linear Programming and Network Flows*. Wiley.
- Lawler, E. (1976, 2011). *Combinatorial Optimization: Networks and Matroids*. Dover.
- Papadimitriou, C., Steiglitz, K. (1998). *Combinatorial optimization: algorithms and complexity*. Dover.
- Wolsey, L. (1998). *Integer Programming*. Wiley.

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

Macroeconomia II

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Macroeconomics II

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

E

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

T - 30; TP - 30

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

Opção 4, Opção 5

4.4.1.7. Observations:

Option 4, Option 5

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

Pedro Cunha Neves (60 h)

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

<sem resposta>

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

A Macroeconomia II centra-se no estudo do lado da procura da macroeconomia.

Os estudantes devem ser capazes de:

- 1. Identificar os determinantes do Consumo, do Investimento, da Poupança e da Procura de Moeda;*
- 2. Resolver os problemas dos agentes económicos que consomem, investem, poupam e procuram moeda;*
- 3. Identificar os componentes da procura agregada;*
- 4. Resolver os modelos de macroeconomia de curto prazo e determinar o seu equilíbrio.*

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

Macroeconomics II focuses on the demand side of macroeconomics.

Students must be able to:

- 1. Identify the determinants of Consumption, Investment, Savings and Money Demand;*
- 2. Solve the problems of the agents that consume, save, invest and demand money;*
- 3. Identify the components of aggregate demand;*
- 4. Solve the short-run macroeconomic models and determine their equilibrium.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

PARTE I - INTRODUÇÃO

- 1. Conceitos básicos (atualizações e capitalizações simples, restrições orçamentais e representação gráfica, restrições orçamentais intertemporais).*

2. *Dados sobre agregados macroeconómicos e sua interpretação.*

PARTE II – MACROECONOMIA NEOCLÁSSICA

3. *Consumo e Poupança.*

4. *Investimento.*

5. *Economia Aberta: a relação entre Poupança e Investimento.*

6. *Procura de Moeda.*

PARTE III – MACROECONOMIA KEYNESIANA

7. *Modelo IS-LM.*

8. *Procura Agregada em Economia Fechada.*

9. *Economia Aberta: Regimes de Taxas de Câmbio e o modelo Mundel-Fleming.*

4.4.5. Syllabus:

PART I - INTRODUCTION

1. *Basic concepts (capitalizations and actualizations, budget restrictions and graphical representation, intertemporal budget restrictions).*

2. *Short-run data on macroeconomic aggregates and their interpretation.*

PART II – NEOCLASSICAL ECONOMICS

3. *Consumption and Savings.*

4. *Investment.*

5. *Open Economies: the relation between Savings and Investment.*

6. *Money Demand.*

PARTE III – KEYNESIAN ECONOMICS

7. *IS-LM Model.*

8. *Aggregate Demand.*

9. *Open Economies: Exchange Rate Regimes and the Mundel-Flemming model.*

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

Pretende-se perceber os determinantes de curto prazo dos principais agregados macroeconómicos. Primeiro, formaliza-se o problema intertemporal do consumidor e estudam-se as características do consumo e da poupança, com e sem gastos do Estado; dá-se relevância à equivalência Ricardiana, suas hipóteses e exceções. Estuda-se de seguida o investimento. Para isso: formaliza-se o problema da empresa e da família que investem; discute-se a validade empírica da taxa de juro e da taxa de depreciação como determinantes do investimento e mostra-se a importância de outros determinantes; modifica-se o modelo de forma a incluir novos determinantes, empiricamente relevantes, do investimento. De seguida, estuda-se a procura de moeda, formalizando o problema do agente que quer deter moeda e identificam-se os seus determinantes. Finalmente, introduz-se o modelo IS-LM: primeiro, em economia fechada, recordando-se os determinantes de cada uma das variáveis macroeconómicas; depois, em economia aberta.

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

The course aims at understanding the determinants of the short-run fluctuations for the main macroeconomics variables. The consumer intertemporal problem is formalized and the features of consumption and savings and government expenditures are studied; we emphasize the Ricardian Equivalence, its assumptions and the exceptions to its verification. Then, investment is studied: the problem of a firm and of a family that invest; the discussion of the empirical validity of the interest rate and the depreciation rate as determinants of investment and the importance of other determinants; the modification of the model in order to account for other, empirically relevant, determinants of investment. Money demand is studied through the setup of an agents' problem and the identification of the determinants of money demand. Finally, IS-LM models are presented: first, IS-LM model in a closed economy, recalling the determinants of each macroeconomic variable; then the IS-LM model in an open economy.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Esta unidade baseia-se essencialmente na resolução de problemas. A exposição teórica no início de cada capítulo é resumida. Esta exposição é sempre acompanhada de formalização matemática e da respetiva intuição económica. Depois passa-se à resolução dos exercícios que fazem parte do livro e dos cadernos. Estes exercícios são maioritariamente resolvidos na aula. No início de cada exercício, o docente explica os seus objetivos e as competências a adquirir. Um primeiro exercício de cada tipo é resolvido com uma forte intervenção do docente, desafiando os estudantes para sugestões. Depois, os estudantes resolvem os exercícios seguintes, com acompanhamento pelo docente. Quando necessário, o docente dá conselhos gerais à turma. A avaliação é feita por um teste intermédio com um peso de 40% na nota final e um teste final global com um peso de 60%. Aprovação com mais de 9.5 e acesso a exame com mais de 6.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

This course is based mostly on the resolution of problems. The theoretical exposition at the beginning of each chapter is synthetic. It will always be accompanied with mathematical formalization and the respective economic intuition. Then, we begin with the resolution of the exercises from the book and from the compilation materials. Most exercises are solved in classes. In the beginning of each exercise, the teacher explains its objectives and the skills to be acquired. The first exercise of each type is solved with a strong intervention from the teacher, calling for suggestions by students. Then, students solve the exercises by themselves with tutorial help from the teacher. When necessary, the teacher gives general advice in the class. Evaluation consists of an intermediate test weighting 40% and a final global test weighting 60%. A student is approved if she/he obtains at least 9.5 out of 20 and can access exams if she/he obtains at least 6 out of 20.

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

Com esta unidade curricular pretende-se que os estudantes compreendam o lado da procura da Macroeconomia. Para isso, há uma primeira parte onde cada variável é analisada através da formalização do problema de um agente económico. Só assim é possível perceber a origem dos determinantes de cada variável macroeconómica, com fundamentos microeconómicos. Existe uma quantidade de alterações possíveis que podem ser convertíveis em exercícios, que são úteis para entender os efeitos dos determinantes nas variáveis e também a agregação das quantidades individuais, pelo que se considera ser esta a melhor forma de acumular e sedimentar conhecimentos e competências. Outra característica interessante é a de que existe uma inter-relação significativa entre os conteúdos abordados nos diversos capítulos. Como exemplo, um agente que consome e poupa, pode também investir num ambiente onde existe Estado, que por sua vez pode financiar-se com impostos ou dívida. Isto permite que alguns dos exercícios incluam diversos temas, podendo contribuir decisivamente para a integração de conhecimentos. A última parte analisa modelos macroeconómicos agregados. Também nesta parte é verdade que existe uma quantidade de alterações possíveis que podem ser convertíveis em exercícios, pelo que se considera ser esta a melhor forma de acumular e sedimentar conhecimentos e competências. Verifica-se também uma inter-relação significativa entre os conteúdos dos capítulos desta parte e os dos capítulos anteriores, o que reforça a relevância dos exercícios de integração de conhecimentos. O trabalho extra-aula é incentivado, não só porque alguns dos exercícios são dados como trabalho de casa (cuja entrega é obrigatória, embora sem peso no apuramento da avaliação), mas também porque existe um livro de exercícios resolvidos, cobrindo toda a matéria. Em cada um dos temas explicam-se as condições teóricas que permitem que os modelos se comportem adequadamente relativamente aos dados (exemplos: alisamento do consumo, modelos de investimento). Esta relação dos modelos com a realidade empírica permite motivar os alunos para a aprendizagem e a aquisição de competências. Os testes avaliam as competências adquiridas, quer do ponto de vista técnico (resolução de problemas), quer ao nível da intuição económica (interpretação e discussão dos resultados obtidos), quer ainda da relação dos resultados com a realidade empírica

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

This course covers the demand side of Macroeconomics. In the first part of the course, each variable is analyzed through the formalization of the agent's problem. This is essential to understand the determinants of each macroeconomic variable, with microeconomic foundations. There is an amount of modifications to the initial benchmark problems in order to understand the effects the determinants on each macroeconomic variable and also the aggregation of individual quantities. Thus, the best way to understand the analyzed problems is through the resolution of exercises. Another interesting feature is that there is an interplay between the contents of different chapters. As an example, the agent that consumes and saves can also invest in an environment with government, which, by its turn, can be funded with taxes or debt. This means that some exercises are built including several different topics, thus contributing to skills integration. The last part of the course analyses the short-run aggregated macroeconomic models. Also in this part, it is possible to elaborate an amount of exercises highlighting the changes that can occur in the economy setup and also to analyze policy effects. Exercises are built in order to integrate the skills of this part and the skills of the previous chapters. Homework is also encouraged, not only because some of the problems are in fact left as homeworks (with mandatory return to the teacher, although not counting to the final grade) but also because there is a book containing solved exercises that cover all the chapters. In each topic, the assumptions needed in the models to replicate well known empirical data (e.g. consumption smoothing and investment behavior) are explained. This relationship between models and data contribute decisively to motivate students to achieve the required skills. The written tests evaluate the acquisition of technical skills (problem resolution), the skill to use economic intuition (interpretation and discussion of the results), and the skill to relate the results with the empirical data.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

*Burda, M. and C. Wyplosz (2017), Macroeconomics: An European Text, 7th Edition, Oxford University Press.
Abel, A., B. Bernanke and D. Croushore (2017), Macroeconomics, 9th Edition, Pearson.
Teixeira, A., S. Silva, A. Ribeiro and V. Carvalho (2016), Fundamentos Microeconómicos da Macroeconomia, 4ª Edição, Livraria Vida Económica.
Sequeira, T., P.C. Neves and M.S. Santos (2018), Macroeconomia – Exercícios, Edições Sílabo.*

Mapa IV - Microeconomia III**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

Microeconomia III

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Microeconomics III

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

E

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

4.4.1.5. Horas de contacto:*T - 30; TP - 30***4.4.1.6. ECTS:**

6

4.4.1.7. Observações:*Opção 4, Opção 5***4.4.1.7. Observations:***Option 4, Option 5***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***António Manuel Cardoso Marques (60h)***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 objectivos da unidade curricular (UC) são:*

- Consolidar o conhecimento das UCs precedentes na área de microeconomia;
- Familiarizar os estudantes com os instrumentos de teoria dos jogos, ilustrando os conceitos teóricos com aplicações microeconómicas (estudos de caso), no pressuposto de informação completa;
- Construir quadros de trabalho teóricos que capturem os elementos fundamentais de uma interação estratégica entre agentes microeconómicos;
- Entender como é repartido o excedente em processos de negociação entre empresas.

O estudante adquire competências para analisar interações, cooperativas ou concorrenciais, onde os agentes económicos sabem que o resultado das suas acções está dependente delas próprias, mas também das acções tomadas pelos outros agentes e do momento da decisão. No final da UC o estudante deve ser capaz de explicar como a interação entre empresas provoca equilíbrios estáveis.

4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):*This curricular unit (CU) is intended to:*

- Strengthen the knowledge from the microeconomics courses;
- Acquaint the students with the tools of game theory, illustrating the theoretical concepts with microeconomic applications (case studies), always on the complete information usage;
- Formulate theoretical frameworks that capture the fundamental elements of the strategic interaction among microeconomic agents;
- Understanding how the surplus is distributed from the negotiation processes among firms.

The student acquires skills to analyze interactions, cooperative or competitive, where economic agents know that the result of their actions is dependent on its own, but also it is dependent of the actions taken by other agents and the timing of the decision. At the end of the CU the student should be able to explain how the interaction between firms causes stable equilibriums.

4.4.5. Conteúdos programáticos:*.Elementos básicos de um jogo**1.1 - Tipos de Jogos**1.2 - Formas de Representação estratégica e extensiva**1.3 - Conceitos de Equilíbrio**1.4 - Jogos cooperativos e não cooperativos**2. Jogos Estáticos com Informação Completa**2.1- Estratégias dominantes e dominadas**2.2 - Jogos de Soma Nula e Soma Constante**2.3- Estratégias Puras e Mistas**2.4- Eliminação Iterativa Estratégias Estritamente Dominadas**2.5- Motivações e Definição de Equilíbrio de Nash**3. Aplicações**3.1 - O jogo de duopólio de Cournot**3.2 - Propriedades do Equilíbrio de Nash-Cournot**3.3 - O jogo de duopólio de Bertrand**3.4 - O jogo de localização de Hotelling**4. Jogos Dinâmicos com Informação Completa**4.1- Equilíbrio de Nash e Backward Induction.**4.2- Credibilidade das Ameaças*

4.3- Movimentação Simultânea, Subjogos e Equilíbrio Perfeito de Subjogo**5. Aplicações****5.1- O jogo de duopólio de Stackelberg****5.2- Jogos repetidos em tempo finite e infinito****5.3- Leilões: Americano, Holandês e Inglês****5.3- Negociação, com e sem impaciência****4.4.5. Syllabus:****1. Basic concepts of a game****1.1 – Types of games****1.2 – Strategic and extensive-forms games****1.3 – Equilibrium concepts****1.4 – Cooperative and non-cooperative game theory****2. Static games with complete information****2.1- Dominant and dominated strategies****2.2- Constant and null-sum games****2.3- Pure and mixed strategies****2.4- Iterated elimination of dominated strategies****2.5- Nash Equilibrium: Motivation and definition****3. Applications****3.1 – The Cournot's duopoly game****3.2 – Characteristics of Nash-Cournot equilibrium****3.3 – The Bertrand's duopoly game****3.4 – The Hotelling's location game****4. Dynamic games with complete information****4.1- Nash equilibrium and Backward Induction****4.2- Credibility of the threats****4.3- Simultaneous movements, subgames and subgame-perfect equilibrium****5. Applications****5.1- The Stackelberg's duopoly model****5.2- Repeated games: finite and infinite time****5.2- Auctions: English, Dutch and one-shot****5.3- Negotiation with and without impatience****4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

A UC fornece as ferramentas necessárias para atingir os objetivos. No capítulo 1 introduzem-se noções básicas de teoria dos jogos. O capítulo 2 está focado nas noções de melhor resposta e de dominância. Em conjunto com o capítulo 3, pretende consolidar conhecimentos precedentes, nomeadamente pela compreensão da importância das decisões simultâneas e do domínio da informação. Analisam-se os modelos de Cournot, Bertrand e Hotelling. Resolve-se o paradoxo de Bertrand, através da demonstração do papel da interacção estratégica e da dependência de payoff. Os capítulos 4 e 5 permitem perceber as consequências das decisões sequenciais, bem como antecipar resultados prováveis de interacções, nomeadamente pelo processo de backward induction. Analisam-se jogos repetidos, em tempo finito e infinito com penalizações de desvios. As aplicações de leilões e negociação, com e sem impaciência, permitem avaliar a repartição de excedentes, de acordo com o nível de impaciência e com o poder de mercado.

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

The CU provides the students the essential tools to achieve the objectives. In the first chapter elementary notions of game theory are introduced. Chapter 2 focuses on the notions of best response and dominance. Both the importance of simultaneous decisions and of the information domain are analyzed in chapter 2 and 3. Applications of Cournot, Bertrand and Hotelling models are provided. The Bertrand paradox is explained by demonstrating the role of strategic interaction and payoff interdependency. Chapters 4 and 5 allow realizing the consequences of sequential decisions, and anticipating likely outcomes of interactions, notably by backward induction process. Repeated games are also analyzed, both in finite and infinite time assuming penalties for deviations. The applications of auctions and negotiation, with and without impatience, allow focus on the partition of the surplus, in accordance with the level of impatience and the market power.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

O ensino é presencial, com aulas teórico-práticas. Nestas, os alunos são convidados a interagir com o docente e com os colegas na resolução de exercícios. Promovem-se exercícios de simulação, analisam-se aplicações, bem como definem-se fichas de trabalho individuais, baseados nos exercícios disponibilizados pelo docente, para resolução em casa. O empenho nesses exercícios será tido em consideração em uma das componentes da avaliação. As actividades de aprendizagem incluem ainda horas regulares dedicadas ao atendimento, atendimento por marcação e actividades e-learning e atendimento por email.

A avaliação contínua é uma média ponderada de três componentes: Dois testes de avaliação, com ponderação de 0.4 e 0.5, respectivamente. A qualidade da participação em aula e empenho nos trabalhos tem ponderação de 0.1. A não admissão a exame implica uma classificação inferior a 6val na avaliação contínua, ou em situações anómalas de cópia.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

he teaching method is face-to-face, with lectures both theoretical and practical. Accordingly, students are invited to interact with the teacher and with colleagues in the resolution of the exercises. Planned applications, simulations and exercises are realized. Based on the exercises provided by the teacher, the students are invited to solve worksheets at

home. The commitment to these exercises will be taken into account in one of the components of the evaluation. Learning activities include planned office hours, schedule meetings and e-learning activities, and email. The continuous assessment is a weighted average of three components: Two written tests, at the middle and end of the semester, with weighting of 0.4 and 0.5 of the final grade respectively. The quality of class participation and commitment in the work has weighting of 0.1. The non-admission exam involves a less than 6 val classification on continuous assessment, or plagiarism practices.

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

A aprendizagem do ensino ministrado é efectuada em função dos objectivos e competências a adquirir na UC. As aulas apoiam-se na bibliografia de referência e num conjunto de exercícios de análise da interacção estratégica entre empresas. As simulações de interacção estratégica em sala procuram concretizar o resultado provável de cada interacção, evidenciando o resultado de interacções cooperativas e não-cooperativas. Promovem-se comparações de resultados obtidos pelos diferentes modelos microeconómicos das UCs precedentes, com particular enfoque no momento da decisão de cada agente económico. O método de exposição e de resolução de exercícios de aplicação procura estimular a compreensão dos problemas relacionados com interacção das empresas nos mercados reais. Além disso permite discutir as consequências da repetição de interacções entre empresas, dos leilões e do processo de negociação.

