

NCE/19/1900187 — Apresentação do pedido - Novo ciclo de estudos

1. Caracterização geral do ciclo de estudos

1.1. Instituição de Ensino Superior:

Universidade De Coimbra

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

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

Faculdade De Ciências E Tecnologia (UC)

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

1.3. Designação do ciclo de estudos:

Mestrado em Engenharia e Ciência de Dados

1.3. Study programme:

Master's in Data Science and Engineering

1.4. Grau:

Mestre

1.5. Área científica predominante do ciclo de estudos:

Informática

1.5. Main scientific area of the study programme:

Informatics

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

480

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:

520

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:

460

1.7. Número de créditos ECTS necessário à obtenção do grau:**120****1.8. Duração do ciclo de estudos (art.º 3 DL n.º 74/2006, de 24 de março, com a redação do DL n.º 65/2018, de 16 de agosto):****2 anos – 4 semestres****1.8. Duration of the study programme (article 3, DL no. 74/2006, March 24th, as written in the DL no. 65/2018, of August 16th):****2 years - 4 semesters****1.9. Número máximo de admissões:****40****1.10. Condições específicas de ingresso.**

- 1. Os titulares do grau de licenciado ou equivalente legal em: Engenharia e Ciência de Dados, Engenharia Informática, Engenharia de Sistemas e Informática, Comunicações e Telemática, Engenharia de Comunicações, Engenharia Electrotécnica, Engenharia Electrotécnica e de Computadores, Engenharia Electrotécnica e de Telecomunicações, Matemática e Física;**
- 2. Os titulares do grau de licenciado ou equivalente legal em outras áreas da Engenharia e das Ciências Exactas e Naturais;**
- 3. Os titulares de um grau académico superior estrangeiro que seja reconhecido como satisfazendo os objectivos do grau de licenciado numa das áreas referidas nas alíneas anteriores pela Comissão Científica do Departamento de Engenharia Informática;**
- 4. Em casos devidamente justificados, os detentores de um currículo escolar, científico ou profissional, que seja reconhecido como atestando capacidade para realização deste ciclo de estudos pela Comissão Científica do Departamento de Engenharia Informática.**

1.10. Specific entry requirements.

- Holders of a Bachelor's degree or legal equivalent in: Data Science and Engineering, Computer Engineering, Informatics and Systems Engineering, Communications and Telematics, Communication Engineering, Electrical Engineering, Electrical and Computer Engineering, Electrical and Telecommunication Engineering, Mathematics and Physics;**
- 2. Holders of the Bachelor's degree or legal equivalent in other areas of Engineering and Exact and Natural Sciences;**
- 3. Holders of a foreign academic degree that is recognized by the Research Department of Computer Science to meet the objectives of a degree in the areas mentioned in the previous paragraphs;**
- 4. In justified cases, holders of an academic, scientific or professional curriculum that is recognized to attest the capacity to complete this cycle of studies by the Scientific Committee of the Department of Computer Science**

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:****Departamento de Engenharia Informática, Departamento de Matemática e Departamento de Engenharia Electrotecnica e de Computadores da Faculdade de**

Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

1.12. Premises where the study programme will be lectured:

Department of Computer Engineering, Department of Mathematics and Department of Electrical and Computer Engineering, Faculty of Science and Technology, University of Coimbra

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

[1.13._Reg_191_2014_CreditacaoFormacaoAnterior_e_ExperienciaProfissional_UC.pdf](#)

1.14. Observações:

O Mestrado em Engenharia e Ciência de Dados (MECD), tem a duração de 2 anos, está organizado em 4 semestres letivos que correspondem a 3240 hr e 120 ECTS. O MECD integra o 2º ciclo de estudos em Engenharia e Ciência de Dados, precedendo-lhe o primeiro ciclo, Licenciatura em Engenharia e Ciência de Dados (LECD), e sucedendo-lhe o terceiro ciclo, Doutoramento em Ciências e Tecnologias da Informação (PDCTI).

A unidade curricular de dissertação/estágio pretende ser o veículo de consolidação, aplicação e integração dos conhecimentos adquiridos ao longo do curso. Esta unidade curricular corresponde a 42 ECTS, divididos em dois semestres de 12 ECTS + 30 ECTS. O trabalho pode ser desenvolvido na FCTUC ou em alguma entidade externa, sob orientação de um professor da FCTUC. O relatório final pode ser redigido em Português ou Inglês.

Os alunos podem fazer parte do curso em Universidades estrangeiras ao abrigo do programa Erasmus ou protocolos específicos.

1.14. Observations:

The Masters in Data Science and Engineering (MECD) has a duration of 2 years, is organized in 4 semesters which correspond to a total of 3240 hr and 120 ECTS. LECD integrates the second cycle of studies in Data Science and Engineering, preceded by the first cycle, Bachelor in Data Science and Engineering (LECD), and followed by the third cycle, Doctoral Program in Information Science and Technology (PDCTI).

The dissertation / internship is intended to be the vehicle of consolidation, integration and application of knowledge acquired throughout the program. This course corresponds to 42 ECTS, divided into two semesters of 12 ECTS + 30 ECTS. The work may be conducted at FCTUC or in an external organization, under supervision of a Professor from FCTUC. The final report may be written in Portuguese or English.

Students can join the course in foreign universities under the Erasmus program or specific protocols

2. Formalização do Pedido

Mapa I - Departamentos envolvidos, Conselho Científico da FCT e Senado da Universidade de Coimbra

2.1.1. Órgão ouvido:

Departamentos envolvidos, Conselho Científico da FCT e Senado da Universidade de Coimbra

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

[2.1.2._AtaMECD.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 MECD tem como objectivo oferecer contextos de elevada complexidade que permitam colocar estudantes em contacto com contextos reais e os componentes

tecnológicos mais relevantes na indústria, preparando o estudante tanto para o prosseguimento de estudos avançados como para o exercício da profissão. O MECD garante assim que os mestrandos demonstrem conhecimento e compreensão dos conceitos, princípios avançados, teorias, métodos e práticas da ECD e sejam capazes de lhes dar expressão através de um conjunto integrado de competências instrumentais, sistémicas e interpessoais. Nesse sentido, desenhou-se um mestrado de elevada qualidade, pautado por padrões internacionais, que permite responder aos dois desígnios fundamentais: (i) formar engenheiros para o mercado global capazes de conceber soluções avançadas e inovadoras para sistemas baseados em análise de dados (ii) facultar uma sólida formação e a desenvoltura intelectual aos alunos que pretendam seguir uma carreira na investigação.