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

The teaching methodologies are in accordance with the objectives and competencies to be acquired at the CU. The classes are based on the bibliography and on a set of exercises to analyze the strategic interaction between firms. The simulations strategic interaction carried out in the classroom pursue to confirm the likely outcome of each interaction, highlighting the outcome of cooperative and non-cooperative interactions. Comparisons of results among different microeconomic models of the preceding UCs are stimulated, with particular focus on the timing each economic agent decides. The method of exposure and resolution of exercises aims encourage the understanding of the problems related to interaction of firms in real markets. Moreover, it allows discussing the consequences of repeated interactions, auctions and negotiations. The evaluation consists of both writing tests and the commitment and quality of the intervention in the classroom.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

*Bierman, H. Scott and L. Fernandez (1998), Game Theory with Economic Applications, Addison - Wesley, 2nd ed.
Carmichael, Fiona (2005), A Guide to Game Theory, Prentice Hall – Financial Times.
Chiang, A. (1983) Matemática para Economistas, São Paulo, Mcgraw-Hill.
Dixit, Avinash and Susan Skeath (2004), Games of Strategy, 2nd ed., New York: W.W. Norton & Company.
Gibbons, R. (1992), A Primer in Game Theory, Harvester Wheatsheaf, Hampshire.
Marques, A. (2017). Microeconomia III – Caderno de exercícios, UBI.
Mateus, A. e Mateus, M. (2001), Microeconomia - Teoria e Aplicações, Volume II, Verbo.
Mateus, A. e Mateus, M. (2002), Microeconomia - Exercícios e Casos Práticos, Volume II, Verbo.
Marques, A.; Macedo, D.; Pereira, D.; Leal, P.; Neves, S. (2018) Economia Industrial: Teoria e Prática – abordagem estratégica com Teoria dos jogos, Almedina, Coimbra.
Pindyck, R. and Rubinfeld. D. (2001), Microeconomics, Prentice-Hall, 5th ed., New Jersey.*

Mapa IV - Econometria I

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Econometria I

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Econometrics I

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

E

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP - 60

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:*Opção 4, Opção 5***4.4.1.7. Observations:***Option 4, Option 5***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***António Manuel Cardoso Marques (30h)***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:***Tiago Jorge Lopes Afonso (30h)***4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):***Aprender os fundamentos da econometria.**Aprender a identificar, estimar e usar o modelo linear simples, geral e não linear**aprender a fazer testes de significância estatística dos parâmetros e da regressão global.**Aprender a usar estes modelos para fins previsionais (por pontos e intervalos de confiança).**Aprender as implicações da não observação das condições iniciais do modelo e como as contornar.***4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):***To learn the essential/fundamentals of econometrics.**To learn how to identify, estimate and use the simple and multiple linear models and also the non-linear model.**To learn how to do statistical significance and other statistical tests related to the parameters of an estimated model.**To learn how to use the econometric models for forecasting ends (point and confidence intervals).**To learn the implications of the non-observation of the initial (basic) conditions and how to solve the problem.***4.4.5. Conteúdos programáticos:***1- Introdução: Economia, Modelos econométricos e Fundamentos da Econometria.**2- Modelo Linear com Duas Variáveis.**3- Modelo Linear Geral.**4- Modelo Não Linear (linearizável ou não).**5- Multicolinearidade entre variáveis explicativas.**6- Heterocedasticidade entre os Erros Aleatórios.**7- Autocorrelação entre os Erros Aleatórios.***4.4.5. Syllabus:***1- Introduction: economics, econometric models and the fundamentals of Econometrics**2- Two Variable Linear Model.**3- General Linear Model.**4- Non Linear Model (linearizable or not).**5- Multicollinearity of the explicative variables.**6- Heterocedasticity among the Random Errors.**7- Autocorrelation among the Random Errors.***4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:***Para aprender os fundamentos da econometria temos um capítulo inicial em que se fala da economia, de modelos económicos e do interesse dos modelos econométricos para análise e previsão de grandezas económicas.**Para aprender a identificar, estimar e usar os modelos linear simples, geral e não linear temos 2, 3 e 4.**Para aprender a fazer testes de significância estatística dos parâmetros e da regressão global usamos métodos e estatísticas especializadas ministradas nos capítulos 2 e 3.**Para aprender a usar estes modelos para fins previsionais utilizamos métodos e técnicas e/ou estatísticas especializadas ministradas nos capítulos 2 e 3.**Para aprender as implicações da não observação das condições iniciais do modelo e como as contornar aprendemos a lidar com a questão da multicolinearidade entre variáveis explicativas (cap. 5), com a Heterocedasticidade entre os Erros Aleatórios (cap 6) e com a Autocorrelação entre os Erros Aleatórios (cap 7).***4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:***To learn the econometric fundamentals we have an initial chapter where we talk about economics, economic and econometric models used for analysis and forecasting economic variables or magnitudes.**To learn how to identify, estimate and use the two variable and general linear models and the nonlinear model we have 3 specialized chapters (2, 3 and 4).**To learn how to do statistical significance tests and others for the parameters of the studied models we use specialized methods and statistics learned in chapters ns 2 and 3.**To learn how to use these models for forecasting ends we utilize methods and techniques and/or statistics studied in chapters ns 2 and 3.**To learn how the implications of the non-observation of the initial conditions of the model and how to circumvent the*

problem we learn how to circumvent the multicollinearity among explicative variables (chap. 5), the Heterocedasticity of the errors (chap 6) and the Autocorrelation of the Errors (chap 7).

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aula de exposição teórica inicial com aplicação imediata do que se ensinou com recurso ou não a apoio informático no momento. Utilização de software econométrico adequado (Excel, Eviews, Stata e Gretl) para estimar e testar matérias mais complexas ilustrar algumas matérias designadamente as mais complicadas de estimar e testar. Usualmente os tópicos estudados nas aulas são aplicados com dados reais (WorldBank, Eurostat, INE, Banco de Portugal)

FALTA AVALIAÇÃO

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The class begins with a theoretical exposition with an immediate application of what was learned before recurring or not to informatics help. Utilization of adequate econometric software (Excel, Eviews, Stata and Gretl) to illustrate some of the materials, namely, the more complicated to compute and test. Usually the topics studied in the classes are applied with real data (WorldBank, Eurostat, INE, Banco de Portugal).

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

O método expositivo-aplicativo (teórico-prático) seguido da exemplificação das matérias pré lecionadas, sempre aplicadas à economia, com recursos a folhas de cálculo e software econométrico parece ser o mais adequado para que os alunos adquiram as técnicas que se pretende transmitir. A resolução de casos práticos de economia com recurso a bases de dados e à estimação de modelos específicos usando os recursos econométricos referidos revela-se particularmente do agrado dos alunos, o que facilita a transmissão de conhecimentos.

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

The explicative-applicative method followed by the exemplification of a priori learned materials, always applied to economics, and using spreadsheet and econometric software seems to be the more adequate to reach the main objectives of the subject. The execution of real-world examples by recurring to the database and to the estimation of specific models using econometric resources is particularly appealing for students, reason why is facilitating the transmission of knowledge.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

*Asteriou, Dimitrios e Hall, Stephen G., Applied Econometrics, Palgrave Macmilan, 2nd Ed., 2011.
Gujarati, Damodar N. e Porter, Dawn C., Basic Econometrics, 5th ed., McGraw-Hill/Irwin, 2009.
Wooldridge, Jeffrey M., Introductory econometrics: a modern approach. 6th ed., South-Western/Cengage Learning, 2016.*

Mapa IV - Inteligência Artificial

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Inteligência Artificial

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Artificial Intelligence

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

I

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

T - 30; PL - 30

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

Opção 4, Opção 5

4.4.1.7. Observations:

Option 4, Option 5

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

Luís Filipe Barbosa de Almeida Alexandre, 60h

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

<sem resposta>

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

Pretende-se com esta UC que os estudantes adquiram conhecimentos, aptidões e competências na área da inteligência artificial, mais concretamente, que dominem os conceitos modelos e a linguagem relativos à maioria dos tópicos listados nos conteúdos programáticos.

Devem ser capazes de explicar os modelos e as ideias chave destas áreas e implementar os seus principais algoritmos. Devem saber resolver problemas tirando partido dos métodos desta UC.

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

The main goal of this CU is that the students acquire knowledge and competences in the area of artificial intelligence: they should master the models and language related to the majority of the topics listed in the syllabus.

They should be able to explain the key models and ideas in each of these areas and implement their main algorithms. They should also be able to solve problems using the methods from this CU

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1. Introdução à IA*
- 2. Resolução de problemas*
- 3. Representação de conhecimento*
- 4. Conhecimento incerto e raciocínio*
- 5. Aprendizagem*
- 6. Aplicações: perceção, robótica e processamento da linguagem natural.*

4.4.5. Syllabus:

- 1. Introduction to AI*
- 2. Problem solving using AI*
- 3. Knowledge Representation*
- 4. Knowledge Representation and Reasoning*
- 5. Learning*
- 6. Applications: perception, robotics and natural language processing.*

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

Dado que o objetivo desta UC consiste em transmitir conhecimentos ao estudante de forma a que este conheça os conceitos, os modelos e a linguagem associados à inteligência artificial e deste modo possa usar estes conhecimentos na resolução de problemas, os conteúdos programáticos focam as matérias básicas da área. Julgamos que deste modo se obtém um curso coerente com os objetivos dado que um estudante que aprenda estes conceitos e os saiba aplicar consegue resolver problemas através da construção de soluções baseadas nos conceitos desta área.

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

Since the goal of this CU is to teach the students the concepts, models and language adequate to problem solving using artificial intelligence, the syllabus consists on the basic topics from this area.

We believe that this syllabus is coherent with the CU's goals since any student that masters these topics is able to solve problems using solutions based on the concepts and methods of artificial intelligence.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A UC contempla aulas teóricas e aulas práticas laboratoriais. Nas aulas teóricas o docente apresenta os tópicos do programa e discute os seus conteúdos com os estudantes. Nas aulas práticas os estudantes resolvem problemas propostos usando a linguagem Python.

A avaliação é feita através de 2 testes teóricos e um trabalho prático. A nota final é obtida considerando 70% para o resultado dos testes teóricos e 30% para o trabalho prático. A nota final pode ser aumentada indo a exame.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

This CU has both theoretical and practical laboratory classes. In the theoretical classes, the teacher presents the syllabus topics and discusses them with the students. In the practical classes, the students solve proposed problems using the Python programming language.

The assessment is made using 2 theoretical tests and a practical project. The final grade is obtained considering 70% of the grade in the theoretical tests and 30% in the practical project. The students can raise their grades by obtaining an improved result in a final exam.

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

No final desta UC o estudante deve conhecer os conceitos, os modelos e a linguagem associados à inteligência artificial e usar esse conhecimento na resolução de problemas.

Para cumprir este objetivo estão previstas as seguintes atividades: nas aulas teóricas o docente apresenta as matérias e discute os seus detalhes com os alunos; nas aulas práticas são utilizados computadores onde são resolvidos exercícios propostos que envolvem as matérias apresentadas e discutidas nas aulas teóricas.

A avaliação utilizada na UC é também ela coerente com os objetivos dado que ao ser efetuada uma avaliação contínua com recurso a duas frequências e a um projeto prático, que naturalmente incidem sobre os tópicos apresentados na UC até ao momento, estamos a avaliar o progresso do aluno em termos das competências adquiridas ao longo do semestre. Os testes teóricos avaliam o progresso na aquisição de conhecimentos sob um ângulo mais abstrato ao passo que o trabalho prático permite avaliar os progressos efetuados no âmbito da resolução de problemas com recurso aos conceitos adquiridos.

Os alunos têm a possibilidade de melhorar a nota que obtiveram por avaliação contínua submetendo-se ao exame no final do semestre, ficando a contar a melhor nota entre as duas. No entanto, para tal, têm de ter obtido uma nota mínima na avaliação contínua.

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

At the end of this CU the student should know the concepts, models and language adequate to problem solving using artificial intelligence.

To achieve this goal the following activities are scheduled: in the theoretical classes the teacher presents the course materials and discusses its details with the students; in the practical classes, computers are used to solve the proposed exercises that concern the course materials presented at the theoretical classes.

By focusing on the more abstract angle of the syllabus topics in the theoretical classes and on its practical applications during the practical classes the students are able to learn how to solve problems using that knowledge. The students are graded using two theoretical tests and a practical project, that are focused on the topics presented so far in the course. By doing this, we are evaluating the student's progress in terms of the acquisition of competences. The theoretical tests are used to evaluate the knowledge acquisition at a more abstract level while the practical project is used to evaluate the learning progress on problem resolution using the acquired knowledge.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

The teacher's classroom slides.

S. Russell, P. Norvig, Artificial Intelligence - A Modern Approach, 3rd Ed., 2009.

Simon O. Haykin, Neural Networks and Learning Machines (3rd Edition), 2008

Mapa IV - Algoritmos e Estruturas de Dados

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Algoritmos e Estruturas de Dados

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Algorithms and Data Structures

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

I

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

T - 30; PL - 30

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

Opção 4, Opção 5

4.4.1.7. Observations:*Option 4, Option 5***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***Hugo Pedro martins Carriço Proença, 60 h***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:***<sem resposta>***4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):***Esta unidade visa a definição de estruturas de dados apropriadas a um problema e a sua utilização através de algoritmos eficientes tem impacto na eficiência de um programa e, em última análise, na sua utilidade. Assim, os alunos deverão compreender e assimilar:*

- *Como a estrutura de dados e a sua utilização através de algoritmos afeta o desempenho de sistemas computacionais;*
- *Os algoritmos e estruturas de dados fundamentais em termos de pesquisa e ordenação, designadamente em termos dos seus requisitos e complexidade espacial e temporal;*
- *Como selecionar as estruturas de dados apropriadas à resolução de problemas práticos;*
- *Como selecionar os algoritmos apropriados às estruturas de dados definidas;*
- *Técnicas matemáticas de análise da complexidade computacional espacial e temporal de algoritmos.*

4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):*The main goals of this course are related with the students' understanding about how the definition of appropriate data structures and its use through efficient algorithms has obvious impact in the program performance and, at the ultimate level, in its usability. Hence, this course should cover the definition and understanding of the best algorithms and data structures that are suitable for particular problems, given a set of functional and computational requisites. Students should understand:*

- *How data structures and their use through algorithms has impact in the system's performance;*
- *Fundamental algorithms and data structures for sorting and searching, namely in terms of their requisites and spatial and temporal complexity;*
- *How to select the most appropriate data structures, given a practical problem;*
- *How to select the most appropriate algorithms for a given set of data structures;*
- *Mathematical techniques to analyze the spatial and algorithms' temporal complexity.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- *Recursividade (Recursividade Terminal, Notação Big-O)*
- *Alocação dinâmica de recursos*
- *Complexidade Computacional (complexidade espacial e temporal)*
- *Estruturas de acesso sequencial: listas, pilhas e filas*
- *Estruturas de acesso quase-sequencial: listas de salto*
- *Ordenação, indexação e pesquisa*
- *Árvores binárias (árvores de pesquisa, AVLs, Árvores "Scapegoat", Árvores "Red-Black")*
- *Algoritmia (algoritmos gulosos, programação dinâmica)*

4.4.5. Syllabus:

- *Recursion (tail recursion, Bio-O notation);*
- *Dynamic resources management;*
- *Computational complexity (spatial and temporal);*
- *Data structures of sequential access: lists, stacks, and queues;*
- *Data structures of almost-sequential access: skim lists;*
- *Sorting, indexing and searching algorithms;*
- *Binary trees (binary search trees, AVLs, "Scapegoat" trees, "Red-Black" trees)*
- *Algorithms (greedy algorithms, dynamic programming)*

4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:*Esta UC tem por objetivo dotar os alunos de conhecimentos teóricos sobre estruturas de dados e algoritmia, bem como a sua Experimentação / validação in loco. Desta forma, o conteúdo está claramente dividido em componente teórica e prática laboratorial, com vista à obtenção dos objetivos previstos. De igual forma, a existência de um projeto prático que se desenrolará durante todo o funcionamento da UC contribuirá para a assimilação dos conhecimentos essenciais previsto para esta unidade curricular.***4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:***This course has as main goal to provide students the theoretical skills about data structures and corresponding algorithms, well as their experimentation / validation. This way, all the course contents is clearly divided into theoretical and practical components, in order to make easy the achievement of the course goals. Moreover, the*

existence of a practical Project that will run during all the functioning of the curricular unit is also regarded as a valuable tool for students perception and understanding of the essential knowledge expected for this course.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Para que o estudante possa adquirir as competências exigidas na unidade curricular, estão previstas:

- *2h/semana de aulas teóricas (T) para exposição oral dos conceitos teóricos, métodos e algoritmos, utilizando-se ainda a escrita no quadro, a discussão de ideias com os alunos, e a projeção de diapositivos;*
- *2h/semana de aulas prático-laboratoriais (PL), nas quais o estudante aplicará e testará os conceitos, os métodos e os algoritmos apresentados nas aulas teóricas, através da resolução de exercícios que constam em fichas criadas para o efeito;*
- *2h/semana de tutoria para o esclarecimento de dúvidas, PL, bem como para o acompanhamento dos alunos no desenvolvimento dos seus projetos individuais.*

Avaliação:

- *2 testes escritos; cada teste 7.0 valores;*
- *1 projeto individual: 6.0 valores; o projeto carece de relatório final e do respetivo código, bem como de defesa pública.*

A aprovação à disciplina está condicionada pela obtenção da nota mínima de 6 valores (6/20) no trabalho prático.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

In order to guarantee that students achieve the main goals expected for this course, classes will be divided into the following types:

- *2h/week theoretical classes (T) for showing the main theoretical concepts, methods and algorithms, using the board, oral discussion and data projection as main tools;*
- *2h/week practical classes (PL), which will serve for applying and testing concepts learned during the theoretical classes, by problem solving and exercise sheets;*
- *2h/week of tutorial sessions, mainly for doubts discussion, and to solve the practical exercises that the students find convenient.*

Evaluation:

- *2 written tests; each one for a 7.0 scale;*
- *1 individual project: 6.0 points; the project will require a final report and the source code, as well as an oral defense of the major options;*

The approbation at this course is conditioned by the minimal mark of (6/20) in the individual project.

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

Nesta unidade curricular, as metodologias estão divididas entre o método expositivo (aplicado nas aulas teóricas) e o método experimental e de observação que se aplica nas aulas praticas. Assim, tendo em conta a importância da vertente de programação, cujas competências são essenciais ao âmbito da disciplina, a junção das duas metodologias de ensino versa a aquisição dos objetivos propostos para esta disciplina.

O projeto prático de desenvolvimento individual visa dotar os alunos de competência para a resolução autónoma dos problemas típicos decorrentes da escolha de estruturas de dados e dos correspondentes algoritmos para um determinado caso prático.

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

For this curricular unit, learning methods are divided into the expositive (for the theoretical classes) and the empirical / observation, that will be mainly used in the practical classes. Hence, considering the programming skill that should be a strong focus of this course, by joining two different types of learning methodologies, students shall be able to learn in accordance to the main goals of this course.

Also, the individual implementation of the practical project seeks to contribute for the ability to learn in an autonomous way, in order to solve the problems that typically arise from the selection of the data structures and corresponding algorithms for a practical problem.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

"Introduction to Algorithms (2nd edition)", Thomas H. Cormen, Charles E. Leiserson, Ronald L. Rivest, and Clifford Stein, The MIT Press, 2001.

"C Programming Language", Brian Kernighan and Dennis Ritchie, Prentice Hall, ISBN: 978-0131103627

"Mastering Algorithms in C", Kyle Loudon, O'Reilly, 1999.

"A Book on C: Programming in C", Al Kelley and Ira Pohl, Addison-Wesley Professional, 978-0201183993.

Mapa IV - Curvas Planas Algébricas

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Curvas Planas Algébricas

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Algebraic Plane Curves

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

*M***4.4.1.3. Duração:***Semestral***4.4.1.4. Horas de trabalho:***168***4.4.1.5. Horas de contacto:***TP - 60***4.4.1.6. ECTS:***6***4.4.1.7. Observações:***Opção 6, Opção 7, Opção 8***4.4.1.7. Observations:***Option 6, Option 7, Option 8***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***Sandra Margarida Pinho da Cruz Bento***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:***Rui Miguel Nobre Martins Pacheco***4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

- 1. reconhecer e classificar curvas algébricas definidas por polinómios em duas variáveis reais, nomeadamente quanto ao número de componentes conexas, interseções e singularidades.*
- 2. generalizar curvas algébricas a planos projetivos para poder incluir os pontos no infinito e lidar com comportamentos assintóticos.*
- 3. compreender as vantagens de trabalhar com curvas sobre o corpo dos números complexos.*
- 4. compreender o conceito de multiplicidade de interseção de curvas planas e usar o resultante para demonstrar o Teorema de Bézout.*
- 5. reconhecer uma curva algébrica projetiva não-singular como uma superfície de Riemann compacta e saber demonstrar a fórmula do grau-género para superfícies com base no teorema de Riemann-Hurwitz.*
- 6. saber descrever zeros e pólos de meromorfas e funções meromorfas sobre uma superfície em termos de divisores e aplicar o teorema de Riemann-Roch para o cálculo da dimensão dos espaços associados.*
- 7. compreender em detalhe o caso particular das curvas elípticas.*

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

- 1. recognize and classify algebraic curves defined by polynomials in two real variables, namely as to the number of connected components, self-intersections and singularities.*
- 2. generalize algebraic curves to projective spaces to include points at infinity and deal with asymptotic behavior.*
- 3. understand the advantages of working with complex curves.*
- 4. understand the concept of intersection multiplicity of plane projective curves and use the resultant to prove Bézout's Theorem.*
- 5. recognize a non-singular projective algebraic curve as a compact Riemann surface and demonstrate the degree-genus formula for surfaces from the Riemann-Hurwitz theorem.*
- 6. describe the zeros and poles of meromorphic functions and differentials on a surface in terms of divisors and apply the Theorem of Riemann-Roch to calculate the dimension of the corresponding spaces.*
- 7. understand in detail the particular case of elliptic curves.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1. Introdução – motivação, definições preliminares e exemplos*
- 2. Espaços Projetivos e Afins*
- 3. Curvas Algébricas Planas Complexas: curvas afins e curvas projetivas; tangentes e singularidades.*
- 4. Interseção de Curvas Planas e Multiplicidades: Teorema de Bézout.*
- 5. Superfícies de Riemann: o teorema de Riemann-Hurwitz; a fórmula do grau-género.*
- 6. Teorema de Riemann- Roch*
- 7. Curvas Elípticas*

4.4.5. Syllabus:

- 1. Introduction – preliminary definitions and examples*
- 2. Affine and Projective Spaces – the projective line and the projective plane*
- 3. Complex Projective Algebraic Curves: affine and projective curves; tangents and singularities.*

4. *Plane Curves Intersection and Multiplicities - Bézout's Theorem*
5. *Riemann Surfaces: Riemann-Hurwitz theorem; the degree-genus formula.*
6. *The Riemann-Roch Theorem*
7. *Elliptic curves*

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

Os conteúdos servem o objetivo geral de introdução à Geometria Algébrica através do estudo das Curvas Algébricas Planas e, em particular, permitem relacionar conteúdos previamente estudados em diferentes unidades curriculares de Álgebra, Geometria e Análise, avançando para o estudo de objetos mais sofisticados, como curvas projetivas complexas, usando ferramentas algébricas para deduzir resultados geométricos e topológicos: o estudo do Teorema de Bézout surge como a generalização do Teorema Fundamental da Álgebra; as superfícies de Riemann são vistas como curvas algébricas não-singulares e os zeros e pólos de funções e diferenciais meromorfas são descritos em termos de divisores; a dimensão do espaço das funções meromorfas com zeros prescritos será relacionada com a topologia da superfície através do teorema de Riemann-Roch. As curvas associadas a polinómios de baixo grau serão estudadas em detalhe, incluindo cónicas e as curvas elípticas.