3.1. The study programme's generic objectives:

High complexity contexts will be taken into account, since it allows students to be in contact with the typical constraints of real scenarios. It will also allow the students to be in contact with relevant technological components in the industry, preparing them for the pursuit of advanced studies and for the industry. Thus, the Masters program ensures that students show the knowledge and understanding of the concepts, advanced principles, theories, methods and practices of DSE and are able to express them through an integrated set of instrumental, systemic and interpersonal skills. The high quality of the master was based on the international patterns, in order to attain the two main goals of the Masters: (i) train engineers in data science for the global market that capable of designing advanced and innovative solutions for systems based on data analysis; (ii) provide a solid training for students wishing to pursue a career in research

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

Conhecimentos e Compreensão

Adquirir e demonstrar conhecimento e compreensão aprofundados: - das teorias, métodos e técnicas/tecnologias avançadas da ECD e a sua utilização nos problemas mais relevantes em contextos de elevada escala e complexidade em múltiplos contextos interdisciplinares; - sobre o potencial de inovação e de criação de valor da ECD

Aplicação de conhecimentos, compreensão, julgamento e comunicação

- Identificar e desenvolver soluções recorrendo a um vasto conjunto de técnicas metodológicas avançadas, computacionais, de programação e de software para preparação, limpeza, integração, exploração, redução, prospecção, modelação e visualização de dados; - Comunicar com especialistas e não-especialistas em contextos interdisciplinares

Aprendizagem

- Adquirir capacidade para a aprendizagem de novos desenvolvimentos que facultem o prosseguimento de estudos avançados; - Promover atitude crítica e reflexiva sobre as possibilidades e limitações da ECD

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

Obtain and demonstrate an in-depth knowledge and understanding of

- the advanced theories, methods and techniques/technologies of DSE and their use to tackle challenging and complex problems in interdisciplinary contexts*
- of the potential for innovation and value creation in data science*

Application of knowledge, understanding, judgment and communication

- Identification, design and development of solutions to problems using a wide range of methodological, computational, programming and software techniques for the management, preparation, cleaning, integration, exploration, reduction, prospecting, modeling and visualization of data*
- Communication with specialists and non-specialists*

Learning

- Acquire fundamental knowledge, ability to learn new developments that allow the pursuit of advanced studies*
- Critical and reflective thinking towards the technical, social, ethical and legal aspects of the possibilities and limitations of engineering and data 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:

Os objectivos definidos enquadram-se dentro da missão da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, que consiste na educação e formação de profissionais de Engenharia de nível internacional, sustentadas em Investigação e desenvolvimento de excelência com foco regional mas com qualidade reconhecida ao nível global e numa prática de extensão de reconhecida qualidade, contemplando as vertentes científica, técnica, ética e cultural.

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 objectives fall within the mission of the Faculty of Science and Technology of the University of Coimbra, which consists of education and training of professionals in engineering, with a globally recognized excellence, contemplating the scientific, technical, ethical and cultural aspects of the university extension practices.

4. Desenvolvimento curricular

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

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

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

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

<sem resposta>

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

Mapa II - -

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

-

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

-

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
Informática / Informatics	INF	96	0	-
Ciências Sociais, Direito e Gestão / Social Sciences, Law, and Management	CSDG	6	0	-
Opcional / Optional	OP	0	18	-
(3 Items)		102	18	

4.3 Plano de estudos

Mapa III - - 1º Ano / 1º Semestre / 1st Year / 1st Semester

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:

1º Ano / 1º Semestre / 1st Year / 1st Semester

4.3.3 Plano de Estudos / Study plan

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Engenharia de Serviços / Services Engineering	INF	Semestral/Semiannual	162	T-30; PL-30; O-2	6	
Segurança e Privacidade / Privacy and Security	INF	Semestral/Semiannual	162	T-30; PL-30; O-2	6	
Inteligência Artificial Centrada no Humano / Human-Centric Artificial Intelligence	INF	Semestral/Semiannual	162	T-30; PL-30; O-2	6	
Gestão de Projetos / Project Management	CSGD	Semestral/Semiannual	162	T-30; PL-30; O-2	6	
Tópicos de Ciência dos Dados / Data Science Topics	OP	Semestral/Semiannual	162	T-30; PL-30; O-2	6	Opcional/Optional
Estatística Industrial / Industrial Statistics	OP	Semestral/Semiannual	162	T-30; PL-30; O-2	6	Opcional/Optional
Ciência dos Dados em Física / Data Science in Physics	OP	Semestral/Semiannual	162	T-15; PL-45; O-2	6	Opcional/Optional
Ciência dos Dados em Ciências da Terra e do Espaço / Data Science in Earth and Space Sciences	OP	Semestral/Semiannual	162	TP-60	6	Opcional/Optional
Comunicação com Dados / Communicating with Data	OP	Semestral/Semiannual	162	T-30; PL-30; O-2	6	Opcional/Optional

(9 Items)

Mapa III - - 1º Ano / 2º Semestre / 1st Year / 2nd Semester

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:

1º Ano / 2º Semestre / 1st Year / 2nd Semester

4.3.3 Plano de Estudos / Study plan

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Apoio à Decisão e Análise de Risco / Decision Support and Risk Analysis	INF	Semestral/Semiannual	162	T-30; TP-30; O-2	6	
Visualização Avançada de Dados / Advanced Data Visualization	INF	Semestral/Semiannual	162	T-30; TP-30; O-2	6	
Fusão de Informação em Análise de Dados / Data Fusion and Analysis	INF	Semestral/Semiannual	162	T-30; TP-30; O-2	6	
Aprendizagem Computacional Avançada / Advanced Machine Learning	INF	Semestral/Semiannual	162	T-30; TP-30; O-2	6	
Análise Geométrica de Dados / Geometric Data Analysis	OP	Semestral/Semiannual	162	T-30; TP-30; O-2	6	Opcional/Optional
Simulação / Simulation	OP	Semestral/Semiannual	162	T-30; TP-30; O-2	6	Opcional/Optional
Otimização Avançada / Advanced Optimization	OP	Semestral/Semiannual	162	TP-60; O-2	6	Opcional/Optional
Sistemas Complexos / Complex Systems	OP	Semestral/Semiannual	162	T-30; TP-30; O-2	6	Opcional/Optional
Análise de Dados Espaciais / Spatial Data Analysis	OP	Semestral/Semiannual	162	T-30; TP-30; O-2	6	Opcional/Optional
Computação Evolucionária / Evolutionary Computation	OP	Semestral/Semiannual	162	T-30; TP-30; O-2	6	Opcional/Optional

(10 Items)

Mapa III - - 2º Ano / 1º Semestre / 2nd Year / 1st Semester**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:**2º Ano / 1º Semestre / 2nd Year / 1st Semester****4.3.3 Plano de Estudos / Study plan**

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Tecnologias para Análise de Dados / Data Analysis Technologies	INF	Semestral/Semiannual	162	T-30; PL-30; O-2	6	
Análise de Séries Temporais e Predição / Time Series Analysis and Prediction	INF	Semestral/Semiannual	162	T-30; PL-30; O-2	6	
Bioinformática / Bioinformatics	OP	Semestral/Semiannual	162	T-20; PL-30; O-10	6	Opcional / Optional

Infraestruturas Avançadas para Ciência de Dados / Advanced Infrastructures for Data Science	OP	Semestral/Semiannual	162	T-30; PL-30; O-2	6	Opcional / Optional
Métodos Heurísticos / Heuristic Methods	OP	Semestral/Semiannual	162	T-30; PL-30; O-2	6	Opcional / Optional
Estágio/Dissertação Dissertation/Internship (6 Items)	INF	Anual/Annual	324	OT-15	12	

Mapa III - - 2º Ano / 2º Semestre / 2nd Year / 2nd Semester

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:

2º Ano / 2º Semestre / 2nd Year / 2nd Semester

4.3.3 Plano de Estudos / Study plan

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Estágio/Dissertação Dissertation/Internship (1 Item)	INF	Anual/Annual	810	OT-30	30	

4.4. Unidades Curriculares

Mapa IV - Engenharia de Serviços

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Engenharia de Serviços

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Service Engineering

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

INF

4.4.1.3. Duração:

Semestral/Semiannual**4.4.1.4. Horas de trabalho:****162****4.4.1.5. Horas de contacto:****T-30; PL-30; O-2****4.4.1.6. ECTS:****6****4.4.1.7. Observações:****<sem resposta>****4.4.1.7. Observations:****<no answer>****4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):****Paulo José Osório Rupino Cunha****4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:****Filipe João Boavida Mendonça Machado Araújo****4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

O crescimento do sector dos serviços requer a aplicação de métodos científicos e sistemáticos para suportar a sua criação e gestão. Neste contexto, esta unidade curricular fornece um contributo importante para a definição, desenho, modelação, execução e análise de serviços. Apresenta metodologias, técnicas, ferramentas e tecnologias, ilustrando a sua aplicação a casos reais ou de complexidade comparável. A unidade curricular fornece uma referência abrangente e prepara os estudantes que aspiram aprender sobre ou a obter um conhecimento científico mais profundo sobre o desenho e engenharia de serviços, experiência com serviços e gestão e inovação de serviços.

A disciplina deverá dotar os estudantes de competências na concepção e implementação de serviços, nomeadamente serviços prestados online.

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

The expansion of the service sector brings the need to apply scientific disciplines to create new services. Therefore, service engineering takes an important step to clarifying the definition, design, modeling, execution and analysis of services. The course presents modeling languages, methods, methodologies, applications, and case studies with actionable results by illustrating techniques that can be employed in large scale, real world examples to engineer services. It provides a comprehensive reference suitable for students who aspire to learn about or to create a deeper scientific foundation for service design and engineering, service experience, and service management and innovation.

During the course students should acquire competences on the design and implementation of services, namely online services.

4.4.5. Conteúdos programáticos:**Parte I - Desenho de Serviços****- Conceito de serviço, relevâncias dos serviços, considerações sobre desenho de serviços****- Desenho de serviços: exploração**

- **Desenho de serviços: criação, reflexão, implementação**
- **Inovação aberta de serviços**

Parte II - Desenvolvimento de Serviços

- **Computação em nuvem**
- **Serviços RESTful, OpenAPI/Swagger e GraphQL**
- **Introdução ao desenvolvimento front-end**
- **Segurança no desenvolvimento front-end**
- **Armazenamento de dados na nuvem**
- **Teoremas CAP e PACELC**
- **Computação "sem servidor" e serviços de workflow da AWS Amazon**
- **Serviços da AWS Amazon: Simple Queue Service, Simple Notification Service, Simple Email Service, CloudFormation, CloudWatch, Identity and Access Management**
- **Arquiteturas na nuvem. Fiabilidade, disponibilidade, escalabilidade e elasticidade.**
- **Balanceamento de carga**
- **Containers**
- **Serviços de Machine Learning na Cloud**

4.4.5. Syllabus:

Part I - Service Design

- **The service concept, relevance of services, considerations about service design**
- **Designing services: exploration**
- **Designing services: creation, reflection, implementation**
- **Open Service Innovation**

Parte II - Service Development

- **Cloud computing.**
- **RESTful services, OpenAPI/Swagger and GraphQL**
- **Introduction to front-end development**
- **Security in front-end development**
- **Data storage on the cloud**
- **CAP and PACELC theorems**
- **Serverless computing and Amazon AWS workflow services**
- **Amazon AWS Services: Simple Queue Service, Simple Notification Service, Simple Email Service, CloudFormation, CloudWatch, Identity and Access Management**
- **Cloud Architectures. Reliability, Availability, Scalability & Elasticity**
- **Load Balancing**
- **Containerization**
- **Machine Learning Services on the Cloud**

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

A primeira parte da unidade curricular foca-se nas abordagens usadas para o desenho conceptual dos serviços, ao passo que a segunda aborda um conjunto de tecnologias que permitem a sua implementação. Numa analogia com a engenharia de software, a primeira parte pode considerar-se como uma vertente de elicitação de requisitos, ao passo que a segunda discute especificação detalhada e implementação, com particular ênfase para os serviços digitais, com backend cloud, que estão na base de grande parte da inovação a que se assiste.

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

Part one of the course is focused on approaches to conceptual service design, while part two addresses a set of technologies that enable service

implementation. Using an analogy with software engineering, part one is concerned with requirements elicitation while part two discusses detailed specifications and implementation, with a particular emphasis on digital services with a cloud backend. These are the cornerstones of much of innovation in this area.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas teóricas: Descrição detalhada dos conceitos, princípios, metodologias e melhores práticas usadas na engenharia serviços. Apresentação e discussão de casos de estudo de forma a ilustrar a importância prática das metodologias.

Aulas teórico-práticas: Resolução de exercícios práticos e exploração de casos de estudo que requerem a combinação e associação de conceitos apresentados nas aulas teóricas. Fomentar o pensamento crítico na presença de problemas de complexidade acrescida.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Theoretical classes: Detailed description of concepts, principles, methodologies and best practices used to engineer services in organizations. Presentation and discussion of case studies to illustrate the practical importance of methodologies.

Theoretical-practical classes: Resolution of practical exercises and exploration of case studies which require the combination and association of concepts presented in theoretical classes. Fostering of critical thinking in the presence of more intricate problems.

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

Os conceitos lecionados nas aulas teóricas, e a sua aplicação práticas nas aulas teórico-práticas, fomentam o desenvolvimento de competências na resolução de problemas, raciocínio crítico, análise e síntese no domínio da engenharia de serviços. As metodologias de ensino são consistentes com os objetivos da unidade curricular que resulta do uso de uma metodologia expositiva combinada com a análise de casos de estudos e exercícios práticos que permitem: 1) uma compreensão adequada do programa, 2) a demonstração da relevância da engenharia de serviços, e 3) a criação de conhecimento prático no que diz respeito aos processos.

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

The concepts taught in theoretical classes and their practical applications in theoretical-practical classes foster the development of competencies in problem solving, critical reasoning, analysis and synthesis in the field of service engineering. The teaching methodologies are consistent with the objectives of the curricular unit as the expository methodology combined with the analysis of case studies and practical exercises enable: 1) a proper understanding of the syllabus, 2) a demonstration of the relevance of service engineering, and 3) the creation of practical knowledge with respect to the processes.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Stickdom & Schneider (2011). This is Service Design Thinking. Amsterdam: BIS Publishers

Documentation from Amazon AWS.

Load Balancing Servers, Firewalls, and Caches. Chandra Kopparapu, ISBN: 978-0-471-41550-3

Diverse technical and scientific papers on the various course topics.

Mapa IV - Segurança e Privacidade

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Segurança e Privacidade

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Security and Privacy

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

INF

4.4.1.3. Duração:

Semestral/Semiannual

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

4.4.1.5. Horas de contacto:

T-30; PL-30; O-2

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

Nuno Manuel dos Santos Antunes

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

Marco Paulo Amorim Vieira

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

Esta unidade curricular tem como objetivo a aquisição de conhecimentos sobre segurança e privacidade em aplicações e sistemas informáticos, com particular foco em cenários de processamento de dados. Espera-se que os estudantes dominem os conceitos fundamentais em segurança e privacidade, tendo em conta o desenvolvimento de aplicações com uso intensivo de dados sensíveis e não sensíveis.

Será dado ênfase às questões de privacidade, incluindo os princípios e obrigações éticas e legais que as organizações devem respeitar para com os sujeitos dos dados manipulados pelas suas aplicações.

Serão abordadas as técnicas principais para a proteção da confidencialidade e integridade dos dados no armazenamento, na comunicação e processamento.