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

The syllabus serves the generic goal of introducing Algebraic Geometry through Plane Algebraic Curves and specifically allows the connection between previous learned subjects in Algebra, Geometry, Complex Functions and Metric and Topological Spaces, advancing to more sophisticated geometric objects, the complex projective curves, making use of algebraic tools to deduce geometric and topological results. In particular, Bézout's Theorem can be seen as a generalization of the Fundamental Theorem of Algebra; compact Riemann surfaces are seen as non-singular algebraic projective curves and the zeros and poles of meromorphic functions and differentials are described in terms of divisors; the dimension of the space of meromorphic functions with prescribed singularities will be related with the topology of the surface through the Riemann-Roch theorem. The curves associated do polynomials of low degree will be studied in detail, including conics and elliptic curves.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

- *Embora não se descure a demonstração detalhada da maioria dos resultados fundamentais, grande enfoque será dado à ilustração das principais ideias com variados exemplos.*
- *Aulas teórico-práticas e trabalhos de casa.*
- *A avaliação é efectuada através de dois testes escritos (90%) e de fichas de exercícios (10%) para resolução em casa, que deverão ser entregues pelos alunos em datas previamente fixadas pelo professor.*

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

- *Although the main results will be demonstrated in almost full detail, special attention will be given to the illustration of the main ideas with several examples.*
- *Theoretical-practical classes and homework problems.*
- *The unit is assessed by two written tests (90%) and by problem-solving assignments (10%).*

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

Nas aulas teórico-práticas, os aspectos teóricos dos conteúdos programáticos serão motivados e os principais resultados demonstrados. A resolução de problemas e os cálculos práticos são componentes fundamentais na aprendizagem da matemática. Eles serão trabalhados sob a orientação do professor.

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

In the theoretical-practical classes, the theoretical aspects of syllabus contents will be motivated and the main results proved. The problem-solving and the hands-on calculations are fundamental components in mathematics learning. They will be worked under the teacher's supervising.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

1. *E. Kunz, Introduction to Plane Algebraic Curves, Birkhauser (2005)*
2. *F. Kirwan, Complex Algebraic Curves, Cambridge University Press (1995)*
3. *G. Fischer, Plane Algebraic Curves, American Mathematical Association (2000)*
4. *I. Vainsencher, Introdução às Curvas Algébricas Planas, IMPA (2009)*
5. *K. Kendig, Plane Algebraic Curves, Mathematical American Association (2011)*

Mapa IV - Sistemas Dinâmicos

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Sistemas Dinâmicos

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Dynamical Systems

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

*M***4.4.1.3. Duração:***Semestral***4.4.1.4. Horas de trabalho:***168***4.4.1.5. Horas de contacto:***TP - 60***4.4.1.6. ECTS:***6***4.4.1.7. Observações:***Opção 6, Opção 7, Opção 8***4.4.1.7. Observations:***Option 6, Option 7, Option 8***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***Mário Júlio Pereira Bessa da Costa (TP 60h)***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:***César Augusto Teixeira Marques da Silva***4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

- (i) Aprender os rudimentos da teoria de sistemas dinâmicos unidimensionais e bidimensionais tanto em dinâmica a tempo contínuo como a tempo discreto;*
- (ii) Recorrer a ferramentas da teoria de sistemas dinâmicos unidimensionais e bidimensionais para analisar um determinado sistema dinâmico;*
- (iii) Reconhecer alguns exemplos famosos de sistemas dinâmicos unidimensionais e bidimensionais;*
- (iv) Analisar e compreender demonstrações matemáticas, em particular no contexto de sistemas dinâmicos;*
- (v) Aplicar a teoria dos sistemas dinâmicos em diversos modelos matemáticos;*
- (vi) Comunicar, escrita e oralmente, utilizando linguagem matemática.*

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

- (i) To understand the rudiments of one-dimensional and two-dimensional dynamical systems theory, both in continuous and discrete-time context;*
- (ii) To use the tools of the theory of one-dimensional and two-dimensional dynamic systems to analyze a given dynamical system;*
- (iii) To recognize some famous examples of one-dimensional and two-dimensional dynamical systems;*
- (iv) To analyze and understand mathematical proofs, particularly in the context of dynamical systems theory;*
- (v) To apply Dynamical Systems theory to several mathematical models;*
- (vi) To communicate using mathematical language, written and orally.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1. Dinâmica unidimensional discreta*
 - 1.1 Pontos periódicos atratores e repulsores*
 - 1.2 Família quadrática e dinâmica simbólica unilateral*
 - 1.3 Conjugação topológica e estabilidade estrutural*
 - 1.4 Homeomorfismos do círculo*
 - 1.5 Difeomorfismos de Morse-Smale*
 - 1.6 Teorema ergódico de Von Neumann*
- 2. Dinâmica bidimensional contínua*
 - 2.1 Fluxos lineares. Fluxos em S^2 e em T^2*
 - 2.3 Estabilidade à Lyapunov*
 - 2.4 Teorema de Poincaré-Bendixson*
 - 2.5 Sistemas de Lotka-Volterra*
 - 2.6 Campos de vetores gradientes*
 - 2.7 Hiperbolicidade e estabilidade à Andronov-Pontryagin*
 - 2.8 Teorema de Hartman-Grobman (enunciado)*
 - 2.9 Teorema da variedade estável (enunciado)*
 - 2.10 Teorema de recorrência de Poincaré*
 - 2.11 Teorema ergódico de Birkhoff*

- 3. Dinâmica bidimensional discreta
- 3.1 Hiperbolicidade e estabilidade à Andronov-Pontryagin
- 3.2 Teorema de Hartman-Grobman (enunciado)
- 3.3 Teorema da variedade estável (enunciado)
- 3.4 Dinâmica simbólica bilateral
- 3.5 Ferradura de Smale
- 3.6 Automorfismos de Anosov
- 3.7 Atrator solenóide

4.4.5. Syllabus:

- 1. Unidimensional discrete dynamics
 - 1.1 Attractive and repulsive periodic points
 - 1.2 Quadratic family and one-sided symbolic dynamics
 - 1.3 Topological conjugation and structural stability
 - 1.4 Circle homeomorphisms
 - 1.5 Morse-Smale diffeomorphisms
 - 1.6 Von Neumann ergodic Theorem
- 2. Continuous bidimensional dynamics
 - 2.1 Linear flows. Flows in S^2 and T^2
 - 2.3 Lyapunov stability
 - 2.4 Poincaré-Bendixson Theorem
 - 2.5 Lotka-Volterra systems
 - 2.6 Gradient vector fields
 - 2.7 Hyperbolicity and Andronov-Pontryagin stability
 - 2.8 Hartman-Grobman theorem (statement)
 - 2.9 Stable manifold theorem (statement)
 - 2.10 Poincaré recurrence theorem
 - 2.11 Birkhoff's ergodic theorem
- 3. Discrete bidimensional dynamics
 - 3.1 Hyperbolicity and Andronov-Pontryagin stability
 - 3.2 Hartman-Grobman theorem (statement)
 - 3.3 Stable manifold theorem (statement)
 - 3.4 Bilateral symbolic dynamics
 - 3.5 Smale horseshoe
 - 3.6 Anosov automorphisms
 - 3.7 Solenoid attractor

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

Nos capítulos 1 e 3 são apresentados conceitos e resultados fundamentais da teoria de sistemas dinâmicos discretos, respetivamente em dimensões um e dois. No capítulo 2 são apresentados conceitos e resultados fundamentais da teoria de sistemas dinâmicos bidimensionais em tempo contínuo. Estes conteúdos permitem alcançar os objetivos de aprendizagem (o.a.) (i) e (ii). Ao longo do curso serão discutidas várias aplicações da teoria dos sistemas dinâmicos em diversos modelos matemáticos e serão apresentados vários exemplos famosos de sistemas dinâmicos unidimensionais e bidimensionais, nomeadamente nas secções 1.2, 1.4, 1.5, 2.1, 2.5, 3.4, 3.5, 3.6 e 3.7, de acordo com os o.a. (iii) e (v). Serão apresentadas e discutidas com os alunos demonstrações ou esboços das demonstrações dos resultados apresentados e será promovido o aperfeiçoamento do uso da linguagem matemática - o.a. (iv) e (vi).

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

In chapters 1 and 3 fundamental concepts and results of discrete dynamical systems theory are presented, respectively in dimensions one and two. In Chapter 2 concepts and fundamental results from the theory of continuous-time dynamical systems in dimension two are presented. These contents allow to achieve the learning outcomes (l.o.) (i) and (ii). Throughout the course applications of dynamical system theory to mathematical models will be given and several famous examples of one-dimensional and two-dimensional dynamic systems will be presented, namely in sections 1.2, 1.4, 1.5, 2.1, 2.5, 3.4, 3.5, 3.6 and 3.7, accordingly l.o. (iii) and (v). Mathematical proofs or sketches of the proofs of the results will be presented and discussed with the students. In the interaction with the teacher, it will be promoted the improvement of the written and oral use of mathematical language - l.o. (iv) and (vi).

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As aulas serão teórico-práticas. O docente apresenta os conceitos, enuncia os resultados, demonstrando muitos deles, apresenta exemplos e discute aplicações. O estudante é incentivado a participar nas aulas, interagindo com o professor e por vezes resolvendo exercícios. É ainda incentivado o trabalho autónomo, consistindo este maioritariamente na realização de exercícios. Na interação com o professor será promovido o aperfeiçoamento da utilização da linguagem matemática.

A avaliação realizada ao longo do período de ensino-aprendizagem consistirá em duas provas escritas, cada uma cotada para 10 valores. A classificação final será a soma das classificações das duas provas escritas. O estudante poderá ainda realizar um exame final cotado para 20 valores.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The classes will be theoretical-practical. The teacher presents the concepts, enunciates the results, demonstrates many of them and discusses examples to which the results apply. The student is encouraged to participate in the classes, interacting with the teacher and sometimes solving exercises. Autonomous work is still encouraged, and this consists mainly in solving exercises. The evaluation carried out over the teaching-learning period will consist of two written tests, each one quoted for 10 values. The final classification will be the sum of the two written tests scores. The student can also take a final exam quoted for 20 values.

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

As aulas teórico-práticas permitem aos alunos a assimilação dos conceitos e resultados relacionados com a teoria de sistemas dinâmicos unidimensionais e bidimensionais e o contato com classes importantes de equações às quais se aplica a teoria – objetivos de aprendizagem (o.a.) (i) a (iii). O incentivo à participação dos alunos nas aulas contribuirá para aumentar as suas capacidades de analisar e compreender os resultados e técnicas de demonstração, bem a forma de aplicar os resultados obtidos – o.a. (iv) e (v). O estímulo ao trabalho autónomo, o qual deverá fazer surgir questões a abordar nas sessões de atendimento, contribuirá para o desenvolvimento da capacidade de analisar e compreender demonstrações bem com da capacidade de comunicação escrita e oral utilizando linguagem matemática – o.a. (v) e (vi).

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

The theoretical-practical classes allow students to assimilate the concepts and results related to the theory of one-dimensional and two-dimensional dynamic systems and the contact with important classes of equations to which the theory applies – learning outcomes (l.o.) (i) to (iii). Encouraging student participation in classrooms will increase their ability to analyze and understand demonstration results and techniques, as well as to apply the results obtained – l.o. (iv) and (v). The stimulus to autonomous work, which should raise questions to be addressed in the attendance sessions, will contribute to the development of the ability to analyze and understand demonstrations as well as the ability to communicate in written and oral using mathematical language – l.o. (v) and (vi).

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- *Colonius, F., & Kliemann, W. (2014). Dynamical Systems and Linear Algebra. Graduate Studies in Mathematics, 158. American Mathematical Society.*
- *Doering, C. I., & Lopes, A. O. (2016). Equações Diferenciais Ordinárias. Coleção Matemática Universitária. (6.ª edição). IMPA.*
- *Hirsch, M. W., Smale, S., & Devaney, R. L. (2013). Differential Equations, Dynamical Systems, and an Introduction to Chaos. (3.ª edição). Elsevier.*
- *Katok, A., & Hasselblatt, B. (2005). A Moderna Teoria de Sistemas Dinâmicos. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.*
- *Robinson, C. (1999). Dynamical Systems: Stability, Symbolic Dynamics, and Chaos. Studies in Advanced Mathematics. (2nd edition). CRC Press.*
- *Sternberg, S. (2010). Dynamical Systems. Dover Books on Mathematics.*

Mapa IV - Métodos Variacionais**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

Métodos Variacionais

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Variational Methods

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

M

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP - 60

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

Opção 6, Opção 7, Opção 8

4.4.1.7. Observations:

Option 6, Option 7, Option 8

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

Rui Miguel Nobre Martins Pacheco (TP60)

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

Gastão Henrique Gonçalves de Bettencourt

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

Com a aprovação nesta unidade de introdução ao cálculo variacional, o aluno deve ser capaz de:

- 1. resumir os fundamentos do cálculo de variações e as suas aplicações mais importantes em matemática e física;*
- 2. derivar as equações de Euler-Lagrange para diversos problemas variacionais;*
- 3. resolver problemas variacionais com restrições: tanto algébricas como isoperimétricas;*
- 4. derivar quantidades conservadas a partir de simetrias, e usá-las para resolver as equações de Euler-Lagrange*
- 5. analisar a estabilidade local dos pontos críticos de um problema variacional.*

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

On the completion of this course, students should be able of:

- 1. give an account of the foundations of calculus of variations and of its applications in mathematics and physics;*
- 2. derive the Euler-Lagrange equations for variational problems,*
- 3. solve variational problems with constraints: both algebraic and isoperimetric;*
- 4. derive conserved quantities from symmetries, and use them to solve the Euler-Lagrange equations*
- 5. analyse the local stability of the critical points of a variational problem.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1. Motivação: a braquistócrona, a catenária, geodésicas e superfícies mínimas.*
- 2. Primeira variação e a equação de Euler Lagrange.*
- 3. Problemas isoperimétricos.*
- 4. Restrições holonómicas e não-holonómicas.*
- 5. Mecânica Newtoniana, Lagrangiana e Hamiltoniana.*
- 6. Teorema de Noether.*
- 7. Segunda variação.*

4.4.5. Syllabus:

- 1. Motivation: brachistochrone, catenary, geodesics and minimal surfaces.*
- 2. First variation and the Euler-Lagrange equation.*
- 3. Isoperimetric problems.*
- 4. Holonomic and non-holonomic constraints.*
- 5. Newtonian, Lagrangian and Hamiltonian mechanics.*
- 6. Noether theorem.*
- 7. Second variation.*

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

Os conteúdos cobrem as ideias fundamentais do cálculo variacional (primeira variação e equação de Euler-Lagrange; segunda variação e a noção de estabilidade local; restrições; o teorema de Noether, simetrias e quantidades conservadas) e introduzem algumas das suas aplicações mais importantes (Mecânica Lagrangiana, problemas isoperimétricos e superfícies mínimas), em coerência com os objetivos apresentados.

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

The contents cover the fundamental ideas of variational calculus (first variation and Euler-Lagrange equation, second variation and the notion of local stability, constraints, Noether's theorem, conserved symmetries and quantities) and introduce some of its most important applications Lagrangian, isoperimetric problems and minimum surfaces), in line with the objectives presented.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

- 1. A metodologia de ensino baseia-se em aulas teórico-práticas. A parte teórica decorre com a exposição pelo professor dos conteúdos programáticos, com base na bibliografia da unidade ou em outros apontamentos disponibilizados. Nesta unidade de introdução ao cálculo variacional, as demonstrações mais técnicas e elaboradas poderão ser omitidas sempre que tal não prejudique o entendimento das ideias fundamentais e técnicas de cálculo. A parte prática das aulas assenta na resolução de exercícios, tanto de forma acompanhada como autónoma.*
- 2. A avaliação é efectuada através de dois testes escritos, realizados a meio e no final do semestre, e de fichas de exercícios para resolução em casa, que deverão ser entregues pelos alunos em datas previamente fixadas pelo*

professor. A classificação final será dada por ponderação das classificações destes elementos de avaliação, a definir pelo professor no início do semestre.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

1. The teaching methodology is based on theoretical-practical lessons. The theoretical part is based on the teacher's presentation of the syllabus contents, based on the bibliography of the unit or other notes available. In this introductory course to the calculus of variations, some technical proofs will be eventually omitted in order to get focus on the main ideas and applications. The practical part of the classes is based on solving exercises, both in an accompanying and autonomous way.

2. The assessment is done through two written tests, carried out in the middle and at the end of the semester, and exercises sheets for home resolution, which must be delivered by the students on dates previously fixed by the teacher. The final classification will be given by weighting the classifications of these evaluation elements, to be defined by the teacher at the beginning of the semester.

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

Nas aulas teórico-práticas, os aspectos teóricos dos conteúdos programáticos serão motivados e os principais resultados demonstrados. A resolução de problemas e os cálculos práticos são componentes fundamentais na aprendizagem da matemática. Eles serão trabalhados sob a orientação do professor durante as aulas.

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

In the theoretical-practical classes, the theoretical aspects of syllabus contents will be motivated and the main results proved. The problem-solving and the hands-on calculations are fundamental components in mathematics learning. They will be worked under the teacher's supervising during the classes.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

1. The Calculus of Variations, Bruce van Brunt, New York: Springer, 2004.

2. Calculus of Variations: with applications to physics and engineering. Robert Weinstock. New York: Dover, 1974.

3. Métodos Matemáticos da Mecânica Clássica. V. I. Arnold, Moscovo: Mir, 1987.

Mapa IV - Análise Multivariada de Dados

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Análise Multivariada de Dados

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Multivariate Data Analysis

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

M

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP - 60

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

Opção 6, Opção 7, Opção 8

4.4.1.7. Observations:

Option 6, Option 7, Option 8

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

Célia Maria Pinto Nunes (60)

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

Dário Jorge da Conceição Ferreira

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

Pretende-se que os alunos sejam capazes de escolher a metodologia apropriada para tratar dados estatísticos multivariados e ter capacidade crítica em relação aos resultados obtidos, relacionada com a análise exploratória de dados ou modelos de regressão linear ou não linear. Pretende-se ainda que os estudantes utilizem pelo menos um programa estatístico na análise desses dados multivariados (R, SPSS, etc.)

No final desta UC espera-se que o aluno:

- Conheça e aplique diferentes metodologias estatísticas multivariadas;
- Conheça e aplique princípios inferenciais gerais em modelos multivariados;
- Seja capaz de validar os pressupostos de um método estatístico multivariado;
- Seja capaz de estimar os parâmetros de um modelo multivariado;
- Seja capaz de interpretar os parâmetros de um modelo multivariado;
- Seja capaz de apresentar, verbalmente ou por escrito, os resultados, de uma análise estatística;
- Seja capaz de validar um modelo multivariado;
- Seja capaz de utilizar programas estatísticos.

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

It is intended that students be able to choose the appropriate methodology to handle multivariate statistical data and have critical capacity in relation to the results obtained, related to exploratory data analysis or linear or non-linear regression models. It is also intended that students use at least one statistical software in the analysis of these multivariate data (R, SPSS, etc.)

At the end of this UC, it is expected that the student:

- Know and apply different multivariate statistics methodologies;
- Know and apply general inferential principles in multivariate models;
- Be able to validate the assumptions of a multivariate statistical method;
- Be able to estimate the parameters of a multivariate model;
- Be able to interpret the parameters of a multivariate model;
- Be able to present in both oral and written form results of a statistical analysis;
- Be able to validate a multivariate model;
- Be able to use statistical software.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. Análise Exploratória

1.1. Análise de Componentes Principais

1.2. Análise de Clusters.

2. Modelação

2.1. Análise de Regressão Múltipla

2.2. Análise Discriminante

2.3. Regressão Multinomial

2.4. Regressão Multivariada: Ridge, Lasso e PLS

2.5. Regressão Não Linear (modelos não lineares; linearização; método dos mínimos quadrados generalizados; método da máxima verosimilhança)

3. Validação de um modelo

4. Aplicações nas ciências

4.4.5. Syllabus:

1. Exploratory Analysis

1.1. Principal Component Analysis

1.2. Cluster Analysis

2. Modelling

2.1. Multiple Regression Analysis

2.2. Discriminant Analysis

2.3. Multinomial Regression

2.4. Multivariate Regression: Ridge, Lasso and PLS

2.5. Nonlinear Regression (nonlinear models; linearization; generalized least squares; maximum likelihood methods).

3. Model Validation

4. Applications to Sciences

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

A diversidade dos conteúdos que se pretendem abordar, permitirá ao aluno desenvolver vastos conhecimentos com uma grande aplicabilidade a dados multivariados, comuns às diferentes ciências. Em particular, os alunos serão capazes de aplicar as diferentes metodologias estatísticas multivariadas a dados reais das ciências da vida com a utilização de programas estatísticos adequados.