Espera-se também que os estudantes apreendam os pontos chave para o desenvolvimento seguro de aplicações e sistemas de informação, e como tirar partido de infraestruturas cloud de uma forma segura.

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

The aim of this curricular unit is to provide knowledge regarding the foundations of security and privacy in applications and computer systems, with particular focus on data processing scenarios. It is expected that the students master the fundamental concepts of security and privacy, taking into account the

development of applications dealing with sensitive and non-sensitive data-intensive.

A strong emphasis will be put on privacy issues, including the principles and the ethical and legal obligations that organizations must respect for data subjects handled by their applications.

The main techniques for protecting the confidentiality and integrity of data in storage, communication and processing will be addressed.

The students are also expected to learn they key notions to be aware of when developing secure applications and information systems, and how to take advantage of cloud infrastructures in a secure way.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. *Introdução à Segurança e Privacidade*
2. *Conceitos básico de Criptografia*
3. *Segurança nas comunicações, Redes e Internet*
4. *Privacidade na Organização: Princípios, Legislação e Ética*
5. *Modelos de Privacidade e Risco de Divulgação:*
 - 5.1. *k-anonymity, l-diversity, t-closeness, etc.*
 - 5.2. *Re-identificação e correlação de registos*
6. *Segurança e Privacidade no Processamento de Dados*
 - 6.1. *Confidencialidade de dados e computação confiável*
 - 6.2. *Técnicas para privacidade e anonimato: Perturbações e Perda de informação*
7. *Segurança de Software*
8. *Segurança em Sistemas de Informação*
9. *Segurança na nuvem e IoT*
10. *Detecção e Prevenção de Intrusão*

4.4.5. Syllabus:

1. *Introduction to Security and Privacy*
2. *Basic concepts of Cryptography*
3. *Security in Communication Systems, Network and Internet*
4. *Enterprise Privacy: Principles, Laws and Ethics*
5. *Privacy Models and Disclosure Risk:*
 - 5.1. *k-anonymity, l-diversity, t-closeness, etc.*
 - 5.2. *Re-identification and record linkage*
6. *Security and Privacy in Data Processing*
 - 6.1. *Data confidentiality and trusted computing*
 - 6.2. *Techniques for privacy and anonymity: Masking and Information loss*
7. *Software Security*
8. *Security in Information Systems*
9. *Cloud and IoT Security*
10. *Intrusion Detection and Prevention*

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

Esta unidade curricular tem como objetivo a aquisição de conhecimento e competências na área de segurança e privacidade em aplicações de processamento de dados. Nesse sentido, são abordados os conceitos, as técnicas e ferramentas que permitem essa mesma segurança e privacidade durante o transporte, armazenamento e processamento de dados.

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

This course unit aims to acquire knowledge and skills in the area of security and privacy in data processing applications. In this sense, the course addresses the concepts, techniques and tools that allow this security and privacy during transportation, storage and data processing.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas teóricas (T) : apresentações e discussão sobre os tópicos da unidade curricular.

Aulas práticas (PL): aplicação dos conceitos teóricos em exercícios e projetos.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Lecture classes (T): presentation and discussion around the topics of the course.

Lab classes (PL): application of theoretical concepts in projects.

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

Nesta unidade curricular procura-se motivar e envolver os estudantes através de um processo contínuo de aprendizagem dos conceitos e discussão da sua aplicação prática em exemplos nos domínios de aplicação selecionados na unidade curricular. Para além de aulas magistrais, para explanação e discussão dos conceitos, serão usados pequenos projetos focando a aplicação prática dos conceitos aprendidos de forma a assegurar que os estudantes adquirem as competências esperadas. O facto de estes projetos serem efetuados em pequenos grupos ajuda a adquirir as competências técnicas num contexto mais realista, de trabalho em equipa, desenvolvendo também as competências de interação pessoal e de trabalho em equipa. Os projetos também complementa a aprendizagem com competências de comunicação escrita e oral (escrita de relatório final e apresentação e defesa, como parte da avaliação da unidade curricular) e de resolução de problemas em ambiente de equipa.

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

In this curricular unit the teaching methodologies promote students involvement since the beginning, with the goal of a continuous acquisition of knowledge and competences. In addition to lecturers, practical assignments targeting key aspects of the concepts taught and their applicability will play an important role in the learning process. With the comprehension of the concepts, with the resolution and oral defenses of the proposed problems and with the exam the conditions are set for the acquisition of competences in computer skills related to the study field, problem solving, autonomous learning, application of theoretical knowledge in practical activities, and oral and written communication. The fact that the assignments are carried out in small group allows the acquisition of competences in team work and interpersonal relationships.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Torra, V. (2017). Data Privacy: Foundations, New Developments and the Big Data Challenge. Cham: Springer International Publishing.

Whitman, M. E., & Mattord, H. J. (2014). Principles of Information Security (5 edition). Boston, MA: Course Technology.

Pfleeger, C. P., Pfleeger, S. L., & Margulies, J. (2015). Security in Computing. Prentice Hall.

Stallings, W., & Brown, L. (2018). Computer Security: Principles and Practice. Pearson Education, Incorporated.

Mapa IV - Inteligência Artificial Centrada no Humano**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

Inteligência Artificial Centrada no Humano

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Human-Centric Artificial Intelligence

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

INF

4.4.1.3. Duração:

Semestral/Semiannual**4.4.1.4. Horas de trabalho:****162****4.4.1.5. Horas de contacto:****T-30; PL-30; O-2****4.4.1.6. ECTS:****6****4.4.1.7. Observações:****<sem resposta>****4.4.1.7. Observations:****<no answer>****4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):*****Fernando Amílcar Bandeira Cardoso*****4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:*****Luís Macedo, Penousal Machado, Hugo Oliveira, Pedro Abreu*****4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

Pretende-se dar ênfase ao envolvimento do Homem nas estruturas e processos de Inteligência Artificial (IA), o que pode acontecer em diferentes momentos, nomeadamente: os humanos são fonte de dados para os modelos de IA, podem ter um papel na definição e construção de estruturas de representação da informação e nos algoritmos de raciocínio/tomada de decisão/aprendizagem de IA, e são os destinatários do produto final do sistema de IA.

Pretende-se que o estudante conheça os mecanismos que permitem às diferentes componentes de um sistema de IA serem perscrutáveis, explicáveis, auditáveis, abertas à colaboração com o Homem e, se necessário, passíveis de serem dadas a conhecer ao humano de forma amigável, transparente e eventualmente personalizável, para o que o recurso a modelos cognitivos se revela potencialmente benéfico.

Pretende-se que o estudante adquira conhecimentos e desenvolva diversas competências tais como análise, síntese e raciocínio crítico.

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

The goal of this Curricular Unit is to highlight the involvement of humans in Artificial Intelligence, which can happen in different manners, namely: humans are sources of data for AI models; humans might play an important role in the definition and construction of knowledge representation structures as well as in the the algorithms of reasoning/decision-making/learning of AI; humans are the main recipients of the output of the AI system. The student should become aware of the mechanisms that allow all the different components of the AI system to be re-traceable, explainable, understandable, open to human collaboration and, if needed, be made known to humans in a friendly, transparent and personalised way. The use of cognitive models in the construction of AI systems potentially favours the accomplishment of this goal.

The students are supposed to acquire knowledge and develop various skills such as analysis, synthesis, and critical thinking.

4.4.5. Conteúdos programáticos:***1. Humanos no Processo***

Motivação, Lei e Ética**Humanos como produtores de dados, informação e conhecimento****Decisão e Aprendizagem Colaborativas****2. Extração de Dados****Anotação de dados****Registo histórico e memórias autobiográficas****Mineração do processo****Mineração de texto e opiniões****Análise sentimental****Crowdsourcing****3. IA Explicável e Interpretável****Interpretação e Explicação****Teoria do Valor da Informação; Medição da Informação****Causalidade****Modelos Explicativos (e.g. Regressão Logística e Linear, Redes, Regras e Árvores de Decisão)****Aprendizagem Neuro-Simbólica****Confiança e Privacidade****4. Sistemas Cognitivos****Modelação Cognitiva e Comportamental****Modelação do Utilizador e Grupo****Personalização****Arquiteturas Cognitivas****5. Sistemas de Recomendação****Técnicas****Avaliação****Tópicos Avançados****Casos de Estudo****6. Agentes Inteligentes Pessoais****4.4.5. Syllabus:****1. Human-in-the-Loop****Motivation, Law, and Ethics****Humans as data, information, and knowledge producers****Collaborative Decision-making and Learning****2. Data Mining****Data set annotation****Lifelogging and autobiographical memories****Process mining****Text and opinion mining****Sentiment analysis****Crowdsourcing****3. Explainable and Interpretable AI****Interpretability and Explainability**

Information Value Theory; Measuring Information**Causality****Explainable Models (e.g. Logistic and Linear Regression, Bayes Nets, Decision Trees, Decision Rules)****Neuro-symbolic learning****Trust and Privacy****4. Cognitive Systems****Cognitive and Behaviour Modeling****User and Group Modeling****Personalization****Cognitive Architectures****5. Recommender Systems****Techniques****Evaluation****Advanced Topics****Case Studies****6. Intelligent Personal Assistant Agents****4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

Os tópicos 1 e 2 (Humanos no Processo; Mineração) aborda, no seu todo, a colaboração entre humanos e um sistema de IA nas diversas componentes deste último.

O tópico 3 (IA Explicável e Interpretável) aborda especificamente a questão da explicação/interpretação das estruturas e dos processos de um sistema de IA, incluindo a forma amigável, transparente e personalizada de disponibilizar esta informação aos humanos.

O tópico 4 (Sistemas Cognitivos) é sobre a construção e uso de modelos cognitivos dos humanos por parte de um sistema de IA, o que é um passo importante para atingir a colaboração entre humanos e um sistema de IA.

O tópicos 5 e 6 (Sistemas de Recomendação; Agentes Inteligentes Pessoais) são domínios de aplicação onde os quatro tópicos anteriores podem ser evidenciados.

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

Topic 1 and 2 (Human-in-the-Loop; Mining) addresses the general collaboration between humans and the AI system in all the components of the later.

Topic 3 (Explainable and Interpretable AI) addresses specifically the explainability/interpretability of the structures and processes of the AI system, including the friendly, transparent and possibly personalised way of delivering that information to humans.

Topic 4 (Cognitive Systems) is about the construction and usage of human cognitive models by an AI system, which is as an important step to accomplish the collaboration between humans and an AI system.

Topics 5 and 6 (Recommender Systems; Intelligent Personal Assistant Agents) are application domains where the previous three topics might be shown.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As aulas teóricas consistem na apresentação detalhada de conceitos, princípios e teorias fundamentais de Inteligência Artificial Centrada no Humano.

Nas aulas laboratoriais, adota-se uma Aprendizagem Baseada em Projeto, direcionada para a aquisição de competências através da realização de um trabalho laboratorial, envolvendo três componentes: (i) análise de trabalhos de Inteligência Artificial Centrada no Humano descritos na literatura, (ii) implementação, e (iii) escrita de um artigo científico, que descreva o trabalho de implementação realizado e que poderá ser apresentado e defendido.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Theoretical classes comprise detailed presentation of Human-Centered Artificial Intelligence concepts, principles and fundamental theories.

Practical Lab classes adopt a Project Based Learning approach, directed towards competence acquisition through the development of a laboratory work,

comprising three components: (i) analysis of Human-Centered Artificial Intelligence works described in the literature, (ii) implementation, and (ii) writing of a scientific article, describing the lab work done, plus its presentation and defense.

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

A metodologia de aprendizagem baseada em projeto, incidindo sobre as três componentes, de análise, escrita e implementação, favorece a aquisição de competências em contexto, reforçando a motivação, sendo adequada às competências-alvo da unidade curricular. A apresentação e defesa do Projeto, assim como a Prova Escrita, desempenham também papel relevante na elaboração e no aprofundamento dos conceitos leccionados num formato de aula magistral na componente teórica, facilitando a sua apropriação.

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

The methodology of project-based learning, addressing the three components, analysis, writing and implementation, benefits the acquisition of competencies in context, strengthening the motivation, being appropriate to the goal competencies of this curricular unit. The presentation and defense of the Project, as well as the Written Test, play a relevant role in the elaboration and further development of the concepts taught in magistral class format in the theoretical component, promoting its appropriation.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

S. Russell, P. Norvig. Artificial Intelligence: A Modern Approach. Pearson, Upper Saddle River, NJ, 2009.

D. Koller, N. Friedman. Probabilistic Graphical Models: Principles and Techniques. MIT Press, Cambridge, MA, 2009.

A. Holzinger, P. Kieseberg, E. Weippl & A. Min Tjoa. Current Advances, Trends and Challenges of Machine Learning and Knowledge Extraction: From Machine Learning to Explainable AI. Springer Lecture Notes in Computer Science LNCS 11015. Cham: Springer, pp. 1-8, 2018.

C. Molnar. Interpretable machine learning. A Guide for Making Black Box Models Explainable, 2019. <https://christophm.github.io/interpretable-ml-book/>.

T. Miller. Explanation in artificial intelligence: Insights from the social sciences. Artificial Intelligence, 267, 1–38, 2019.

F. Ricci, L. Rokach, B. Shapira. Recommender Systems Handbook. Springer, 2015.

Mapa IV - Visualização Avançada de Dados

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Visualização Avançada de Dados

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Advanced Data Visualization

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

INF

4.4.1.3. Duração:

Semestral/Semiannual

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

4.4.1.5. Horas de contacto:

T-30; PL-30; O-2

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

Fernando Jorge Penousal Martins Machado

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

<sem resposta>

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

Esta UC apresenta e discute ferramentas e técnicas avançadas de visualização de dados, com foco no desenvolvimento de aplicações de visualização de grande escala. Adicionalmente, são analisadas técnicas avançadas para a visualização de dados georreferenciados e de rede. Por último, estudam-se e implementam-se técnicas de interação de última geração.

Ao final do curso, o aluno terá conhecimentos teóricos e experiência prática no desenvolvimento de visualizações para cenários de Big Data, podendo projetar, implementar, testar e validar soluções para cenários do mundo real que exigem visualização em grande escala.

Competências principais:

–análise e síntese; resolver problemas

–raciocínio crítico

–aplicar na prática os conhecimentos; investigar

Competências secundárias :

–organização e planificação

–trabalho em grupo

–aprendizagem autónoma; criatividade

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

This course presents and discusses advanced data visualization tools and techniques, focusing on the development of Large-Scale Visualization applications. Advanced techniques for the visualization of georeferenced and network data will also be addressed. Moreover, state of the art interaction techniques will be discussed and implemented.

By the end of the course, the student will have theoretical knowledge and practical experience on the development of visualizations for Big Data scenarios, being able to design, implement, test and validate solutions for real world scenarios that require Large-Scale Visualization.