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

The diversity of contents that will be addressed will enable the student to develop vast knowledge with a wide applicability to multivariate data, common to different sciences. In particular, students will be able to apply the different multivariate statistical methods to real data of the life sciences with the use of appropriate statistical software.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Em cada aula será estabelecido um equilíbrio entre os fundamentos teóricos e os exemplos de aplicação às ciências da vida recorrendo-se a meios computacionais. Serão elaborados relatórios pormenorizados dos resultados obtidos pela metodologia estatística aplicada a dados reais.

Para permitir uma valorização justa do trabalho desenvolvido por cada estudante, a avaliação final terá a seguinte ponderação:

Dois testes escritos: 35% para cada;

Dois projetos e respetiva apresentação oral: 15% para cada.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

In each class, a balance will be established between the theoretical foundations and the application examples to life sciences using computational resources. Detailed reports on the results obtained by the statistical methodology applied to real data will be produced.

To allow a fair evaluation of the work developed by each student, the final evaluation will be weighted as follows:

Two written tests: 35% each;

Two projects and oral presentation: 15% each.

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

A componente teórica de cada conteúdo do programa será abordada recorrendo-se a algum problema das ciências da vida com dados reais. A elaboração de um relatório dos resultados das aplicações, permitirão ao aluno criar competências para a escrita dos métodos e resultados de um artigo científico. Estas competências serão avaliadas com os dois projetos que cada aluno deverá elaborar. Os testes escritos permitirão avaliar se o aluno domina os diferentes métodos estatísticos estudados.

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

The theoretical component of each program content will be addressed by resorting to some life sciences problem with real data. The preparation of a report of the results of the applications, will allow the student to create skills for writing the methods and results of a paper. These skills will be evaluated on the two projects that each student should prepare. The written tests will allow to evaluate if the student dominates the different statistical methods studied.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

F. J. Hair, W. C. Black, B. J. Babin, R. E. Anderson. "Multivariate Data Analysis, 7th Edition". Pearson Education, 2010.

B. S. Everitt, G. Dunn. "Applied Multivariate Data Analysis, 2nd Edition". John Wiley & Sons, Ltd, 2001.

B. Everitt, T. Hothorn. "An introduction to applied multivariate analysis with R". Springer, 2011.

R. Johnson, D. Wichern. "Applied Multivariate Statistical Analysis, 6th Edition". Pearson, 2014.

P. Mukhopadhyay. "Multivariate Statistical Analysis". World Scientific, 2009.

D. C. Montgomery, E. A. Peck, G. G. Vining. "Linear Regression Analysis". John Wiley & Sons, 2001.

R. Wehrens. "Chemometrics with R, Multivariate Data Analysis in the Natural Sciences and Life Sciences". Springer, 2011.

G. Casella, S. Fienberg, I. Olkin. "Modern Multivariate Statistical Techniques". Springer, 2008.

D. Zelterman. "Applied Multivariate Statistics with R". Springer, 2015.

S. Weisberg. "Applied Linear Regression". John Wiley & Sons, 2014.

Mapa IV - Estatística Computacional**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

Estatística Computacional

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Computational Statistics

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

M

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP - 60

4.4.1.6. ECTS:

4.4.1.7. Observações:

Opção 6, Opção 7, Opção 8

4.4.1.7. Observations:

Option 6, Option 7, Option 8

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

Jorge Manuel dos Reis Gama (60)

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

Sandra Maria Bargão Saraiva Ferreira

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

Pretende-se que os estudantes utilizem métodos estatísticos que necessitem um uso intensivo do computador, relacionados com geração de números aleatórios, simulação de distribuições de probabilidade, cálculo de valores de prova por simulação, reamostragem, método de Monte Carlo, métodos MCMC, etc.

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

It is intended that students use statistical methods that require an intensive use of the computer, related to random number generation, simulation of probability distributions, simulation of p-values of the hypothesis tests, re-sampling, Monte Carlo methods, MCMC methods, etc.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1. Introdução ao R.*
- 2. Números aleatórios: Gerador de números pseudoaleatórios. Métodos para simular variáveis aleatórias (método da função inversa; método da rejeição; transformações).*
- 3. Métodos Monte Carlo: Simulação e integração Monte Carlo; Redução da variância; Amostragem de importância; Amostragem estratificada; Aplicações à inferência estatística.*
- 4. Verosimilhança: Método da máxima verosimilhança; Função score; Informação de Fisher; Algoritmo de estimação-maximização (EM).*
- 5. Métodos de reamostragem: Bootstrap; Jackknife; Validação cruzada.*
- 6. Métodos de Monte Carlo baseados em Cadeias de Markov (MCMC): Cadeias de Markov (cadeias de Markov a tempo discreto; processos de nascimento e morte); Algoritmo de Hastings-Metropolis; Amostrador de Gibbs; Convergência dos métodos MCMC.*

4.4.5. Syllabus:

- 1. Introduction to R.*
- 2. Random numbers generation: Pseudo-random numbers; Methods for generating random variables (inverse-transform method; acceptance-rejection method; transformations).*
- 3. Monte Carlo Methods: Simulation and Monte Carlo integration; Variance reduction; Importance sampling; Stratified sampling; Applications to statistical inference.*
- 4. Likelihood: Maximum likelihood method; Score function; Fisher's information; Expectation-maximization (EM) algorithm.*
- 5. Resampling methods: Bootstrapping; Jackknife resampling; Cross validation.*
- 6. Markov chain Monte Carlo methods (MCMC): Markov Chains (discrete-time Markov chains; birth-death process); The Hastings-Metropolis Algorithm; Gibbs sampler; Convergence of MCMC methods*

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

As aplicações dos conteúdos programáticos exigem o uso intensivo do computador. Deste modo, o desenvolvimento de algoritmos e a utilização de uma linguagem de programação específica para estatística, irá permitir ao aluno criar competências para simular, estimar, avaliar e validar uma grande variedade de modelos estatísticos.

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

The applications of the syllabus require the intensive use of the computer. Thus, the development of algorithms and the use of a programming language for statistics, will allow the student to create the skills to simulate, estimate, evaluate and validate a wide range of statistical models.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Em cada aula será estabelecido um equilíbrio entre os fundamentos teóricos e os exemplos de aplicação recorrendo-se a meios computacionais.

Para permitir uma valorização justa do trabalho desenvolvido por cada estudante, a avaliação final terá a seguinte ponderação:

Dois testes escritos: 40% para cada;

Projeto e respetiva apresentação oral: 20%.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

In each class, a balance will be established between the theoretical foundations and the application examples using computational resources.

To allow a fair evaluation of the work developed by each student, the final evaluation will be weighted as follows:

Two written tests: 40% each;

Project and oral presentation: 20%.

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

Devido à tipologia desta unidade curricular, os métodos de avaliação propostos permitirão, de um modo mais objetivo, verificar se o estudante domina as diferentes técnicas estatísticas estudadas ao longo do semestre. Em particular, os testes escritos permitirão observar se conseguiu consolidar os objetivos propostos e o projeto, e respetiva apresentação oral, se conhece técnicas avançadas em termos computacionais.

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

Due to the typology nature of this course, the assessment methods proposed permits, in a more objective way, verify if the student acquired the different statistical techniques studied during the semester. The written tests permit verifies if he consolidated the proposed objectives and the project, and its oral presentation, permit verified if he knows advanced techniques in computational terms.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

S. Ross. "Simulation", Fourth Edition. Academic Press, 2006.

S. Ross. "Introduction to Probability and Statistics for Engineers and Scientists". John Wiley & Sons, 1987.

J. Kleijnen. "Statistical Techniques in Simulation", Volumes I, II. Marcel Dekker, Inc., 1974.

B. Efron and R. F. Tibshirani. "An Introduction to the Bootstrap". Chapman & Hall, 1993.

M. R. Chernick, "An introduction to bootstrap methods with applications to R". John Wiley & Sons, 2011.

G. H. Givens and J. A. Hoeting. "Computational Statistics", Second Edition. John Wiley & Sons, 2013.

M. L. Rizzo. "Statistical Computing with R". Chapman & Hall/CRC, 2008.

(100

Mapa IV - Análise Numérica II**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

Análise Numérica II

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Numerical Analysis II

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

M

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP - 60

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

Opção 6, Opção 7, Opção 8

4.4.1.7. Observations:

Option 6, Option 7, Option 8

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

Rui Manuel Pires Almeida (60h)

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

Rui Jorge Mendes Robalo

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

Com esta unidade curricular pretende-se que o aluno obtenha ferramentas numéricas que permitam resolver os mais variados problemas matemáticos.

No final desta unidade curricular o aluno deve ser capaz de:

- a) calcular numericamente aproximações para os valores e vetores próprios de uma matriz;
- b) resolver numericamente sistemas de equações não lineares;
- c) utilizar métodos computacionais para resolver problemas de programação não-linear;
- d) aproximar funções;
- e) obter numericamente soluções de equações diferenciais ordinárias com valores na fronteira;
- f) resolver equações diferenciais com derivadas parciais por métodos numéricos;
- g) perante um problema proposto, traduzi-lo de forma matemática, identificar os possíveis métodos para o resolver, escolher o mais adequado, implementá-lo e analisar de forma crítica os resultados.

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

With this curricular unit it is intended that the student obtain numerical tools to solve the most varied mathematical problems.

At the end of this curricular unit the student should be able to:

- a) calculate numerically approximations for the eigenvalues and eigenvectors of a matrix;
- b) solve numerically systems of non-linear equations;
- c) use computational methods to solve nonlinear programming problems;
- d) approximate functions;
- e) obtain numerically solutions of ordinary differential equations with values at the boundary;
- f) solve differential equations with partial derivatives by numerical methods;
- g) in face of a proposed problem, translate it mathematically, identify possible methods to solve it, choose the most appropriate, implement it and critically analyze the results.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. Valores e vetores próprios
2. Resolução numérica de sistemas de equações não lineares
3. Otimização não linear
4. Aproximação de funções
5. Equações diferenciais ordinárias com valores na fronteira
6. Resolução numérica de equações diferenciais com derivadas parciais

4.4.5. Syllabus:

1. Approximation of eigenvalues and eigenvectors
2. Numerical Solution of Nonlinear Systems of Equations
3. Nonlinear optimization
4. Approximation of functions
5. Boundary-Value Problems for Ordinary Differential Equations
6. Numerical Solutions to Partial Differential Equations

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

Os conteúdos programáticos da unidade curricular foram definidos em função dos objetivos e competências a serem adquiridos pelos alunos e enquadram-se dentro dos conteúdos normalmente lecionados em unidades curriculares equivalentes de outras universidades portuguesas e europeias.

Os objetivos definidos, traduzidos nas competências específicas a) – f), são alcançados através dos conteúdos programáticos 1. – 6. respetivamente, a competência específica g) é alcançada de forma transversal em todos os conteúdos programáticos.

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

The syllabus of the curricular unit was defined according to the objectives and competences to be acquired by the students and is related with the syllabus usually taught in equivalent curricular units of other Portuguese and European universities.

The defined objectives, translated in the specific competences a) - f), are reached through the programmatic contents 1. - 6. respectively, the specific competence g) is reached transversally in all the programmatic contents.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A unidade curricular funciona com aulas teórico-práticas. O docente expõe os conceitos, enuncia e demonstra resultados fundamentais, apresenta exemplos e aplicações. O funcionamento da UC em aulas teórico-práticas permite que sejam feitos exercícios imediatamente a seguir a cada conteúdo teórico, o que melhora a aquisição de conhecimentos e competências. Além disso o estudante é incentivado a participar nas aulas, a interagir com o professor e com os colegas, e a trabalhar autonomamente, sob a forma de realização de exercícios, formulação e resolução de problemas.

A avaliação contínua será feita através da realização de duas provas escritas cotadas de 8 valores cada uma e quatro

mini testes a realizar no computador durante as aulas teórico-práticas, valendo 1 valor cada um. O estudante poderá ainda realizar um exame final cotado para 20 valores.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The course is structured in theoretical-practical classes. The teacher introduces the concepts, states and proves the fundamental results, provides examples and applications. The combination of the theory with the practice in the classes allows the exercises to be performed immediately after each theoretical content, which improves the acquisition of knowledge and skills. In addition, the student is encouraged to participate in classes, to interact with the teacher and with colleagues, and to work autonomously, in the form of exercises, formulation and problem solving. The evaluation carried out during the teaching-learning process consists of two written tests quoted for 8 values each and four mini-tests to be carried out on the computer during the classes, quoted for 1 value each. The student can also take a final exam quoted for 20 values.

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

A estruturação das aulas faseadas em aulas teórico-práticas combina, em simultâneo, as duas vertentes e está baseada na exposição dos conceitos teóricos dos conteúdos programáticos, na apresentação de exemplos práticos de pequena dimensão e na aplicação por parte dos alunos dos conceitos teóricos através da resolução de problemas práticos adequados e ajustados a cada conteúdo programático. Esta estruturação permite, de uma forma proporcional e gradual, que os alunos adquiram as competências necessárias ao longo do semestre para obter a aprovação. A metodologia de ensino encontra-se centrada no aluno, que ao longo do semestre vai aprendendo e aplicando os conceitos adquiridos, com o seu trabalho autónomo e com a ajuda da equipa docente. Desta forma, é dada particular importância à avaliação contínua que permite que o aluno possa, ao longo do semestre, demonstrar faseadamente as competências adquiridas com o seu trabalho.

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

The structuring of the classes phased in theoretical-practical classes combines, simultaneously, the two strands and is based on the exposition of the theoretical concepts of the programmatic contents, on the presentation of small practical examples and on the students' application of the theoretical concepts through practical problems that are appropriate and adjusted to each programmatic content. This structure allows, in a proportional and gradual way, that students acquire the necessary competences throughout the semester to obtain the approval. The teaching methodology is centered on the student, who during the semester will learn and apply the concepts acquired, with their autonomous work and with the help of the teaching team. In this way, special importance is given to the continuous assessment that allows the student to demonstrate, in the semester, the skills acquired with his work.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- H. Pina, "Métodos Numéricos", Mc GrawHill, Alfragide, 1995.
- M.R. Valença, "Métodos Numéricos", INIC, Braga, 1988.
- R.I. Burden & J.D. Faires & A.M. Burden, "Numerical Analysis 10e", PWSKent, Boston, 2015.
- J.C. Butcher, "The Numerical Analysis of Ordinary Differential Equations 2e", John Wiley & Sons, Auckland, 2008.

Mapa IV - Econometria II

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Econometria II

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Econometrics II

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

E

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP - 60

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

*Opção 6, Opção 7, Opção 8***4.4.1.7. Observations:***Option 6, Option 7, Option 8***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***António Manuel Cardoso Marques (30h)***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:***Tiago Jorge Lopes Afonso (30h)***4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):***Aprender a lidar com modelos com variáveis qualitativas (explicadas e explicativas).**Aprender a lidar com modelos de equações simultâneas**Aprender as noções de estacionaridade, integração, cointegração modelos VAR e VAR/ECM**Aprender a lidar com dados em painel.***4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):***To learn how to use models with qualitative variables (explicative or explained)**To learn how to use simultaneous equation models**To learn the definitions and meanings of stationary, integration, cointegration, VAR and VAR/ECM models**To learn how to use panel data models***4.4.5. Conteúdos programáticos:***1- Modelos com variável dependente limitada**2- Modelos de Equações Simultâneas.**3- Integração e Cointegração.**4- Modelos com dados em painel Modelos VAR e VAR/ECM.**5- Modelos com dados em painel.***4.4.5. Syllabus:***1- Models with limited dependent variable.**2- Simultaneous equation Models.**3- Stationary, Integration and Cointegration of variables.**4- VAR and VAR/ECM models.**5- Panel data models.***4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:***Para aprender a lidar com modelos com variáveis qualitativas temos o capítulo 1 é dedicado à aprendizagem da utilização de variáveis mudas a à utilização de alguns modelos especializados como os LPM, Logit, probit e tobit.**Para aprender a lidar com modelos de equações simultâneas temos um capítulo específico que ensina a construir um modelo desse tipo, ensina o que é a identificação e a utilização de métodos específicos para a sua estimação (ILS, 2SLS, VM,...).**Para aprender de uma forma introdutória as noções de integração, cointegração modelos VAR e VAR/ECM**Para aprender a lidar com dados em painel começamos por os definir, ver as suas especificidades (vantagens e desvantagens) e aprendemos o interesse do modelo pooled e sobretudo dos modelos de efeitos fixos e aleatórios para estimar dados de painel.***4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:***To learn how to use models with qualitative variables we have chapter n. 7 where we study how to introduce dummy variables in the models and how to use some specialized models like the LPM, Logit, probit and tobit.**To learn how to deal with simultaneous equation models we have a specific chapter (n. 8) that shows how to build a model like this, says what means the identification problem related to the estimation process and how to use specific methods for their estimation (ILS, 2SLS, VM,...).**To learn in an introductory manner the stationary, integrate and cointegrate variables and the importance of VAR and VAR/ECM models.**To learn how to deal with panel data we begin to define it, to see the specificities of the panel data models (advantages and disadvantages) and to learn the interest of the pooled, fixed and random effects models and how to estimate them using panel data.***4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):***Aula de exposição teórica inicial com aplicação imediata do que se ensinou essencialmente com recurso a material informático. Esta unidade curricular tem uma forte componente de aplicação de modelos com recurso à folha de cálculo e a software econométrico (EViews, Stata e Gretl), devido à complexidade dos modelos estudados. A aplicação dos modelos a casos reais com dados reais é sempre uma preocupação, de forma a mostrar a utilidade e importância dos modelos para a mensuração de aspetos do dia a dia.*

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The class begins with a theoretical exposition followed immediately by an application to economic field. Essentially, by recurring to the computer equipment. This curricular unit has a strong application component of the models, by using spreadsheet and econometric software (EViews, Stata and Gretl), due to the complexity of the models studied. The application of the models to real world situations with real data (WorldBank, Eurostat, INE, Banco de Portugal) is always a concern, in order to show the usefulness and importance of the models for the measurement of day-to-day aspects.

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

O método expositivo seguido da exemplificação da matérias pré lecionadas, sempre aplicadas à economia, com recursos a novas tecnologias (power-point, internet, software económico) parece-nos ser o mais adequado para que os alunos adquiram as técnicas que se pretende transmitir. A resolução de casos práticos de economia com recurso a bases de dados e à estimação de modelos específicos usando os recursos económicos referidos revela-se particularmente do agrado dos alunos, o que facilita a transmissão de conhecimentos

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

The explicative-applicative method followed by the exemplification of a priori learned materials, always applied to economics, and using spreadsheet and econometric software seems to be the more adequate to reach the main objectives of the subject. The execution of real-world examples by recurring to the database and to the estimation of specific models using econometric resources is particularly appealing for students, reason why is facilitating the transmission of knowledge.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

*Asteriou, Dimitrios e Hall, Stephen G., Applied Econometrics, Palgrave Macmillan, 2nd Ed., 2011.
Gujarati, Damodar N. e Porter, Dawn C., Basic Econometrics, 5th ed., McGraw-Hill/Irwin, 2009.
Wooldridge, Jeffrey M., Introductory econometrics: a modern approach. 6th ed., South-Western/Cengage Learning, 2016.*

Mapa IV - Macroeconomia III**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

Macroeconomia III

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Macroeconomics III

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

E

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP - 60

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

Opção 6, Opção 7, Opção 8

4.4.1.7. Observations:

Option 6, Option 7, Option 8

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

Tiago Miguel Guterres Neves Sequeira (60)

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

Understand the short-run supply curve. Derive the short-run supply curve under imperfect information and contracts. Identify the macroeconomic equilibrium in the short-run. Distinguish it from the long-run equilibria. Distinguish the different expectations and identify their role in the macroeconomic adjustment. Identify business cycles, calculate the cyclical output and its moments. Solve a model of real business cycles. Formalize and solve the central bank problem explain its behaviour and its consequences to the macroeconomic stability, namely dynamic inconsistency. Identify the main growth facts. Implement growth accounting techniques. Explain growth through the Solow model.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. Mercado de Trabalho e Oferta Agregada de Curto Prazo (Referências: [1], [2])

- 1.1. Mercado de Trabalho Competitivo
- 1.2. Contratos e Informação Assimétrica
- 1.3. Oferta Agregada de Curto Prazo
- 1.4. Expectativas e Ajustamento
- 1.5. Curva de Phillips

2. Ciclos Económicos reais (Referências: [4])

- 2.1. Dados e Factos Estilizados
- 2.2. Um modelo de ciclos económicos reais

3. Política Monetária

- 3.1. Os custos de inflação: custo de bem estar e senhoriagem
- 3.2. O Problema do Banco Central e a Inconsistência Dinâmica
- 3.3. O Problema da Delegação da Política Monetária

4. Crescimento Económico (Referências: [1], [2], [3])

- 4.1. Dados e Factos Estilizados
- 4.2. Contabilidade do crescimento
 - 4.2.1. Contabilidade do Crescimento: condições para a implementação
 - 4.2.2. Contabilidade do Crescimento: extensões
- 4.3. Modelo de Solow sem Progresso Técnico
- 4.4. Modelo de Solow com Progresso Técnico
- 4.5. Modelo AK
- 4.6. Modelo de Solow com Capital Humano
- 4.7. A economia das ideias

4.4.5. Syllabus:

1. Labor Market and short-run Supply curve
 - 1.1. competitive labour market
 - 1.2. contracts and imperfect information
 - 1.3. short-run supply curve
 - 1.4. Expectations and adjustment
 - 1.5. Phillips curve
2. Real Business cycles
 - 2.1. Data and stylized facts
 - 2.2. A model of real business cycles
3. Monetary Policy
 - 3.1. Inflation costs
 - 3.2. The central bank and dynamic inconsistency
 - 3.3. Delegation
4. Economic Growth
 - 4.1. Data and stylized facts
 - 4.2. Growth accounting
 - 4.3. Solow model without technological progress
 - 4.4. Solow model with technological progress
 - 4.5. AK model
 - 4.6. Solow model with human capital
 - 4.7. The economics of ideas.