Main competencies to be developed are:

- analysis and synthesis, problem solving
- critical thinking

-practical application of the theoretical knowledge; research

Secondary competences are:

- organizing and planning
- work in teams
- autonomous learning, creativity

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Visualização para Big Data

- . **Big Data: os 3Vs (volume, velocidade, variedade)**
- . **Fontes de dados heterogêneos e tipos de dados**
- . **Arquiteturas para visualização de Big Data**
- . **Desenvolvimento de aplicações de**
- . **Interação para visualização de Big Data**
- . **Métodos de visualização**

Percepção para Design

- . **Modelo de processamento visual**
- . **Valor, brilho, contraste, constância**
- . **Cor**
- . **Saliência visual**
- . **Padrões estáticos e móveis**
- . **Percepção espacial**
- . **Processos de Pensamento Visual**

Técnicas Avançadas de Visualização

- . **Dados georreferenciados**
- . **Dados de rede**
- **Layouts de gráficos multinível**
- **Substrato semântico**
- **Agrupamento e filtragem de nós**
- **Layouts Dinâmicos**
- **Mapas conceituais e mapas mentais**
- **Técnicas de agregação de bordas**
- **Representação de fluxo**
- **Representação de mudança em redes**
- . **Interação**
- **Lentes de dados**
- **Zoom semântico**

4.4.5. Syllabus:

Large-Scale Visualization

- . **Big Data: the 3Vs (volume, velocity, variety)**
- . **Heterogeneous data sources and data types**
- . **Architectures for Large Scale Visualization**
- . **Developing InfoVis Applications**

. Interaction for large scale visualization

. Visualization methods

Perception for Design

. Model of visual processing

. Lightness, brightness, contrast, constancy

. Color

. Visual Saliency / Finding Information

. Static and Moving Patterns

. Space Perception

. Visual Thinking Processes

Advanced Visualization Techniques

. Georeferenced data

Vector fields

Tensor fields

. Network Data

- Multilevel graph layouts

- Semantic substrate

- Node grouping and filtering

- Dynamic Layouts

- Concept maps and mind maps

- Edge bundling techniques

- Representing flow

- Representing change in networks

. Interaction

- Data Lenses

- Semantic zoom

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

O objectivo central desta unidade curricular é a aquisição de competências que permitam o desenvolvimento de ferramentas de visualização de grandes volumes de dados e a sua aplicação em cenários de ciência dos dados. Os conteúdos programáticos reflectem este objectivo focando em tópicos de visualização para Big Data e em aspectos de percepção visual que são particularmente relevantes neste contexto. Adicionalmente, a visualização de grandes volumes de dados implica, por norma, a implementação de técnicas avançadas de visualização e interacção.

A estratégia adoptada passa: pela exposição dos conceitos teóricos considerados fundamentais, pelo estudo e análise de casos de visualização, e, pelo desenvolvimento de projectos de visualização de grandes volumes de dados.

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

The main objective of this curricular unit is the acquisition of skills that allow the development of tools for visualizing large volumes of data and their application in data science scenarios. The syllabus reflects this goal by focusing on Big Data visualization topics and visual perception aspects that are particularly relevant in this context. In addition, visualizing large volumes of data implies, usually, the implementation of advanced visualization and interaction techniques.

The strategy adopted is: presenting the fundamental theoretical concepts, the study and analysis of visualization cases, and the development of visualization projects of large volumes of data.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

São leccionadas aulas teóricas com exposição detalhada, recorrendo a meios audiovisuais, dos conceitos, princípios e técnicas fundamentais.

Serão também leccionadas aulas práticas, que têm por objectivo fundamental fazer a ligação entre os conceitos teóricos e sua aplicação prática. Privilegia-se o desenvolvimento de projectos que permitam aplicar os conceitos fundamentais e desenvolver as competências necessárias para o desenvolvimento de visualizações para grandes volumes de dados e a sua integração em processos e aplicações de ciência dos dados.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The unit includes theoretical lectures where the fundamental concepts, principles and techniques are presented and explained in detail.

Lectures of practical nature play the role of strengthening the connection between theoretic knowledge and its practical application. For that purpose the course promotes the development of projects that allow the application of the fundamental concepts and the development of the necessary competences for the development of visualizations for large volumes of data and their integration in processes and applications of data science.

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

A estratégia e o método de ensino adoptado procuram envolver os alunos no processo de aprendizagem, levando não só ao desenvolvimento de competências técnicas específicas à disciplina de visualização de informação aplicada a cenários de ciência de dados, mas também ao desenvolvimento de competências pessoais genéricas.

Os conteúdos teóricos são aplicados através do desenvolvimento de projectos de visualização de informação de largos volumes de dados, dando prioridade a situações do mundo real e explorando a interligação com outras unidades curriculares.

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

The strategy and method of teaching adopted seek to involve students in the learning process, leading not only to the development of specific technical skills to the discipline of visualizing information applied to data science scenarios but also to the development of generic personal skills.

Theoretical contents are applied through the development of visualization projects for large data volumes, giving priority to real world situations and exploring the interconnection with other curricular units.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Munzner, T.: Visualization Analysis and Design, 2014.

Ware, C.: Information Visualization: Perception for Design, 2nd ed., 2004.

Wang, L., Wang, G., & Alexander, C. A. (2015). Big data and visualization: methods, challenges and technology progress. Digital Technologies, 1(1), 33-38.

Meirelles, I: Design for Information: An Introduction to the Histories, Theories, and Best Practices Behind Effective Information Visualizations. Rockport Publishers, 2013

T. Finke and S. Manger, Information: Animated Infographics. Gestalten Verlag, 2012

M. Lima, Visual Complexity: Mapping Patterns of Information. Princeton Architectural Press, 2011

Sagiroglu, S., & Sinanc, D. (2013, May). "Big data: A review". In 2013 International Conference on Collaboration Technologies and Systems (CTS) (pp. 42-47). IEEE.

Kitchin, R., & McArdle, G. (2016). "What makes Big Data, Big Data? Exploring the ontological characteristics of 26 datasets".

Mapa IV - Gestão de Projetos

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Gestão de Projetos

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Project Management

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

CSGD

4.4.1.3. Duração:

Semestral/Semiannual

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

4.4.1.5. Horas de contacto:

T-30; TP-30; O-2

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

Marco Paulo Amorim Vieira

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

Mário Z. Rela, Bruno Cabral

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

A natureza da atividade de um engenheiro é de tal forma única, que requer o conhecimento de técnicas de gestão de projetos, nomeadamente a nível da gestão de recursos, quer humanos quer computacionais, análise de riscos, planeamento, acompanhamento, etc. Nesta disciplina pretende-se abordar as principais técnicas de gestão de projeto enquanto atividade de engenharia, i.e. com custos e prazos finitos, incluindo aspetos de relacionamento pessoal e organizacional, como resultado da necessidade de trabalhar no seio de equipas de razoável dimensão (8 a 12 pessoas), em projetos reais com clientes reais.

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

The students will get knowledge through hands-on experience on the main techniques used to manage and execute a project as an engineering activity, i.e. with constrained deadlines, costs and quality. Interpersonal, social and work management issues will also be focused as the students will have to work integrated in a large development team (8 to 12 students) with real clients.