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

O programa cobre o material leccionado neste nível de ensino da Macroeconomia. Cada ponto esta relacionado com objetivos de aprendizagem.

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

The syllabus covers the usually taught material at this level of Macroeconomics. Each point is related to learning outcomes.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Ensino teórico/prático com resolução de exercicios.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Theoretical and practical based learning with problem solving.

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

O foco na resolução de problemas é muito importante para os objetivos de aprendizagem. Cada problema e respetiva resolução esta relacionado com um ou varios objetivos de aprendizagem.

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

The focus on problem solving is important to achieve the learning outcomes. Each problem and the respective detailed solution is related with at least one objective of learning.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

[1] Larrain, Felipe and Sachs, Jeffrey (1993), *Macroeconomics in the global economy*, Prentice-Hall, New Jersey, USA

<http://www.amazon.com/Macroeconomics-Global-Economy-Jeffrey-Sachs/dp/0131022520>

[2] Abel, Andrew and Bernanke, Ben (2001), *Macroeconomics, 4th Edition*, Addison Wesley Longman, USA

http://wps.aw.com/wps/media/access/Pearson_Default/1112/1139349/login.html

[3] Jones, C. I. (2001), *Introduction to Economic Growth, 2nd Edition*, WW Norton

<http://www.wwnorton.com/college/titles/econ/growth2/>

[4] Doepke, Lehnert, Sellgren (2005), *Macroeconomics*, University of Chicago, USA

<http://econweb.sscnet.ucla.edu/doepke/teaching/textbook/index.html>

[5] Williamson, Stephen (2008), *Macroeconomics, 3rd Edition*, Pearson International Edition, Pearson Addison Wesley, USA

<http://www.mypearsonstore.com/bookstore/product.asp?isbn=0321416589>

Mapa IV - Laboratório de Economia Aplicada**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

Laboratório de Economia Aplicada

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Laboratory of Applied Economics

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

E

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP - 60

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

Opção 6, Opção 7, Opção 8

4.4.1.7. Observations:

Option 6, Option 7, Option 8

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

António Manuel Cardoso Marques (30h)

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

Tiago Jorge Lopes Afonso (30h)

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

*Capacitar os alunos para o uso avançado da folha de cálculo para apresentação de dados.
 Capacitar os alunos para o uso de programas econométricos (E-Views , Stata, Gretl, JMulti...).
 Capacitar os alunos para a utilização de grandes volumes de dados.
 Capacitar os alunos para discutirem as implicações económicas dos modelos que estimaram.
 Dotar os alunos da perceção dos limites da análise económica de dados.
 Capacitar os alunos para a compreensão da distinção entre investigação teórica e investigação aplicada.*

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

*Enable students to the advanced usage of the spreadsheet for presenting data.
 To enable students to use econometric programs (E-Views, Stata, Gretl, JMulti ...).
 Enable students to use large volumes of data.
 To enable students to discuss the economic implications of the models they have estimated.
 Giving students the perception of the limits of economic data analysis.
 Enable students to understand the distinction between theoretical research and applied research.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

*1 – Fontes quantitativas de dados económicos
 1.1 – Dados oficiais
 1.2 – Dados primários
 1.3 – Dados secundários
 2 – Métodos de análise económica de dados
 2.1 – Métodos estatísticos
 2.2 – Métodos econométricos
 2.3 – Construção de bases de dados
 3 – Apresentação de resultados
 3.1 – Construção de quadros de resultados
 3.2 – Apresentação gráfica de resultados
 3.3 – Exportação de tabelas e gráficos
 4 – Discussão dos resultados
 4.1 – Apreciação geral
 4.2 – Implicações económicas
 4.3 – Robustez da análise
 5 – Formulação das conclusões
 5.1 – Considerações gerais
 5.2 – Considerações particulares
 5.3 - Implicações de política económica
 6 – Aplicações de modelos econométricos
 6.1 – ARIMA
 6.2 – ARCH-GARCH
 6.3 – VAR/VEC
 6.4 – ARDL
 6.5 – Logit e Probit
 7 – Replicação de investigação de referência
 8 – Questões éticas na investigação aplicada*

4.4.5. Syllabus:

*1 - Quantitative sources of economic data
 1.1 - Official data
 1.2 - Primary data
 1.3 - Secondary data
 2 - Methods of economic data analysis
 2.1 - Statistical methods
 2.2 - Econometric methods
 2.3 - Construction of databases
 3 - Presentation of results
 3.1 - Construction of results tables
 3.2 - Graphical presentation of results
 3.3 - Export of tables and graphs
 4 - Discussion of the results
 4.1 - General assessment
 4.2 - Economic implications
 4.3 - Robustness of the analysis
 5 - Formulation of conclusions
 5.1 - General considerations
 5.2 - Particular considerations
 5.3 - Implications of economic policy
 6 - Applications of econometric models
 6.1 - ARIMA
 6.2 - ARCH-GARCH
 6.3 - VAR / VEC*

6.4 - ARDL

6.5 - Logit and Probit

7 - Replication of reference research

8 - Ethical issues in applied research

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

De forma a usar os programas é necessária a compreensão dos diferentes tipos de dados e a sua transformação. A seleção e recolha de dados é de extrema importância para a aplicação de modelos estatísticos e econométricos. Para capacitar os alunos das implicações económicas dos modelos estimados é necessário produzir e apresentar resultados robustos, bem como conhecer as limitações da investigação empírica. Uma clarificação dos tipos de investigação ajudam na escolha do modelo adequado para cada tipo de situação.

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

In order to use the programs, it is necessary to understand the different types of data structures and their transformation. The selection and collection of data is of great importance for the application of statistical and econometric models. To enable students the economic implications of the estimated models it is necessary to produce and present robust results as well as to know the limitations of empirical research. A clarification of research types could help in choosing the suitable model for each type of situation.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A disciplina é lecionada sempre numa perspetiva prática, sempre no laboratório de informática com utilização contínua de software econométrico. Nas aplicações económicas e econométricas usam-se dados recolhidos de bases de dados nacionais e internacionais que depois são introduzidos no sistema com o objetivo de estimar modelo. Os resultados são interpretados de acordo com a teoria económica. Por vezes é fornecido um tutorial com screenshots de forma a facilitar a interpretação dos outputs.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The discipline is always taught in a practical perspective, always in the computer lab with continuous use of econometric software. Data collected from national and international databases are used in economic and econometric applications, that are then introduced into the system to estimate the model. The results are interpreted according to economic theory. Sometimes a tutorial with screenshots is provided in order to facilitate the interpretation of the outputs.

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

De forma a familiarizar os alunos com alguns dos softwares informáticos usados em aplicações económicas, a estimar modelos e a interpretar os resultados das estimações, as aulas funcionam com tutoriais com o auxílio do projetor, de forma a que os alunos consigam replicar de imediato os passos efetuados.

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

In order to familiarize students with some of the computer software used in economic applications, to estimate models and to interpret estimation results, classes work with tutorials with the help of the projector, so that students can immediately replicate the steps carried out.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Asteriou, Dimitrios e Hall, Stephen G., Applied Econometrics, Palgrave Macmillan, 2nd Ed., 2011.

Gujarati, Damodar N. e Porter, Dawn C., Basic Econometrics, 5th ed., McGraw-Hill/Irwin, 2009.

Wooldridge, Jeffrey M., Introductory econometrics: a modern approach. 6th ed., South-Western/Cengage Learning, 2016.

Doane, David P. e Seward, Lori E., Applied statistics in business and economics 5th ed., McGraw-Hill Education 2016

Mapa IV - Teoria da Computação

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Teoria da Computação

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Computation Theory

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

I

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

4.4.1.5. Horas de contacto:*T - 30; PL - 30***4.4.1.6. ECTS:**

6

4.4.1.7. Observações:*Opção 6, Opção 7, Opção 8***4.4.1.7. Observations:***Option 6, Option 7, Option 8***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***Simão Melo de Sousa (T - 30, PL - 30)***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):*Existem limites à capacidade de resolução de problemas por um computador:**Para delinear esses limites, visaremos:*

- *perceber a capacidade de computação das máquinas, assim como os seus limites teóricos. Precisaremos de definir formalmente o que é e o que não é um programa, um algoritmo*
- *perceber os conceitos que fundamentam as linguagens de programação. Precisaremos de determinar e estudar formalmente as construções que determinam a expressividade (ou capacidade de computação) das linguagens de programação assim como o comportamento dos programas.*

*Competências por adquirir / Resultados da Aprendizagem:**O aluno deverá ser capaz de perceber e usar a capacidade de computação das máquinas, assim como os seus limites teóricos.**Deverá ser capaz de formalizar adequadamente e avaliar se determinados problemas tem solução computacional ou não.**Deverá perceber e saber usar modelos, técnicas e algoritmos de computação simbólica introduzidos na resolução de problemas informáticos do dia-a-dia.***4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):***There are limits to the ability of problem solving by a computer.**In order to explore these limits in this unit the student shall formally define the concept of computing power of the machines and study their theoretical limit and thus be able to define formally what is and what isn't a program, an algorithm.**To understand the concepts underlying programming languages in this unit we shall study formally the constructs that determine the expression (or computing power) of programming languages, as well as the behavior of the programs.**At the end of this Unit the student should be able to understand and use the computing power of the machines, as well as understand their theoretical limits, be able to formalize properly and assess whether certain problems have computational solution or not and be able to understand and know how to use models, techniques and symbolic computation techniques to solve everyday computer science and engineering problems.***4.4.5. Conteúdos programáticos:***1. Apresentação Contextual e Histórica.**2. Linguagens Regulares, expressões regulares, autómatos finitos: propriedades, algoritmos, transformações e limites**3. Ling. Livres de Contexto, gramáticas formais, autómatos de pilha: propriedades, algorit., transf. e limites**4. Teoria das Linguagens Formais: problemas decidíveis e respetivos algoritmos, processamento de linguagens formais, parsing, transformações gramaticais**5. Modelos da computação: dos autómatos às máquinas de Turing. Funções recursivas de Kleene e cálculo lambda.**Progr. em modelos da computação**6. Tese de Church-Turing. Provas de equivalência de modelos**7. A não computabilidade e a indecidibilidade: Problemas indecidíveis, técnica da diagonalização, técnica da redução.**Lidar com problemas indecidíveis, semi-decisão**8. Complexidade Computacional: definição de classes de compl., hierarquia das cl. de comp. computacionais**9. A NP-Completeness: o teorema de Cook, reduções polinomiais, problemas NP-completos, lidar com a NP-Completeness.***4.4.5. Syllabus:***1. Context and History of the theory of Computation.**2. Regular Languages and Expressions, Finite Automata's, Properties, algorithms, transformations and limits.*

3. *Context free languages, formal grammar's, pushdown automata.*
4. *Theory of formal languages: decidable problems and their respective algorithms, processing of formal languages, parsing, grammar transformations.*
5. *Computing Models: Turing Machines, Kleene Recursive Theory, Lambda Calculus-*
6. *The Church-Turing Thesis. Equivalence proofs and models.*
7. *Computability and Decidability. Undecidable problems, the diagonal technique, reduction techniques, dealing with undecidable problems, semi-decision.*
8. *Computational Complexity. Definition of complexity classes (NP,P, NP-Hard, NPC, PSpace etc.).*
9. *NP Completeness. Cooks theorem, polynomial reductions, NP-Complete problems, dealing with NO completeness*

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

Para que o formando adquira as competências desejadas, alia-se à exploração e à aprendizagem dos conceitos teóricos, uma componente prática de programação para que o formando consiga pragmaticamente apreciar a força e a profundidade dos conceitos expostos.

Em particular os conceitos são introduzidos na sua forma clássica e, desde que possível, aplicadas em seguida a casos aplicativos que demonstram como a teoria da computação fornece ferramentas de análise e de conceção de artefacto informáticos (programas, algoritmos, sistemas informáticos).

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

The learning objectives are in the main part covered by the syllabus.

In order to acquire the required desired skills as well as exploring the theoretical concepts a practical programming component is introduced in order for the student to understand the impact of the theoretical concepts.

In particular the concepts are introduced in a classic form and applied to specific application examples that demonstrate how the theory of computation provides tools and methods for the conception of computer artifacts such as programs, algorithms and computing systems.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As aulas presenciais são divididas em:

- 2h/semana de aulas T para exposição oral dos conceitos teóricos, métodos e algorit., utilizando-se ainda a escrita no quadro, a discussão de ideias com os alunos, e a projeção de diapositivos;

- 2h/semana de aulas PL, para a aplicação das técnicas/conceitos introduzidos, uso das ferramentas existentes, programação, a construção de provas e raciocínios com base nestas. Em termos e trabalhos e aplicações práticas, visar-se-á dois tipos de aplicações: aplicação destes conceitos a problemas concretos da engenharia informática, e a construção/programação de pequenas aplicações que decorrem dos algoritmos expostos

Será realizada por uma prova escrita e avaliação contínua baseada em exercícios práticos.

NF =Nota final

NCP =Nota da componente prática (soma ponderada da avaliação dos exercícios avaliados)

NCT = Nota da componente teórica (prova escrita - exame ou frequência)

NF = if (NCT >= 6 e NCP >= 6) then (NCT + NCP)/2 else Reprovado/Não Admitido

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

In order to guarantee that students achieve the main goals expected for this course, classes will be divided into the following types:

- 2h/week theoretical classes (T) for showing the main theoretical concepts, methods and algorithms, using the board, oral discussion and data projection as main tools;

- 2h/week practical classes (PL), which will serve for applying and testing concepts learned during the theoretical classes, by problem solving and exercise sheets containing proofs to construct; There will also be a practical programming component.

Evaluation:

- 1 written test (NCT) and continuous evaluation of the practical component.

NF = Final Mark

NCP = Mark of Practical Component

NCT = Mark of the Theoretical Component (written test)

NF = if (NCT >= 6 e NCP >= 6) then (NCT + NCP)/2 else Failed

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

É particularmente importante nesta área de conhecimento aliar a prática à teoria. Os estudos que capacitaram a prática são de natureza teórica mas tiveram um impacto notável na engenharia informática e na sua prática em particular.

Assim a metodologia de ensino tenta espelhar da melhor forma esta realidade, além do ensino dos conceitos teóricos, existe uma forte componente prática exclusivamente dedicada em garantir que os alunos saibam retirar proveito pragmático dos avanços que esta disciplina providenciou.

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

Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:

It is particularly important in this area to combine practice with the theory in order for students to understand the impact that the theory of computation has had on IT engineering processes. Hence the teaching methodology attempts to reflect this reality, as well as the teaching of theoretical concepts, there is a strong practical component exclusively dedicated to ensuring that students know how to take advantage in a pragmatic sense of the advances that this discipline has provided.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- [1] Harry R. Lewis and Christos H. Papadimitriou. *Elements of the Theory of Computation*. Prentice Hall PTR, Upper Saddle River, NJ, USA, 1997.
- [2] P. Linz. *An introduction to formal languages and automata*. Jones and Bartlett Publisher, 2006.
- [3] M. Sipser. *Introduction to the Theory of Computation*. PWS Publishing, 2012.
- [4] Pierre Wolper. *Introduction à la Calculabilité*. Dunod, Paris, France, 3 edition, 2006.
- [5] Chris Hankin. *Lambda Calculi: A Guide for Computer Scientists*, volume 3 of *Graduate Texts in Computer Science*. Clarendon Press, Oxford, 1994.
- [6] M. Fernández. *Models of Computation: An Introduction to Computability Theory*. *Undergraduate Topics in Computer Science*. Springer, 2009.
- [7] J.B. Almeida, M.J. Frade, J.S. Pinto, and S. Melo de Sousa. *Rigorous Software Development, An Introduction to Program Verification*, volume 103 of *Undergraduate Topics in Computer Science*. Springer-Verlag, first edition, 307 p. 52 illus. edition, 2011.

Mapa IV - Tecnologias Multimédia**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:***Tecnologias Multimédia***4.4.1.1. Title of curricular unit:***Multimedia Technology***4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:**

I

4.4.1.3. Duração:*Semestral***4.4.1.4. Horas de trabalho:**

168

4.4.1.5. Horas de contacto:*T - 30; PL - 30***4.4.1.6. ECTS:**

6

4.4.1.7. Observações:*Opção 6, Opção 7, Opção 8***4.4.1.7. Observations:***Option 6, Option 7, Option 8***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***Maria Manuela Areias da Costa Pereira de Sousa (60)***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 UC o estudante deverá aprender os fundamentos sobre os seguintes temas: multimédia; digitalização; representação de dados multimédia; cor e codificação da cor; imagem digital; som digital; vídeo digital.**No final da Unidade Curricular o estudante deve ser capaz de compreender e explicar os fundamentos dos processos envolvidos na representação informática de elementos multimédia como textos, imagens, som e vídeo. O estudante deverá também ser capaz de desenvolver um sistema multimédia.***4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):***In this UC is intended that the student learn the fundamentals on the following topics: multimedia, digitization, data representation, color and color-coding, digital image, digital audio, digital video.**At the end of the course, the student should be able to understand and explain the fundamentals of the processes involved in computer representation of multimedia elements like text, images, video (2D and 3D) and audio. The student should also be able to develop a multimedia system.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. *Multimédia - Definição*
2. *Representação digital dos dados.*
3. *Técnicas de compressão de dados.*
4. *Cor e codificação da cor.*
5. *Representação digital de imagens.*
6. *Compressão de imagens digitais.*
7. *O vídeo digital - Formatos de ficheiros e compressão.*
8. *O som digital - Formatos de ficheiros e compressão.*
9. *A imagem e vídeo 3D.*

4.4.5. Syllabus:

1. *Introducing Multimedia.*
2. *Representation of digital data.*
3. *Techniques of data compression.*
4. *Color and color coding.*
5. *Representation of digital images.*
6. *Compression of digital images.*
7. *digital video File formats and compression.*
8. *Digital sound File formats and compression.*
9. *The 3D image and video.*

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

O objetivo central desta UC é familiarizar os estudantes com os diferentes tipos de dados multimédia. O estudante deve no final desta UC ser capaz de manipular e processar qualquer tipo de dado multimédia, por isso são apresentados no programa tópicos referentes aos diferentes tipos de dados multimédia e estes são abordados de forma bastante abrangente.

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

The main objective of this UC is to familiarize students with different types of multimedia data. The student must, at the end of this UC, be able to handle any kind of multimedia data, so in the syllabus there are topics related to the different types of multimedia data and these are broadly approached.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As atividades de Ensino Aprendizagem baseiam-se essencialmente em aulas teóricas e práticas. As aulas teóricas servem essencialmente para expor a matéria, ou seja, analisar, avaliar e discutir os principais conceitos/dados. Já as aulas práticas servem para aprender a manipular dados e aplicar a casos reais.

Avaliação de conhecimentos em 2 testes escritos (16 valores – 80%). Elaboração de trabalhos práticos em grupos de duas pessoas (4 valores – 20%). Nota mínima para exame (6 valores).

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Learning activities are based on theoretical classes and practical classes.

The theoretical classes are to present the concepts, i.e., to analyze, evaluate and discuss the key concepts. The practical classes are to learn how to manipulate data and test in real use cases.