4.4.5. Conteúdos programáticos:**1. Conceitos Base****1.1. Engenharia de Sistemas****1.2. Ciclos de Vida****1.3. Processos de Engenharia****2. Definição de Âmbito e Gestão de Requisitos****3. Planeamento e Acompanhamento de Projetos****3.1. Estimativas de Esforço****3.2. Análise de Riscos****3.3. Planeamento****3.4. Monitorização****4. Aquisição e Contratação****4.1. Identificação de Alternativas****4.2. Modelos para Tomada de Decisão****4.3. Modelos para Avaliação Económica****5. Gestão de Expectativas de Clientes****5.1. Comunicação****5.2. Tomada de Decisão****5.3. Negociação****6. Gestão de Equipas e Pessoas****6.1. Gestão de Relacionamentos****6.2. Gestão de Conflitos****6.3. Liderança****7. Gestão da Garantia de Qualidade****4.4.5. Syllabus:****1. Base Concepts****1.1. Systems Engineering****1.2. Lifecycles****1.3. Engineering processes****2. Scope Definition and Requirements Management****3. Projects Planning and Tracking****3.1. Effort Estimation****3.2. Risk Analysis****3.3. Planning****3.4. Monitoring****4. Acquisition and Contracting****4.1. Identifying Alternatives****4.2. Models for Decision Making****4.3. Models for Cost Assessment****5. Managing Customer Expectations****5.1. Communication****5.2. Decision Making****5.3. Negotiation****6. Team and People Management****6.1. Relationship Management****6.2. Conflict Management****6.3. Leadership****7. Managing Quality Assurance**

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

Os conteúdos são mapeados intrinsecamente com os objetivos da cadeira, dado que o modelo de ensino-aprendizagem assenta na realização de um projecto real para um cliente real; dado que este projecto tem de cobrir as diversas fases de execução de um projecto informático (definição de um processo de desenvolvimento, o planeamento do projecto, a gestão da qualidade -processual e do produto-, uma análise e gestão de riscos, a gestão de configurações e controlo de alterações, todos os aspetos de organização e gestão de uma equipa de 8 a 12 estudantes, começando na análise e gestão de requisitos e terminando na verificação e testes), esses objetivos são alcançados.

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

The course contents are closely mapped to the objectives, as the teaching and learning model are based on the execution of a real project for a real client, as this project has to cover the various stages of implementing a project (definition of a process; project planning, quality management and risk management, configuration management and change control, all aspects of organization and management of a team of 8 to 12 students, starting in the analysis and management requirements and ending in testing and verification), these objectives are achieved.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A metodologia de ensino é fortemente baseada na realização de um projecto real, com um cliente real. Todas as semanas o docente da cadeira reúne com a equipa para avaliar o progresso realizado de acordo com os objetivos definidos na semana anterior. Para além disso, existem aulas expositivas, onde são abordados conceitos base de gestão de projetos.

A avaliação é semanal, pública, e com feedback aos alunos, feita de acordo com uma distribuição normal e a classificação individual assenta na classificação da equipa (valor de base) e a sua contribuição individual para aquele objetivo (offset).

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The teaching methodology is strongly based on the execution of a real project with a real client. Every week the professor meets with the team to assess progress in accordance with the objectives set in the previous week. In addition, there is a set of theoretic class, with base concepts on project management.

The rating is weekly and public, and feedback is given to students. The weekly evaluation is performed according to a normal distribution and individual grades are based on the team achievements (baseline) and their individual contribution for that purpose (offset).

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

Sendo uma unidade curricular de gestão de projectos, assenta na gestão de um projecto como metodologia de aprendizagem.

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

As a course on project management, it is based on a project management as learning methodology.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

*The Software Project Survival Guide, Steve McConnell
Microsoft Press; 1 edition (October 15, 1997), 304 pages
ISBN-10: 1572316217*

*A Guide to the PMBOK® Guide
Publisher: Project Management Institute
Date Published: 2008
ISBN13: 9781933890517*

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Tópicos de Ciência dos Dados

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Data Science Topics

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

OP

4.4.1.3. Duração:

Semestral/Semiannual

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

4.4.1.5. Horas de contacto:

T-30; PL-30; O-2

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

Paulo Fernando Pereira de Carvalho

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

Jorge Manuel Oliveira Henriques, Rui Pedro Pinto Carvalho e Paiva, César Alexandre Domingues Teixeira

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

A UC pretende introduzir a área da ciência dos dados, apresentando ao aluno uma visão geral da área, dos seus princípios metodológicos, dos seus desafios e das suas principais aplicações. Pretende-se ainda introduzir os algoritmos básicos de um pipeline de análise de dados com particular ênfase na preparação dos dados, extração atributos e de redução da dimensionalidade e na aprendizagem e validação. No final pretende-se que o/a aluno/a seja capaz de identificar de desenhar pipelines e validar experimental e formalmente, a melhor solução algorítmicas para uma tarefa particular. Também se pretende fomentar a aprendizagem autónoma e o trabalho em grupo, as relações interpessoais, e a comunicação oral e escrita.

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

The UC intends to introduce the area of data science, presenting the student with an overview of the area, its methodological principles, its challenges and its

main applications. It is also intended to introduce the basic algorithms of a pipeline of data analysis with particular emphasis on data preparation, extraction attributes and reduction of dimensionality and on machine learning and validation. At the end it is intended that the student be able to identify from drawing pipelines and validate experimentally and formally the best algorithmic solution for a particular task. It is also intended to foster autonomous learning and group work, interpersonal relationships, and oral and written communication.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Cap 1: Introdução

- *Big Data e Ciência dos Dados*
- *Situação atual e perspectivas*
- *Competências necessários*

Cap 2: Problemas e Aplicações

- *Ciclo de vida e o pipeline*
- *Problemas e aplicações típicas*

Cap 3: Tratamento de dados

- *Avaliação da relação sinal/ruído*
- *Filtragem de séries temporais*
- *Detecção e tratamento de outliers*
- *Detecção e tratamento de valores em falta*
- *Transformadas tempo-frequência: extração de atributos não estacionários*

Cap 4: Tratamento de atributos

- *Discretização de variáveis contínuas, conversão de variáveis categóricas*
- *Normalização*
- *Tratamento de dados desbalanceados*

Cap 5: Selecção e redução de atributos

- *Métodos independentes do classificador/regressor: Filtros*
- *Wrappers e métodos “Embedded”*
- *Redução não supervisionada*
- *Redução supervisionada*

Cap. 6: Aprendizagem Computacional

- *Aprendizagem Supervisionada e não supervisionada*

Cap 7: Validação

4.4.5. Syllabus:

Cap 1: Introduction

- *Big Data and Data Science*
- *Current situation and prospects*
- *Required skills*

Cap 2: Problems and Applications

- *Life cycle and the pipeline*
- *Typical problems and applications C*

Cap 3: Data processing

- *Evaluation of signal-to-noise ratio*
- *Time series filtering*
- *Detection and treatment of outliers*
- *Detection and treatment of missing values*
- *Time-frequency transformations: extraction of non-stationary attributes*

Cap 4: Attribute Handling

- *Discretization of continuous variables, conversion of categorical variables*
- *Normalization*

- *Treatment of unbalanced data*

Cap 5: Selection and reduction of attributes

- *Classifier / regressor independent methods: Filters*

- *Methods based on classification / regression performance: "Wrappers"*

- *Embedded Methods*

- *Unsupervised reduction*

- *Supervised reduction*

Chapter 6: Computational Learning

- *Supervised and unsupervised learning*

Cap 7: Validation

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

O programa destina-se a introduzir aos estudantes uma visão envolvente da engenharia e da ciência dos dados. A abordagem seguida privilegia uma abordagem construtivista, ou seja, dos desafios para as diferentes metodologias e conceitos. Pretende-se ainda introduzir nas metodologias fundamentais de análise de dados (limpeza, extração e redução de atributos, aprendizagem computacional e validação). Na prática, os desafios e as limitações de diferentes abordagens serão consolidados por recurso a exercícios resolvidos recorrendo à implementação de raiz, plataformas ou ferramentas de simulação que terão que ser integrados e analisados pelos alunos.