The assessment is made through 2 test (8 values each) and projects (4 values).

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

É importante que no final desta UC os estudantes sejam capazes de manipular e processar os diferentes tipos de dados multimédia e sejam capazes de tomar as melhores decisões quando desenvolvem sistemas multimédia. Por isso durante esta UC são realizados projetos nos quais os alunos têm de usar os conceitos aprendidos nas aulas teóricas para efetuar diferentes tipos de manipulação e processamento de dados multimédia.

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

It is important that the end of this UC students are able to manipulate and process the different types of multimedia data and are able to make the best decisions when developing multimedia systems. So during this UC projects are conducted in which students have to use the concepts learned in the lectures to make different types of manipulation and processing of multimedia data.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Principal:

Sebenta: Tecnologias Multimédia Manuela Pereira, 2018.

Secundária:

Multimédia e Tecnologias Interativas, Nuno Ribeiro, FCA Editora de Informática, Lda.

Tecnologias de Compressão Multimédia, Nuno Ribeiro e José Torres, FCA Editora de Informática, 2009.

Multimédia: Les Fondamentaux, Ion Roxin, Daniel Mercier, Vuibert.

Compression D'Image, Algorithmes et standards, Éric Incerti, Vuibert.

Multimedia: Computing, Communications & Applications, R. Steinmet, and K. Nahrstedt, Prentice Hall, 1995. (ISBN: 0-133244350)

Multimedia Fundamentals: Volume 1, Media Coding and Content Processing, 2nd Edition, R. Steinmetz, K. Nahrstedt, Prentice Hall, 2002. (ISBN: 0130313998)

Mapa IV - Bases de dados

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Bases de dados

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Databases

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

I

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

T - 30; PL - 30

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

Opção 6, Opção 7, Opção 8

4.4.1.7. Observations:

Option 6, Option 7, Option 8

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

Hugo Pedro Martins Carriço Proença, 60 h

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

<sem resposta>

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

Dotar os estudantes deste curso dos conhecimentos e competências fundamentais para a modelação e criação do tipo de Bases de Dados mais utilizadas no mercado de trabalho e para o desenvolvimento de aplicações web e stand-alone que interagem com elas, utilizando uma linguagem amplamente reconhecida.

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

Provide the knowledge and skills which are essential for modeling and creating the type of Databases most frequently used and for the development of web and stand-alone applications which interact with such Databases by means of a widely recognized language.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. Introdução aos Sistemas de Bases de Dados

1.1. Contexto e motivação^[SEP] 1.2. Níveis de abstracção 1.3. Características fundamentais dos Sistemas de Gestão de Bases de Dados 1.4. Transacções

2. Modelo Relacional

^[SEP]2.1. Estrutura de Dados Relacional^[SEP] 2.2. Álgebra Relacional: Teoria de Conjuntos, Operadores, Diagramas. 2.3. Dependências Funcionais, Chave, Super-Chave e Chave Primária

3. Modelo Conceptual

^[SEP]3.1. Modelo Entidade / Associação^[SEP] 3.2. Teoria da Normalização de Bases de Dados: Formas Normais.

4. Linguagem SQL^[SEP]

4.1. Instruções de Manipulação de Dados (DML) 4.2. Instruções de Definição de Estrutura (DDL) 4.3. Criação e Manipulação de Vistas 4.4. Criação e Manipulação de Índices 4.5. Optimização de Consultas

4.4.5. Syllabus:

1. Introduction to Database Systems

1.1. Context and motivation 1.2. Abstraction levels 1.3. Fundamental features of Database Management Systems

1.4. Transactions

2. Relational Model

2.1. Relational Data Structure 2.2. Relational Algebra: Set Theory, Operators, Diagrams. 2.3. Functional Dependencies, Candidate Keys, Super-keys, and Primary Key

3. Conceptual Model

3.1. The Entity / Relationship Model 3.2. Database Normalization Theory

4. The SQL Language 4.1. Instructions for data manipulation (DML) 4.2. Instructions for data structure definition (DDL) 4.3. Creating and manipulating Views 4.4. Creating and manipulating Indexes 4.5. Query Optimization

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

Esta UC tem como objetivo dotar os estudantes dos conhecimentos e competências fundamentais para a modelação e criação do tipo de Bases de Dados mais utilizadas no mercado de trabalho e para o desenvolvimento de aplicações web e stand-alone que interagem com elas, utilizando uma linguagem amplamente reconhecida, pelo que o programa foca bases de dados relacionais, utilizando em específico a linguagem SQL.

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

The objectives of this subject are to provide the knowledge and skills which are essential for modeling and creating the type of Databases most frequently used and for the development of web and stand-alone applications which interact with such Databases by means of a widely recognized language. For this reason, this subject's program focuses relational databases, with the use of the SQL language in particular.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Esta Unidade Curricular é semestral e tem por base: uma aula semanal de duas horas para exposição de conteúdos teóricos, com recurso à projeção de diapositivos, e uma aula semanal de duas horas para resolução de exercícios teórico-práticos, organizadas por capítulos em fichas, e para a modelação do Projeto. O Projeto é realizado preferencialmente em grupos de 2 estudantes. Os diapositivos e as fichas práticas são disponibilizadas online, tal como toda a informação e planeamento relativo à unidade curricular.

A avaliação compreende as seguintes componentes:

- Avaliação individual de conhecimentos (12 valores - 60%) - Prova de Frequência e Exame (contando a melhor das notas) - Projeto prático em grupos de 2 estudantes (8 valores - 40%) - Modelação, implementação e apresentação/defesa.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

This is a six-month long Course and it is based on: A two-hour weekly class for the exhibition of theoretical contents, using the projection of slides, and A two-hour weekly class for solving theoretical and practical exercises, organized by chapters, and the modeling of the Project. The project is carried out preferably in groups of two students. The slides and the practical exercises are made available online, as well as all the information and planning regarding the course.

Assessment comprehends the following components: Individual knowledge evaluation (12 points - 60%) - Test and Exame (using the best grade between them) - Practical project in groups of 2 students (8 points - 40%) - Modeling, implementation and presentation/defense.

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

No final desta UC o estudante deve compreender a importância das Bases de Dados, perceber o papel e as características fundamentais dos Sistemas Gestores de Bases de Dados e da arquitetura ANSI-SPARC, e perceber a fundamentação e o modo de funcionamento das Transacções. Para cumprir estes objetivos estão previstas uma aula semanal de duas horas com exposição de conteúdos teóricos, com recurso à projeção de diapositivos sobre estes conceitos.

No final desta UC o estudante deve ainda conhecer as fases, modelos e diagramas utilizados no desenvolvimento de BDs; conhecer o modelo relacional e saber aplicar as regras de normalização e álgebra relacional; saber conceptualizar modelos de dados e convertê-los do nível conceptual para o nível físico; saber interagir com uma BD utilizando SQL. Para cumprir estes objetivos estão previstas uma aula semanal de duas horas com exposição destes conceitos e uma aula semanal de duas horas para resolução de exercícios teórico-práticos e para a modelação do Projeto da UC.

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

By the end of this subject, the students should recognize the importance of Databases, understand the role and the fundamental characteristics of Database Management Systems and the ANSI-SPARC architecture, and comprehend the grounding for Transactions and how they work. To attain these objectives, students attend a two-hour weekly theoretical class focused on those topics.

By the end of this subject, the students should also know the stages, models and diagrams used in Database design; be familiar with the Relational Model, and know how to apply normalization and relational algebra; be able to conceptualize data models and convert them from conceptual to physical level; and know how to interact with a Database using SQL. To attain these objectives, students attend a two-hour weekly laboratory class in which they solve practical exercises, and work on the subject's Project.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

C. J. Date. An Introduction to Database Systems. Addison-Wesley (ISBN: 0321189566)

J. Hoffer, M. Prescott, F. McFadden. Modern Database Management. Prentice Hall (ISBN: 0130339695).

J. A. Carriço. Desenho de Bases de Dados. CTI (ISBN: 9729653321).

José Luís Pereira, Tecnologia de Bases de Dados, FCA; ISBN: 9727220738.

Luís Damas, SQL – Structured Query Language, FCA; ISBN 9727221881.

Mapa IV - Projeto Final de Licenciatura

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Projeto Final de Licenciatura

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Graduation Final Project

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

M

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

336

4.4.1.5. Horas de contacto:

OT - 45

4.4.1.6. ECTS:

12

4.4.1.7. Observações:

Obrigatória.

4.4.1.7. Observations:

Compulsory.

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

César Augusto Teixeira Marques da Silva

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

Corpo docente afeto ao ciclo de estudos.

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

Nesta unidade curricular pretende-se que o aluno:

i) Desenvolva a capacidade de estudar e/ou aplicar conteúdos matemáticos com alguma autonomia, ainda que sob orientação de um tutor;

ii) Desenvolva a capacidade de fazer pesquisa bibliográfica;

iii) Desenvolva a capacidade de comunicar usando linguagem matemática.

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

In this curricular unit, it is intended that the student:

i) Develop the ability to study and/or to apply mathematical content with some autonomy, though under the guidance of

a tutor;

ii) *Develop the ability to do bibliographic research;*

iii) *Develop the ability to communicate using mathematical language.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Nesta unidade curricular, o aluno, sob orientação de um docente envolvido na lecionação do curso, desenvolverá um trabalho autónomo recorrendo a conteúdos matemáticos a estudar ou já estudados ao longo do curso. Tal trabalho pode passar por:

1) *Estudar de forma autónoma e escrever uma breve monografia sobre um determinado tópico, enquadrado numa das áreas da matemática ou das suas aplicações;*

2) *Recorrer aos conhecimentos adquiridos ao longo do curso para resolver um problema de aplicação, de um ponto de vista académico ou mesmo num contexto real, por exemplo integrado num estágio profissional, havendo em qualquer dos casos lugar à elaboração de um texto sobre o trabalho realizado, o qual, dependendo da situação, pode assumir a forma de uma breve monografia ou de um relatório.*

4.4.5. Syllabus:

In this curricular unit, the student, under the guidance of a teacher involved in the teaching of the course, will develop an autonomous work using mathematical contents to be studied or already studied throughout the course. Such work may involve:

1) *An autonomous study and writing of a brief monograph on a particular topic from one of the areas of mathematics or its applications;*

2) *Use the knowledge acquired during the course to solve an application problem, from an academic point of view or even in a real context, for example integrated in a professional internship, being in any case required the writing of a text on the work that was undertaken, which, depending on the situation, may take the form of a brief monograph or a report.*

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

Caso o trabalho a desenvolver se enquadre em 1) dos conteúdos programáticos: o objetivo de aprendizagem i) está assegurado uma vez que deve ser realizado um estudo autónomo; o objetivo de aprendizagem ii) é assegurado pela necessidade de ter um conhecimento alargado da bibliografia onde o tema é discutido; o conteúdo iii) é assegurado pela necessidade de escrever uma breve monografia sobre o tópico escolhido.

Caso do trabalho a desenvolver se enquadre em 2) dos conteúdos programáticos: o objetivo de aprendizagem i) está assegurado uma vez que deve ser o aluno, ainda que sob orientação, a resolver o problema proposto; o objetivo de aprendizagem ii) será assegurado pela necessidade de conhecer a bibliografia relacionada com o tema; o objetivo de aprendizagem iii) é assegurado pela necessidade de escrever uma breve monografia ou um relatório e, no caso de trabalhos desenvolvidos em contexto real, pela necessidade de comunicar as conclusões do trabalho às entidades envolvidas.

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

If the work to be carried out falls under point 1) of the program content: the learning objective i) is ensured as an autonomous study is required; the learning objective ii) is ensured by the need to have a broad knowledge of the bibliography where the subject is discussed; the content iii) is ensured by the need to write a brief monograph on the topic chosen.

If the work to be developed falls under point 2) of the program contents: the learning objective i) is assured since it is intended that the student, even under guidance, is the one to solve the problem proposed; the learning objective ii) will be ensured by the need to know the bibliography related to the subject; the learning objective iii) is ensured by the need to write a brief monograph or report and, in the case of works developed in real context, by the need to communicate the conclusions of the work to the entities involved.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Quer o trabalho a desenvolver se enquadre no ponto 1) dos conteúdos programáticos, quer se enquadre no ponto 2) dos conteúdos programáticos, a cada aluno será atribuído um tutor que o orientará, discutindo periodicamente com ele a evolução do trabalho bem como os caminhos para o seu desenvolvimento. Caberá ainda ao tutor orientar o aluno na escrita da breve monografia ou do relatório, fornecendo bibliografia e incentivando a capacidade de o aluno fazer pesquisa bibliográfica, bem como lendo as versões preliminares do texto e sugerindo caminhos para as melhorar. A avaliação final de cada aluno será atribuída pelo responsável da unidade curricular, atendendo às avaliações propostas por cada um dos tutores, ao trabalho desenvolvido, à monografia ou relatório elaborado e tendo em atenção a necessidade de utilizar critérios homogéneos.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Whether the work to be developed fits into 1) of the program content, or falls within point 2) of the program content, each student will be assigned a tutor who will guide him, discussing periodically with him the evolution of the work as well as the ways to develop it. It is also up to the tutor to provide bibliographic items, to guide the student in writing the brief monograph or report and to encourage the student's to do bibliographic research. Additionally, the tutor should read the preliminary versions of the text and suggest ways to improve them.

The final evaluation of each student will be attributed by the responsible of the curricular unit, taking into account the evaluations proposed by each of the tutors, the work developed, the monograph or report elaborated and also taking into account the need to use homogeneous criteria.

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

Ao ser atribuído a cada aluno um tutor que o orientará, discutindo periodicamente com ele a evolução do trabalho, leva-se o aluno a desenvolver a capacidade de estudar e/ou aplicar conteúdos matemáticos com alguma autonomia - objetivo de aprendizagem i). A necessidade de trabalhar de forma autónoma entre as sessões de orientação e o incentivo à pesquisa bibliográfica autónoma, levará o aluno a desenvolver a capacidade de fazer pesquisa bibliográfica - objetivo de aprendizagem ii). A necessidade de escrever uma breve monografia ou um relatório, bem como, quando aplicável, a necessidade de comunicar as conclusões do trabalho, levará ao desenvolvimento da capacidade de comunicar usando linguagem matemática - objetivo de aprendizagem iii).

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

By assigning to each student a tutor who will guide him, discussing periodically with him the evolution of the work, the student is led to develop the ability to study and/or apply mathematical contents with some autonomy - learning objective i). The need to work autonomously between orientation sessions and the encouragement of autonomous bibliographic research will lead the student to develop the capacity to do bibliographic research - learning objective ii). The need to write a brief monograph or report, as well as, when applicable, the need to communicate the conclusions of the work, will lead to the development of the ability to communicate using mathematical language - learning objective iii).

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

A bibliografia depende do tópico do trabalho.

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:**

As metodologias de ensino (ME) variam de acordo com a natureza das UC. Em geral, nas UC de Matemática com conteúdos abstratos, são apresentados os resultados fundamentais e resolvidos exercícios, sendo ainda incentivado o trabalho autónomo, o qual consiste na resolução de exercícios ou na elaboração de trabalhos. Nestas disciplinas, serão desenvolvidos o raciocínio lógico e o domínio de técnicas de demonstração. Nas UC de Matemática de cariz mais aplicado e nas UC de Economia, são desenvolvidas as capacidades de modelação e análise de modelos. Nas UC de Informática, as aulas práticas decorrem em laboratórios de computadores, onde os alunos resolvem problemas que formulam ou que são propostos. Na UC Projeto Final de Licenciatura, as ME promovem o trabalho autónomo. A aposta em competências multidisciplinares é evidente em UC como Mecânica e Ondas e Análise e Processamento de Biosinais. O recurso à plataforma Moodle permite disponibilizar material de trabalho e comunicar com os alunos.

4.5.1. Evidence of the teaching and learning methodologies coherence with the intended learning outcomes of the study programme:

Teaching methodologies (TMs) vary according to the nature of the CU. In general, in Mathematics CUs with abstract contents, the fundamental results are presented and exercises are solved, being also encouraged the autonomous work, which consists in the resolution of exercises or in the elaboration of works. In these disciplines, logical reasoning and mastery of proof techniques will be developed. In the CUs of Mathematics of more applied nature and in the CUs of Economy, the capacities of modeling and analysis of models are developed. In the Computer Science' CUs, practical classes take place in computer laboratories, where students solve problems they formulate or that are proposed. At the CU Graduation Final Project, the TMs promote the autonomous work. The emphasis on multidisciplinary competencies is evident in CUs as Mechanics and Waves and Analysis and Processing of Biosinais. The Moodle platform allows work material to be made available and to communicate with students.

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

A forma de verificação de que a carga média de trabalho que será necessária aos estudantes corresponde ao estimado em ECTS passará pelos testemunhos de docentes e estudantes, pela experiência acumulada na lecionação, pela percentagem de cumprimento dos programas, pela constatação da possibilidade ou impossibilidade de realizar os trabalhos propostos no prazo estipulado para o efeito, e, também, pela análise da progressão dos estudantes ao longo do curso e das taxas de aprovação na unidade curricular.

4.5.2. Means to verify that the required students' average workload corresponds the estimated in ECTS.:

The form of verification that the average workload that will be necessary to the students corresponds to the estimated in ECTS will take into account the testimonies of teachers and students, the accumulated experience in the teaching, the compliance with the programs, the perception of the possibility or impossibility to carry out the given assignments within the stipulated deadline, and also by the analysis of the students' progression along the course and the approval rates in the curricular unit.

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 objetivos das unidades curriculares estão fixados e divulgados publicamente na página do ciclo de estudos. Os critérios de avaliação são sugeridos pelo docente, discutidos com os estudantes, validados pelos Diretor de Curso e pelo Conselho Pedagógico.

No Sistema de Informação Académica (Balcão Virtual), a cada unidade curricular corresponde um Processo Académico que integra: a Ficha de Unidade Curricular Anual (com objetivos, programa curricular, pré-requisitos e critérios de avaliação, inseridos pelo docente responsável e validados pelo Diretor de Curso), sumários, protocolos de trabalhos práticos, testes de avaliação de conhecimentos, exames e pautas de avaliação. Estes elementos estão acessíveis ao Diretor de Curso, ao Presidente de Departamento e ao Presidente de Faculdade. Poderão ser objeto de análise pela Comissão de Curso, sempre que se justifique, e tidos em conta no relatório de autoavaliação anual do ciclo de estudos.

4.5.3. Means of ensuring that the students assessment methodologies are adequate to the intended learning outcomes:

The objectives of the curricular units are fixed and published publicly in the page of the cycle of studies. The evaluation criteria are suggested by the teacher, discussed with the students, validated by the Course Director and by the Pedagogical Council.

In the Online Academic Information System (Balcão Virtual), to each curricular unit corresponds an Academic Process that includes: the Annual Curricular Unit File (with objectives, curricular program, prerequisites and evaluation criteria, inserted by the responsible teacher and validated by the Course Director), summaries, practical work protocols, knowledge assessment tests, exams and evaluation results. These elements are accessible to the Course Director, the President of the Department and the President of the Faculty. They may be analyzed by the Course Committee, whenever justifiable, and taken into account in the annual self-assessment report of the cycle of studies.

4.5.4. Metodologias de ensino previstas com vista a facilitar a participação dos estudantes em atividades científicas (quando aplicável):

Apesar de ter como objetivo proporcionar aos alunos uma formação de base, o 1º ciclo em Matemática e Aplicações pretende também despertar nos alunos o interesse pelas atividades de investigação científica em Matemática e nas suas aplicações. Para além do contacto com tópicos atuais de investigação, possibilitado pela realização de seminários e cursos decorrentes da atividade normal dos departamentos envolvidos na lecionação do ciclo de estudos, os alunos serão também expostos, na sua regular interação com os docentes, a tópicos relacionados com os interesses de investigação destes. Para além destes aspetos, poderá ainda ser proporcionado ao aluno um primeiro contacto com tópicos atuais de investigação no âmbito da unidade curricular Projeto Final de Licenciatura. Os alunos, em particular aqueles que revelem elevado mérito académico, serão ainda incentivados a participar em escolas de verão e noutras iniciativas que promovam o contacto com a investigação.

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

Although it aims to provide students with basic training, the 1st cycle in Mathematics and Applications also aims to awaken in the students the interest in the scientific research in Mathematics and its applications. In addition to the contact with current research topics, made possible by the realization of seminars and courses resulting from the normal activity of the departments involved in teaching the cycle of studies, students will also be exposed, in their regular interaction with teachers, to topics related to the research interests of these. In addition to these aspects, the students can also have a first contact with current research topics within the scope of the curricular unit Graduation Final Project. Students, particularly those who show high academic merit, will also be encouraged to attend summer schools and other initiatives that promote contact with research.

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:

O 1.º ciclo em Matemática e Aplicações, conducente ao grau de licenciado, tendo por base os objetivos traçados e o conjunto de competências a adquirir pelos estudantes, foi concebido para ter 180 ECTS e a duração de três anos/seis semestres letivos. O volume de trabalho do estudante estimado, por ano curricular, corresponde a aproximadamente 1680 horas (1 ECTS = 28 horas) cumpridas em 40 semanas que incluem período letivo, preparação para avaliação e avaliação.

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. 63/2016, of September 13th:

The first cycle degree programme in Mathematics and Applications, based on the educational objectives and on the skills to be acquired by students, was designed to have 180 ECTS and the duration of three years / six semesters. The estimated student workload, per curricular year, corresponds to approximately 1680 hours (1ECTS = 28 hours) completed in 40 weeks, including the period of classes, preparation for evaluation and evaluation.

4.6.2. Forma como os docentes foram consultados sobre a metodologia de cálculo do número de créditos ECTS das unidades curriculares:

A proposta foi discutida em reuniões de um grupo de trabalho e elaborada em articulação com representantes das áreas científicas que o integram. Refletiu-se sobre o peso de cada uma das áreas no plano de estudos, perspetivando: uma formação base sólida nas diferentes áreas da Matemática e suas Aplicações, e a possibilidade de construir percursos coerentes (menores) que confirmam uma especialização em Matemática ou Informática ou Economia. No caso das UC de Matemática, os conteúdos programáticos, metodologias de ensino e avaliação, volume de tempo e trabalho associados foram definidos de forma colaborativa, por docentes que integravam os subgrupos de: Análise, Álgebra, Geometria, Análise Numérica e Investigação Operacional, Probabilidades e Estatística e Sistemas Dinâmicos), coordenados por um elemento do grupo de trabalho que liderava a proposta.

*As UC de outras áreas são obrigatórias noutros ciclos de estudos.
A proposta deste NCE foi aprovada nos órgãos do Departamento e da Faculdade.*

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 proposal was discussed in meetings of a working group and elaborated in articulation with representatives of the scientific areas that integrate it. It reflected on the weight of each area in the study plan, prospecting: a solid base formation in the different areas of Mathematics and its Applications, and the possibility of constructing coherent courses (minors) that confer a specialization in Mathematics or Computer Science or Economy.
In the case of the CU of Mathematics, the syllabus, teaching methodologies, and evaluation, associated volume of time and work were defined in a collaborative way, by teachers of the following subgroups: Analysis, Algebra, Geometry, Numerical Analysis and Operational Research, Probabilities and Statistics and Dynamic Systems, coordinated by an element of the working group that led the proposal.
The CUs from other areas are compulsory in other study cycles.
The proposal of this NCS was approved in the organs of the Department and the Faculty.*

4.7. Observações

4.7. Observações:

<sem resposta>

4.7. Observations:

<no answer>

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.

*César Augusto Teixeira Marques da Silva
Helena Maria Simões Ferreira
Rui Miguel Nobre Martins Pacheco
Mário Júlio Pereira Bessa da Costa
Isabel Maria Romano Cunha*

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
Alberto Manuel Tavares Simões	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Matemática	100	Ficha submetida
Ana Catarina dos Santos Carapito	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Matemática	100	Ficha submetida
Ana Paula André Martins Fernandes	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Matemática	100	Ficha submetida
António Eduardo Vitória do Espírito Santo	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Engenharia Electrotécnica	100	Ficha submetida
António Jorge Gomes Bento	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Matemática	100	Ficha submetida
António Manuel Cardoso Marques	Professor Associado ou equivalente	Doutor		Economia	100	Ficha submetida
António Rodrigues Tomé	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Física	100	Ficha submetida
Celino José Martins Miguel	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Matemática	100	Ficha submetida
Célia Maria Pinto Nunes	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Matemática	100	Ficha submetida
César Augusto Teixeira Marques da Silva	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Matemática	100	Ficha submetida
Dário Jorge da Conceição Ferreira	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Matemática	100	Ficha submetida
Deolinda Isabel da	Professor Associado	Doutor		Matemática	100	Ficha

Conceição Mendes	ou equivalente					submetida
Eduardo Jorge de Sousa Castro	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Filosofia (especialização em Epistemologia e Filosofia da Ciência)	100	Ficha submetida
Fernando Manuel Tavares Pereira	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Investigação Operacional	100	Ficha submetida
Gastão Henrique Gonçalves de Bettencourt	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Matemática	100	Ficha submetida
Hélder Soares Vilarinho	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Matemática	100	Ficha submetida
Helena Maria Simões Ferreira	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor		Matemática	100	Ficha submetida
Henrique José Freitas da Cruz	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Matemática	100	Ficha submetida
Hugo Pedro Martins Carriço Proença	Professor Associado ou equivalente	Doutor		Engenharia Informática	100	Ficha submetida
Ilda Carla Mendes Inácio Rodrigues	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Matemática	100	Ficha submetida
Isabel Maria Romano da Cunha	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Matemática	100	Ficha submetida
João Carlos Correia Leitão	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Economia	100	Ficha submetida
Jorge Manuel dos Reis Gama	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Matemática	100	Ficha submetida
José Carlos Alves Martins Aleixo	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Matemática	100	Ficha submetida
José Carlos Matos Duque	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Matemática	100	Ficha submetida
Luísa Maria Jota Pereira Amaral	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Título de especialista (DL 206/2009)	Matemática	100	Ficha submetida
Luís Filipe Barbosa de Almeida Alexandre	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor		Engenharia Eletrotécnica e de Computadores	100	Ficha submetida
Maria das Neves Vieiro Reboucho	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	CTC da Instituição proponente	Matemática	100	Ficha submetida
Maria Eugénia Neto Ferrão da Silva	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Estatística e Teoria de Controle	100	Ficha submetida
Maria Manuela Areias da Costa Pereira de Sousa	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Processamento de Imagem e Sinal	100	Ficha submetida
Mário Júlio Pereira Bessa da Costa	Professor Associado ou equivalente	Doutor		Matemática	100	Ficha submetida
Nuno Miguel Ferreira Correia	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Matemática	100	Ficha submetida
Patrícia Damas Beites	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Matemática	100	Ficha submetida
Paulo Jorge dos Santos Pinto Rebelo	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Matemática	100	Ficha submetida
Pedro Cunha Neves	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Economia	100	Ficha submetida
Pedro Jorge Duarte Gil Tomé dos Santos Morais	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Geometria Diferencial	100	Ficha submetida
Pedro Mendes Ferrão Simões Patrício	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Matemática Aplicada	100	Ficha submetida
Rogério Pedro Fernandes Seródio	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Matemática	100	Ficha submetida
Rui Jorge Mendes Robalo	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Matemática Aplicada	100	Ficha submetida
Rui Manuel Pires Almeida	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	CTC da Instituição proponente	Matemática e Ciências da Computação	100	Ficha submetida
Rui Miguel Nobre Martins Pacheco	Professor Associado ou equivalente	Doutor		Matemática	100	Ficha submetida
Sandra Cristina de Pinto Vaz	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Matemática	100	Ficha submetida
Sandra Margarida Pinho da Cruz Bento	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Matemática	100	Ficha submetida
Sandra Maria Bargão Saraiva Ferreira	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Matemática	100	Ficha submetida
Silvério Simões Rosa	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Matemática	100	Ficha submetida
Simão Patrício Melo de	Professor Associado	Doutor		Informática	100	Ficha

Sousa	ou equivalente					submetida
Tiago Miguel Guterres Neves Sequeira	Professor Associado convidado ou equivalente	Doutor	Economia	100		Ficha submetida
Tiago Jorge Lopes Afonso	Assistente convidado ou equivalente	Mestre	Economia	40		Ficha submetida
				4740		

<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.

48

5.4.1.2. Número total de ETI.

47.4

5.4.2. Corpo docente próprio - Docentes do ciclo de estudos em tempo integral

5.4.2. Corpo docente próprio – docentes do ciclo de estudos em tempo integral.* / "Full time teaching staff" – number of teaching staff with a full time link to the institution.*

Corpo docente próprio / Full time teaching staff	Nº / No.	Percentagem / Percentage
Nº de docentes do ciclo de estudos em tempo integral na instituição / No. of teaching staff with a full time link to the institution:	47	99.15611814346

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):	47	99.15611814346

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	36	75.949367088608 47.4
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 47.4

5.4.5. Estabilidade e dinâmica de formação do corpo docente.

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

Estabilidade e dinâmica de formação / Stability and training dynamics	ETI / FTE	Percentagem* / Percentage*
Docentes do ciclo de estudos em tempo integral com uma ligação à instituição por um período superior a três anos / Teaching staff of the study programme with a full time link to the institution for over 3 years	47	99.15611814346 47.4

Docentes do ciclo de estudos inscritos em programas de doutoramento há mais de um ano (ETI) / FTE 0.4 0.84388185654008 47.4
number of teaching staff registered in PhD programmes for over one year

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.

Os docentes são avaliados com base no RAD que incide nas vertentes de Investigação, Ensino, Transferência de Conhecimento e Tecnologia e Gestão Universitária.

Para a permanente atualização dos docentes contribuem a implementação de uma política de estímulo à investigação do Instituto Coordenador de Investigação e as ações dos Departamentos, do Centro de Matemática e Aplicações e de outras unidades de investigação da UBI: organização de seminários e conferências e financiamento de deslocações a eventos científicos.

São de destacar as ações de formação pedagógica de docentes promovidas pelas Faculdades, com foco nas metodologias de ensino-aprendizagem e de avaliação e desafios no Ensino Superior, e as formações dinamizadas pelo centro de formação UBI (CFIUTE).

Existem ainda programas de intercâmbio e cooperação científica com instituições estrangeiras: missões de ensino e mobilidade (Erasmus e Euraxess); bolsas Fulbright; ações integradas (CRUP); e licenças sabáticas.

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

All the teaching staff are evaluated using RAD, that analyses four branches: research, teaching, knowledge and technology transfer, and university management.

For the permanent updating of the teaching staff contribute the implementation of different actions by the Research Coordinating Institute, the Department of Mathematics, Center of Mathematics and Applications and other research units: organization of seminars and conferences and funding travels to scientific events.

The faculties promote pedagogical training actions of the teachers, focusing on the methodologies of teaching-learning, evaluation and challenges higher education. Training in specific areas is also promoted by CFIUTE. There exist exchange programs and scientific cooperation with foreign institutions: Mobility and teaching Missions (Erasmus and Euraxess); Fulbright Scholarships; integrated actions (CRUP) and sabbatical licenses.

5.6. Observações:

<sem resposta>

5.6. Observations:

<no answer>

6. Pessoal Não Docente

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

Para além do pessoal especializado dos Serviços Académicos, dos Serviços de Informática, da Biblioteca, do Gabinete de Internacionalização e Saídas Profissionais, Serviços Sociais, existe uma técnica superior, em regime de tempo integral, secretária do Departamento de Matemática, afecta à leccionação do ciclo de estudos.

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

In addition to the specialized staff of Academic Services, Computer Services, Library, Office of Internationalization and Professional Exits, Social Services, there is 1 senior technician, full-time secretary of the Department of Mathematics, allocated to the study programme.

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

A secretária do Departamento de Matemática é licenciada.

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

The secretary of the Department of Mathematics has a BSc degree.

6.3. Procedimento de avaliação do pessoal não-docente e medidas conducentes à sua permanente atualização e desenvolvimento profissional.

O pessoal não-docente é avaliado segundo o SIADAP. Periodicamente, são determinados por Despacho Reitoral: fixação de objetivos em função do Plano de Atividades; transcrição dos objetivos e competências para a plataforma informática; ponderação dos parâmetros da classificação final; composição do Conselho de Coordenação da Avaliação (CCA); constituição da equipa de trabalho para acompanhamento; calendarização; realização de eleições para os vogais representantes dos funcionários na Comissão Paritária (CP) e nomeação dos representantes da Administração na CP. O processo de avaliação compreende: definição de objetivos e competências; monitorização

dos objetivos e competências; autoavaliação; avaliação; a harmonização das avaliações e homologação das classificações. Através do CFIUTE, são disponibilizados cursos de formação inicial e contínua, promovidos pela UBI, por instituições externas ou em parceria, e financiados por programas ou pela UBI.

6.3. Assessment procedures of the non-academic staff and measures for its permanent updating and personal development

Non-Academic Staff is evaluated in accordance with the Performance Evaluation System, the (so-called) SIADAP. A Rector's Order often determines: objectives established according to UBI's Operational Plan; upload of the information (objectives/competencies) to the system; weighting of the evaluation parameters; composition of the Evaluation Coordination Council; constitution of the monitoring team; timescale; elections for non-teaching staff representatives to the Joint Committee (JC) and the appointment of the Administration representatives to the JC. Evaluation process comprehends: the definition of objectives/competencies; monitoring of objectives/competencies; self-evaluation; evaluation; harmonisation of the evaluations and homologation of the results. CFIUTE, the Centre for Training and Interaction of the University with the Business Sector, provides Initial and Continuous Training, promoted by UBI And/Or external institutions and financed by UBI itself or through programmes.

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 presente ciclo de estudos funcionará no Pólo IV da Universidade, maioritariamente, num dos seus edifícios (6.ª Fase). Disporá aí de: 16 salas de aulas, 6 anfiteatros, 5 salas de computadores, 11 laboratórios de informática, uma sala equipada com materiais didáticos para o Ensino de Matemática e áreas/espaços reservados para o estudo individual. Nos Departamentos de Matemática, Informática e Economia estão os: secretariados, gabinetes dos docentes, salas para estudantes de mestrado e doutoramento, salas de reuniões e as sedes das Unidades de Investigação.

A Biblioteca Central, sita no Pólo I, contíguo do Pólo IV, encontra-se aberta 24 horas por dia, é um espaço nobre com um ótimo acervo bibliográfico, rede wireless, dezenas de computadores, excelentes condições para pesquisa, estudo individual e trabalho de grupo e sistema de impressão e digitalização.

Há ainda diversos bares, refeitórios e residências nas proximidades.

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

The present cycle of studies will take place in the University's Pole IV, mainly in one of its buildings (6.ª Fase). There the course will have at its disposal: 16 classrooms, 6 amphitheatres, 5 computer rooms, 11 computer labs, one room equipped with didactic materials for Teaching Mathematics and areas/spaces reserved for individual study. In the Departments of Mathematics, Computer Science and Economics there are the: secretariats, teachers' offices, rooms for master and PhD students, meeting rooms and the headquarters of the Investigation Centres. The Central Library, located in Pole I, adjacent to Pole IV, is open 24 hours a day, it is a noble space with a great bibliographic collection, wireless network, dozens of computers, excellent conditions for research, individual study and group work and printing and scanning systems. There are also several snack-bars, canteens and residences nearby.

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

Os principais equipamentos e materiais afetos e/ou utilizados pelo ciclo de estudos são os seguintes:

- *Projetores de vídeo;*
- *Quadros interativos;*
- *Sistema de video-conferência;*
- *Elevado número de computadores para práticas laboratoriais e livre utilização;*
- *Rede wireless;*
- *Sistema de impressão e digitalização;*
- *Bases de dados (Mathscinet);*
- *Plataforma Moodle;*
- *Acervo Bibliográfico de Matemática, Informática e Economia (livros, revistas, monografias, dissertações, teses, em formato físico e digital);*
- *Software diverso (Office365 , Mapple, Matlab , SPSS, R, Geogebra, MikTex, Python, Derive, Mathematica).*

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

The main equipment and materials pertaining and/or used by the cycle of studies are the following:

- *Video projectors;*
- *Interactive whiteboards;*
- *Video conferencing system;*
- *High number of computers for laboratory practices and free use;*
- *Wireless network;*
- *Printing and scanning system;*
- *Databases (Mathscinet);*
- *Moodle platform;*
- *Bibliographic Collection of Mathematics, Computer Science and Economics (books, journals, monographs,*

dissertations, theses, in physical and digital format);

- Miscellaneous software (Office365, Maple, Matlab, SPSS, R, Geogebra, MikTex, Python, Derive, Mathematica).

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
Centro de Matemática e Aplicações da Universidade da Beira Interior (CMAUBI)	Bom	UBI	22	
Research Center in Business Sciences (NECE-UBI)	Muito Bom	UBI	3	
Instituto de Telecomunicações - Pólo da Covilhã (IT-UBI)	Muito Bom	UBI	6	
Center for Advanced Studies in Management and Economics of the UBI /CEFAGE-UBI (CEFAGE-UBI)	Muito Bom	UBI	3	
Centro de Matemática da Universidade de Coimbra	Excelente	Universidade de Coimbra	1	

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/9f52a9c8-f4c1-861b-befd-5b8d5624db37>

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/9f52a9c8-f4c1-861b-befd-5b8d5624db37>

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.

1. O CMA-UBI é financiado pela FCT: Projeto UID/MAT/00212/2013.

2. Membros do CMA colaboram no projeto: MTM2013-45588-C3-1-P (1/1/2014-31/12/2016) Álgebras no Asociativas y Grupos. Aplicaciones a Codificación y Criptografía. Universidad de Oviedo, Universidad de Valladolid, University of California San Diego, Universidade Beira Interior. Financiado pelo Ministerio de Economia y Competitividad Espanhol.

3. O Instituto de Telecomunicações é um laboratório Associado, do qual a Universidade da Beira Interior é um dos parceiros, financiado pela FCT e por várias empresas privadas, como a Altice, Siemens S.A, entre outras.

4. Membros do IT-UBI ligados ao curso são responsáveis pelos seguintes projetos:

4.1. Hugo Proença. BIODI Biometria e Detecção de Incidentes, financiado pelo FEDER/QREN. POCI-01-0247-FEDER-033395

4.2. Pedro Inácio. SECURIoTESIGN. Towards the assurance of SECURITY by dESIGN of the Internet of Things. Financiado por FCT/COMPETE/FEDER. POCI-01-0145-FEDER-030657

4.3. Luis Alexandre:HAnDLe. Hardware Accelerated Deep Learning Framework. Financiado por FCT. PTDC/EEI-HAC/30485/2017.

5. O NECE-UBI é financiado pela FCT: UID/GES/04630/2013. Membros do NECE estão envolvidos em diferentes projectos:

5.1. Projeto ICT ENTREPRENEUR: "A European University-Business Alliance aiming to foster the entrepreneurial spirit of ICT students", ERASMUS+ Strategic Partnerships;

5.2. Projeto SCIENT: "A European University-Business Alliance aiming to foster young scientist' entrepreneurial spirit" ERASMUS+ Strategic Partnerships. O projeto SCIENT pretende identificar o hiato existente entre os países do sul e do norte da Europa, pretendendo desenvolver um programa de aceleração para alunos de doutoramento das áreas de Ciências, Tecnologia, Engenharia e Matemática.

5.3. Projeto GEM (Global Entrepreneurship Monitor). O projeto envolve as regiões Centro e Alentejo de Portugal e a Extremadura-Espanha. O projeto pretende incorporar de maneira exaustiva a perspetiva e o conhecimento de todas as pessoas que participam, colaboram e impulsionam a criação de empresas, sendo imprescindível a visão de Especialistas, relacionados com a área;

5.4. Projeto “ARTISAN: AspiRing enTreprenurial families to perpetuate cultural buSiness Across geNerations” é financiado pelo programa Erasmus+, KA2 – Cooperation for Innovation and the Exchange of Good Practices Strategic Partnerships for adult education.

6. A nível da Universidade da Beira Interior, o GISP (Gabinete de Internacionalização e Saídas Profissionais) gere um conjunto de programas de mobilidade destinados a estudantes, estagiários e staff que permitem melhorar os seus conhecimentos, aptidões e competências, nomeadamente: Erasmus+, Erasmus+ International Credit Mobility, Erasmus+ Consórcio ERHUS, Bolsas Santander Universidades, Fulbright; Almeida Garrett; Bolsas Santander Advance; INOV; Vulcanus.

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.

1. The CMA-UBI is funded by FCT: Project UID / MAT / 00212/2013.

2. Members of the CMA collaborate on the project: MTM2013-45588-C3-1-P (1/1 / 2014-31 / 12/2016) Algebras in Associative Groups. Applications to Encryption and Cryptography. University of Oviedo, University of Valladolid, University of California San Diego, Beira Interior University. Funded by the Spanish Ministry of Economy and Competitiveness.

3. The Institute of Telecommunications is an Associated Laboratory, of which the University of Beira Interior is one of the partners, financed by FCT and several private companies, such as Altice, Siemens S.A, among others.

4. IT-UBI members linked to the course are responsible for the following projects:

4.1. Hugo Proença. BIODI Biometry and Incident Detection, funded by the ERDF / NSRF. POCI-01-0247-FEDER-033395

4.2. Pedro Inácio. SECURIoTESIGN. Towards the assurance of SECURITY by dESIGN of the Internet of Things. Funded by FCT / COMPETE / FEDER. POCI-01-0145-FEDER-030657

4.3. Luis Alexandre: HAnDLe. Hardware Accelerated Deep Learning Framework. Funded by FCT. PTDC / EEI-HAC / 30485/2017.

5. NECE-UBI is funded by FCT: UID / GES / 04630/2013. NECE members are involved in different projects:

5.1. ENTREPRENEUR ICT Project: "The European University-Business Alliance aiming to foster the entrepreneurial spirit of ICT students", ERASMUS + Strategic Partnerships;

5.2. SCIENT Project: "The European University-Business Alliance aiming to foster young scientist 'entrepreneurial spirit' ERASMUS + Strategic Partnerships. The SCIENT project intends to identify the gap between the countries of southern and northern Europe, aiming to develop an acceleration program for PhD students in the areas of Science, Technology, Engineering and Mathematics.

5.3. GEM Project (Global Entrepreneurship Monitor). The project involves the Centre and Alentejo regions of Portugal and Extremadura-Spain.

5.4 Project "ARTISAN: AspiRing enTreprenurial families to perpetuate cultural buSiness Across geNerations" is funded by the Erasmus + program, KA2 - Cooperation for Innovation and the Exchange of Good Practices Strategic Partnerships for adult education.

6. At the level of the University of Beira Interior, the GISP (Office of Internationalization and Professional Outreach) manages a set of mobility programs for students, trainees and staff to improve their knowledge, skills and competences, namely: Erasmus +, Erasmus + International Credit Mobility, Erasmus + ERHUS Consortium, Santander Universities Scholarships, Fulbright; Almeida Garrett; Santander Advance Scholarships; INOV; Vulcanus.

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:

Os níveis de desemprego da área de Matemática (percentagem de recém-diplomados de ciclos de estudo de formação inicial da área CNAEF 461, que se encontram registados como desempregados no Instituto do Emprego e Formação Profissional), obtidos a partir de dados oficiais da DGES, registados em 2014, 2015, 2016, 2017, 2018 são, respetivamente: 10,1; 3,6; 3,1; 3,4; 3,1 e 2,2.

Este decréscimo expressivo confirma a necessidade que o mercado de trabalho tem vindo a manifestar de profissionais com formação sólida em Matemática.

No mesmo período (2014-2018), os níveis de desemprego da área Eletrónica e Computação (CNAEF 523) são, respetivamente: 3,2; 3,5; 3,8; 3,6; 2,5, e os de Economia (CNAEF 314) são: 6,7; 7,4; 6,8; 5,9; 4,2. Estes dados são, também, claramente abonatórios na análise em apreço.

Atualmente, a área de Matemática encontra-se no topo das tabelas, com índices de empregabilidade próximos dos de áreas como a Medicina.

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

Unemployment levels in the area of Mathematics (percentage of recent graduates of BSc Programmes in the area CNAEF 461, which are registered as unemployed at the Institute of Employment and Vocational Training), obtained from DGES official data, registered in 2014, 2015, 2016, 2017, 2018 are, respectively: 10.1; 3.6; 3.1; 3.4; 3.1 and 2.2.

This significant decrease confirms the need that the labor market has been manifesting from professionals with solid Knowledge of Mathematics.

In the same period (2014-2018), the levels of unemployment in the Electronic and Computational area (CNAEF 523) are, respectively: 3.2; 3.5; 3.8; 3.6; 2.5, and those of Economy (CNAEF 314) are: 6.7; 7.4; 6.8; 5.9; 4.2. These data are also clearly beneficial in this analysis.

Currently, the area of Mathematics is at the top of the tables, with employability rates close to those of areas such as Medicine.

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

Apesar de existirem outras formas de ingresso nos ciclos de estudo de formação inicial, reportar-nos-emos, na análise da procura de primeiros ciclos da área de Matemática (CNAEF 461), ao indicador que dá a percentagem de colocados, face ao número de vagas iniciais, correspondente à 1.ª fase do Concurso Nacional de Acesso (Contingente Geral). Os dados dos últimos 5 anos, abaixo indicados, confirmam a atratividade/procura de ciclos de estudos similares ao da presente proposta.

2014 – 65,7%
 2015 – 92,6% (95,8%, em Portugal Continental)
 2016 – 95,1% (98,8%, em Portugal Continental)
 2017 – 97,3% (100%, em Portugal Continental)
 2018 – 95,4% (98,15%, em Portugal Continental)

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

Although there are other forms of entry in Bsc programmes, we will refer to the indicator of the demand for first cycles programmes in the area of Mathematics, which gives the percentage of candidates placed, in relation to the number of initial vacancies, corresponding to the 1st phase of the National Access Contest (General Contingent). Data from the last 5 years, below, confirm the attractiveness/demand for programmes similar to the present proposal.

2014 - 65.7%
 2015 - 92.6% (95.8%, in Continental Portugal)
 2016 - 95.1% (98.8% in Continental Portugal)
 2017 - 97.3% (100% in Continental Portugal)
 2018 - 95.4% (98.15% in Continental Portugal)

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:

- Licenciatura em Matemática Aplicada e Computação - Instituto Superior Técnico
- Licenciatura em Matemática – Universidade de Coimbra
- Licenciatura em Matemática – Universidade do Porto
- BSc in Mathematics - University of Manchester
- Corso di Laurea triennale in Matematica - Sapienza Università di Roma
- Licence Mathématiques L3 - l'université de Bourgogne
- Bachelor programme in Mathematics - Universität Bonn

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

- BSc programme Licenciatura em Matemática Aplicada e Computação - Instituto Superior Técnico
- BSc in Mathematics - Universidade de Coimbra
- First cycle in Mathematics - Universidade do Porto
- BSc in Mathematics - University of Manchester
- Corso di Laurea triennale in Matematica - Sapienza Università di Roma
- Licence Mathématiques L3 - l'université de Bourgogne
- Bachelor programme in Mathematics - Universität Bonn

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

Os ciclos de estudos (CE) analisados, incluindo os referidos em 10.1, partilham com a presente proposta o objetivo de formar licenciados com uma base sólida de conhecimentos em Matemática, permitindo ainda a opção de escolha de um perfil que inclua uma formação inicial noutra área científica. Verifica-se uma grande variabilidade no número e na natureza dos perfis oferecidos nos vários CE analisados, não se tendo verificado em nenhum CE uma oferta de perfis que inclua simultaneamente um menor em Informática e um menor em Economia, duas áreas onde a Matemática é fundamental, como perfis que concorrem com a possibilidade de uma formação exclusivamente em Matemática. Ao contrário dos CE nacionais analisados, muitos dos CE de outros países europeus, como por exemplo a licenciatura em Matemática da Universidade de Manchester, incluem um projeto final, em sintonia com a presente proposta.

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

The analyzed cycle of studies (CS), including those mentioned in 10.1, share with the present proposal the objective of forming graduates with a solid base knowledge in Mathematics, also allowing the option of choosing a profile that includes initial training in another scientific area. There is a great variability in the number and nature of the profiles offered in the various CSs analyzed. In any CS there was no offer of profiles that included both a minor in Computer Science and a minor in Economics, two areas where Mathematics is fundamental, as profiles that compete with the possibility of a formation exclusively in Mathematics.

Unlike the national CSs analyzed, many of the CSs from other European countries, such as the Mathematics degree from the University of Manchester, include a final project in line with this proposal.

11. Estágios e/ou Formação em Serviço

11.1. e 11.2 Estágios e/ou Formação em Serviço

Mapa VII - Protocolos de Cooperação

Mapa VII - Protocolos de Cooperação

11.1.1. Entidade onde os estudantes completam a sua formação:

<sem resposta>

11.1.2. Protocolo (PDF, máx. 150kB):

<sem resposta>

11.2. Plano de distribuição dos estudantes

11.2. Plano de distribuição dos estudantes pelos locais de estágio e/ou formação em serviço demonstrando a adequação dos recursos disponíveis.(PDF, máx. 100kB).

<sem resposta>

11.3. Recursos próprios da Instituição para acompanhamento efetivo dos seus estudantes nos estágios e/ou formação em serviço.

11.3. Recursos próprios da Instituição para o acompanhamento efetivo dos seus estudantes nos estágios e/ou formação em serviço:

<sem resposta>

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

<no answer>

11.4. Orientadores cooperantes

11.4.1. Mecanismos de avaliação e seleção dos orientadores cooperantes de estágio e/ou formação em serviço, negociados entre a instituição de ensino superior e as instituições de estágio e/ou formação em serviço (PDF, máx. 100kB).

11.4.1 Mecanismos de avaliação e seleção dos orientadores cooperantes de estágio e/ou formação em serviço, negociados entre a instituição de ensino superior e as instituições de estágio e/ou formação em serviço (PDF, máx. 100kB).

<sem resposta>

11.4.2. Orientadores cooperantes de estágio e/ou formação em serviço (obrigatório para ciclo de estudos com estágio obrigatório por lei)**11.4.2. Mapa X. Orientadores cooperantes de estágio e/ou formação em serviço (obrigatório para ciclo de estudos com estágio obrigatório por Lei) / External supervisors responsible for following the students' activities (mandatory for study programmes with in-service training mandatory by law)**

Nome / Instituição ou estabelecimento a que pertence / Institution	Categoria Profissional / Professional Title	Habilitação Profissional (1)/ Professional qualifications (1)	Nº de anos de serviço / Nº of working years
--	---	---	---

<sem resposta>

12. Análise SWOT do ciclo de estudos**12.1. Pontos fortes:**

1. *Coerência com a missão e estratégia da Universidade da Beira Interior.*
2. *A Universidade da Beira Interior oferece infra-estruturas de muito boa qualidade (incluindo salas de aula convencionais, anfiteatros, laboratórios, salas com computadores, salas de estudo e biblioteca) e recursos informáticos modernos.*
3. *Corpo docente próprio, integralmente doutorado e integrado em unidades de investigação acolhidas pela Universidade da Beira Interior.*
4. *Colaboração de docentes de diferentes departamentos (Matemática, Física, Informática, Engenharia Electrotécnica e Economia), o que promove o desenvolvimento de conhecimentos e competências multidisciplinares com que o curso pretende capacitar os alunos.*
5. *Várias unidades curriculares optativas em comum com outros ciclos de estudos em funcionamento na Universidade da Beira Interior, como os primeiros ciclos em Engenharia Informática e em Economia.*
6. *Flexibilidade da estrutura curricular, com um conjunto coerente de diferentes unidades curriculares de opção, o que permite que o estudante defina o seu percurso académico.*
7. *Possibilidade dada ao estudante de optar por um percurso curricular com uma forte componente na área da informática, nomeadamente em programação, conducente a um Menor em Informática.*
8. *Possibilidade dada ao estudante de optar por um percurso curricular com uma forte componente na área da economia, conducente a um Menor em Economia.*
9. *Possibilidade dada ao estudante de optar por um percurso curricular com uma forte componente na área da Matemática, conducente a um Menor em Matemática, o que lhe dará uma formação sólida para uma futura carreira de investigação ou docência em Matemática.*
10. *Crescente procura de profissionais com uma sólida formação matemática e aptos para integrar equipas de trabalho multidisciplinar.*
11. *A estrutura curricular permite aos futuros licenciados prosseguirem os seus estudos num segundo ciclo em Matemática, Ensino da Matemática, Informática, Economia ou áreas afins.*

12.1. Strengths:

1. *This programme of studies is consistent with the mission and strategy of the University of Beira Interior.*
2. *The University of Beira Interior offers infrastructures of very good quality (including conventional classrooms, laboratories, computer rooms, study rooms and library).*
3. *All the members of the teaching staff are PhD holders and most of them are integrated in research units hosted by the University of Beira Interior.*
4. *The contribution of members from different departments (Mathematics, Physics, Computer Science, Electrical Engineering and Economics) will play a key role in the development of multidisciplinary knowledge and skills with which it is intended to equip students.*

5. *Several optative curricular units already integrate the curricular structure of other study programmes at the University of Beira Interior, such as the first cycles in Computer Engineering and Economics.*
6. *The flexibility of the curricular structure, with a considerable number of optative curricular units, that allows the student to choose his/her own academic profile.*
7. *The opportunity given to the student to explore to a brief but substantial degree the area of Computer Science, leading to a minor in Computer Science.*
8. *The opportunity given to the student to explore to a brief but substantial degree the area of Economics, leading to a minor in Economics.*
9. *The opportunity given to the student for a curricular course with a strong component in Mathematics, leading to a Minor in Mathematics, which will give to the student a solid background for a future research or teaching career in Mathematics.*
10. *The increasing demand for professionals with a solid mathematical background and able to integrate multidisciplinary work teams.*
11. *The curricular structure allows future graduates to pursue their studies in a second cycle in Mathematics, Mathematics Teaching, Computer Science, Economics or related fields.*

12.2. Pontos fracos:

1. *as condições de acesso e a estrutura curricular dos segundos ciclos em Informática e em Economia na Universidade da Beira Interior não está devidamente articulada com a existência de um 1º ciclo em Matemática e Aplicações.*
2. *No presente, a oferta de segundos ciclos na área da matemática na Universidade da Beira Interior está exclusivamente direcionada para o ensino da Matemática: 2º ciclo em Matemática para Professores e 2º. ciclo em Ensino de Matemática no 3º Ciclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário.*

12.2. Weaknesses:

1. *The access conditions and the curricular structure of the second cycles in Computer Science and Economics at the University of Beira Interior is not properly articulated with the existence of a 1st cycle in Mathematics and Applications.*
2. *At present, the offer of second cycles in the area of mathematics at the University of Beira Interior is exclusively directed to the teaching of Mathematics: namely, 2nd cycle in Mathematics for Teachers and 2nd. cycle in Mathematics Teaching in the 3rd Cycle of Basic Education and Secondary Education.*

12.3. Oportunidades:

1. *Nos anos mais recentes, a Universidade da Beira Interior tem atraído alunos de diferentes nacionalidades, em particular de países de língua oficial portuguesa, fruto da capacidade científica e pedagógica do seu corpo docente, de diferentes protocolos estabelecidos, do reconhecimento da Covilhã com uma cidade segura e com baixo custo de vida e de uma estratégia bem sucedida de divulgação.*
2. *A Universidade da Beira Interior tem em funcionamento vários segundos e terceiros ciclos de estudos, nomeadamente na área da Matemática, Economia e Informática, acreditados pela A3ES, que poderão dar resposta às opções de formação académica dos novos licenciados em Matemática e Aplicações.*
3. *Reconhecimento crescente da necessidade de abordagens multidisciplinares na investigação.*
4. *A Universidade da Beira Interior acolhe centros de investigação em diferentes áreas. Este ciclo de estudos poderá promover sinergias entre investigadores destes centros.*
5. *Crescimento da procura de profissionais com formação sólida em Matemática em sectores como a Ciência de dados, Banca e seguros.*

12.3. Opportunities:

1. *In recent years, the University of Beira Interior has attracted students of different nationalities, particularly from Portuguese-speaking countries, as a result of: the scientific and pedagogical capacity of its academic staff; protocols; the localization of UBI in a safe and low-cost city; a successful outreach strategy.*
2. *The University of Beira Interior offers several second and third cycles of studies, namely in the area of Mathematics, Economics and Computer Science, certificated by A3ES, that can be chosen by thoses graduates in Mathematics and Applications willing to pursue their studies.*
3. *Increasing recognition of the importance of multidisciplinary research*
4. *The University of Beira Interior hosts research centers in different areas. This programme of studies will promote synergies between the researchers of these research centers.*

5. Sectors of activity where there exist a significant demand for professionals with strong mathematical knowledges and skills.

12.4. Constrangimentos:

1. A Universidade da Beira Interior encontra-se localizada numa região de baixa densidade populacional e fraco desenvolvimento económico.

2. Dificuldades orçamentais podem condicionar a renovação dos recursos humanos ligada ao curso (investigadores, pessoal docente e não docente).

3. Debilidades na rede de transporte público que serve a região da Beira interior:, não só entre as vilas e cidades que integram a região, mas também na ligação aos principais centros urbanos do país, todos no litoral, aeroportos e cidades espanholas fronteiriças.

4. Políticas inconstantes de financiamento da Ciência.

12.4. Threats:

1. The University of Beira Interior is located in a region of low population density and poor economic development.

2. Budgetary difficulties can eventually restrain the renewal of human resources associated to this programme of studies (researchers, teaching and non-teaching staff).

3. Weaknesses in the public transport network that serves the region of Beira interior: between the towns and cities inside the region; the connection with the main urban centers of the country, all on the coast, airports and Spanish border cities.

4. Unstable science funding policies.

12.5. Conclusões:

1. O 1.º ciclo em Matemática e Aplicações agora proposto tem como objetivo formar licenciados de excelência com uma base sólida de conhecimentos e competências em Matemática.

2. Uma estrutura curricular flexível, com grupos de unidades curriculares de opção coerentes e criteriosamente selecionadas, confere aos estudantes a possibilidade de definir o seu próprio percurso académico e optar por um Menor em Economia ou um Menor em Informática, duas áreas onde a Matemática desempenha um papel fundamental, ou ainda um Menor em Matemática.

3. O Menor em Informática afere fortes competências em programação e habilita os futuros licenciados a prosseguir os estudos num segundo ciclo em Informática ou dar início a uma carreira profissional, por exemplo ligada à Ciência de Dados, uma área onde uma formação sólida em Matemática, Estatística e Programação é reconhecidamente uma mais-valia.

4. O Menor em Economia oferece uma breve mas substancial formação nesta área, habilitando os futuros licenciados a prosseguir um segundo ciclo de estudos em Economia e áreas afins ou iniciar uma carreira profissional em áreas como a Banca e os Seguros.

5. O Menor em Matemática afere uma forte formação em Matemática e habilita os futuros licenciados a prosseguir os seus estudos num segundo ciclo em Matemática ou Ensino da Matemática, com vista a uma carreira de docência ou de investigação.

6. O Departamento de Matemática da UBI tem um corpo docente próprio e altamente qualificado para assumir a responsabilidade por um curso de 1.º Ciclo em Matemática e Aplicações.

7. A estrutura curricular deste curso promove e explora sinergias entre diferentes departamentos da UBI e garante o desenvolvimento das competências inter e multidisciplinares com que se pretende dotar os estudantes.

8. Grande parte do corpo docente afecto ao curso apresenta uma produção científica assinalável e encontra-se integrado em unidades de investigação acolhidos pela UBI, o que possibilita o contacto dos estudantes com áreas no limite do conhecimento e com um ambiente ativo de investigação e trabalho científico.

9. Como os dados disponíveis evidenciam de forma clara, a procura de profissionais com uma formação sólida em Matemática tem registado um crescimento assinalável, o que abre boas perspectivas de empregabilidade para os futuros licenciados nesta área.

10. A crescente procura por cursos de 1.º ciclo na área da Matemática e a notável capacidade de atração de estudantes internacionais, nomeadamente de países de língua oficial portuguesa, pela UBI abrem ótimas perspectivas para a captação de alunos para o 1.º Ciclo em Matemática e Aplicações na UBI.

12.5. Conclusions:

- 1. This first cycle degree programme in Mathematics and Application is aimed at equipping students with a coherent body of knowledge and skills in Mathematics.**
- 2. A flexible curricular structure, with coherent groups of optative curricular units, gives students the possibility to draw their own academic course and to choose either a Minor in Economics or a Minor in Computer Science, two areas where Mathematics plays a fundamental role, or even a Minor in Mathematics.**
- 3. The Minor in Computer Science equip students with strong programming skills and enables them to pursue their studies in a second cycle in Computer Science or to start a professional career, for example linked to Data Science, an area where a solid background in Mathematics, Statistics and Programming is recognized as an added value.**
- 4. The Minor in Economics offers a brief but substantial training in this area, enabling future graduates to pursue a second cycle of studies in Economics and related fields or start a professional career in areas such as Banking and Insurance.**
- 5. The Minor in Mathematics provides a strong background in Mathematics and enables future graduates to continue their studies in a second cycle in Mathematics or Mathematics Teaching, leading to teaching or research career.**
- 6. The staff of the Department of Mathematics of UBI is highly qualified to take the responsibility for a 1st Cycle course in Mathematics and Applications.**
- 7. The curricular structure of this course promotes and exploits synergies between different departments of the UBI and ensures the development of the inter and multidisciplinary competences with which it is intended to equip the students.**
- 8. Most of the staff members linked to the course present a remarkable scientific production and are integrated in research units hosted by UBI. This offers the students the opportunity to contact with a active scientific research and work environment.**
- 9. As the official data clearly show, the demand for professionals with a solid background in Mathematics registered a remarkable growth in recent years. This gives good prospects of employability for future graduates in this area.**
- 10. The growing demand for 1st cycle courses in Mathematics and the remarkable capacity of UBI to attract international students, especially those from Portuguese-speaking countries, gives great prospects for attracting students to the 1st Cycle in Mathematics and Applications at UBI.**