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

The program is designed to introduce students to an engaging view of engineering and data science. The approach followed favors a constructivist approach, that is, of the challenges for the different methodologies and concepts. It is also intended to introduce fundamental methodologies of data analysis (cleaning, extraction and reduction of attributes, computational learning and validation). In the practical component of the course, the challenges and constraints of different approaches will be consolidated by using solved exercises using the platforms or simulation tools, but also the development from scratch of some of the algorithms, that will have to be integrated and analyzed by students.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas T: apresentação e discussão dos conceitos, técnicas e algoritmos. Na PL, o aluno exercita em computador o uso dos algoritmos de aprendizagem computacional na resolução de problemas de complexidade média, efectuando simulações eventualmente por recurso a ferramentas. Este trabalho é feito em grupo, na aula PL, com a monitorização do professor. Esta componente pesa na avaliação final (20%). Realização, fora das aulas, de um projecto com entrega de um relatório e defesa pública (40% da nota final). Exame escrito com peso de 40%.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

T classes: presentation and discussion of concepts, techniques and algorithms. In PL, the student exercises in computer the use of algorithms in the resolution of data science problems of average complexity, making possible simulations by means of tools and frameworks. This work is done in a group, in the PL class, with the teacher's monitoring. This component weighs in the final evaluation (20%). Out-of-class achievement of a project with a report and public defense (40% of final grade). Written exam weighing 40%.

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

Metodologias de ensino:

- *Aulas teóricas (2h semanais) para apresentação e discussão da matéria e resolução de exercícios, estabelecendo a interligação com as aulas práticas laboratoriais, usando meios audiovisuais e demonstrações computacionais.*

- *Aulas práticas laboratoriais (2h semanais) para apoio à realização dos exercícios das fichas práticas e do mini-projeto.*

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

Teaching methodologies:

- *Theoretical classes (2 hours weekly) for presentation and discussion of the matter and problem solving, establishing links with the practical laboratorial*

classes, using slides and computer demonstrations.

- Practical Laboratorial classes (2 hours weekly) to support the execution of exercises of the Worksheets and of the Mini-project.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- Peter Flach, Machine Learning: the art and science of algorithms that make sense of data, Cambridge University Press, 2012.

- Introduction to Machine Learning with Python, Andreas C. Muller and Sarah Guido, O'Reilly, 2017.

- García, Luengo & Herrera (2015). "Data Preprocessing in Data Mining". Springer.

- Nixon & Aguado (2008). "Feature Extraction & Image Processing". Academic Press.

Mapa IV - Estatística Industrial

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Estatística Industrial

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Industrial Statistics

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

OP

4.4.1.3. Duração:

Semestral/Semiannual

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

4.4.1.5. Horas de contacto:

T-30; TP-30; O-2

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

Marco Paulo Seabra dos Reis

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

<sem resposta>

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

Os objetivos fundamentais de aprendizagem para a unidade curricular desdobram-se em objetivos ao nível da aquisição de conhecimentos técnicos (hard skills) e do desenvolvimento de competências (soft skills). No que respeita à aquisição de conhecimentos técnicos, pretende-se que os alunos: compreendam os pilares funcionais de um sistema da qualidade e a importância que a análise de dados assume em cada um deles; compreendam a diferença entre dados observacionais e dados recolhidos de forma ativa, e as respetivas consequências; reconheçam a importância da análise exploratória de dados e saber como a conduzir recorrendo especialmente a ferramentas gráficas; adquiram know-how nas metodologias de aprendizagem não-supervisionada e de aprendizagem supervisionada lecionadas. No que respeita ao desenvolvimento de competências, pretende-se que os alunos sejam capazes de: analisar de forma sistemática problemas complexos, trabalhar em equipa e comunicar efetivamente resultados.

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

The fundamental learning objectives for the course are broken down into objectives for the acquisition of hard skills and soft skills. Regarding hard skills, students are expected to: understand the functional pillars of a quality system and the importance of data analysis in each one of them; understand the fundamental differences between observational data and actively collected data, and their consequences; recognize the importance of exploratory data analysis especially regarding the use of graphical tools; acquire know-how in the methodologies for non-supervised learning and supervised learning addressed during the course. With regard soft skills, students are expected to be able to: systematically analyze complex problems, work in teams and communicate effectively results.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1. O planeamento, melhoria, controlo e garantia de qualidade nas organizações*
- 2. Os dados industriais e as suas características*
- 3. Tipologias de problemas na análise de processos industriais*
- 4. Pré-processamento dos dados*
- 5. Visualização multidimensional*
- 6. Aprendizagem não-supervisionada em processos industriais*
- 7. Aprendizagem supervisionada em processos industriais. Soft sensors.*
- 8. Monitorização avançada de processos. Detecção, diagnóstico e prognóstico de falhas.*
- 9. Capacidade de processos*
- 10. Planeamento ótimo de experiências. Quality by Design*

4.4.5. Syllabus:

- 1. Quality planning, improvement, control assurance in organizations*
- 2. Industrial data and its characteristics*
- 3. Typologies of problems in the analysis of industrial processes*
- 4. Data pre-processing*
- 5. Multidimensional visualization*
- 6. Unsupervised learning in industrial processes*
- 7. Supervised learning in industrial processes. Soft sensors.*
- 8. Advanced process monitoring. Detection, diagnosis and prognosis.*
- 9. Process Capability*
- 10. Optimal design of experiments. Quality by Design*

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

Os conteúdos programáticos, em conjunto com a metodologia de ensino implementada e os trabalhos de grupo propostos aos alunos ocupam um papel destacado na operacionalização da unidade curricular. Estes devem ser consistentes entre si, reforçando-se mutuamente no seu contributo para atingir os

objetivos de aprendizagem e assegurar o alinhamento com os princípios estruturantes e a visão estratégica definidos para a unidade curricular. Neste sentido, os conteúdos programáticos abordam quer as tópicos “macro” da qualidade, da natureza dos dados industriais e das tipologias de problemas, aos tópicos “micro” relacionados com as técnicas e metodologias. Tal permite adquirir um conhecimento enquadrado da origem das metodologias e da forma como são aplicadas e os respetivos resultados comunicados, e assim atingir os objetivos colocados ao nível das hard skills e soft skills.

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

The syllabus, together with the teaching methodology and group assignments proposed to the students, play a prominent role in the operationalization of the discipline. These should be consistent, reinforcing each other in their contribution for achieving the learning objectives and ensuring full alignment with the structuring principles and strategic vision defined for the discipline. In this sense, the syllabus addresses in a balanced way both the “macro-level” topics of quality, the nature of the industrial data and the typologies of problems, as well as the “micro-levels” topics related to the specific techniques and methodologies. This allows the students to acquire contextualized knowledge about the origin of the methodologies and the way they are applied and the respective results communicated, and thus to reach the goals regarding the hard skills and soft skills.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A metodologia de ensino é baseada numa combinação de aulas convencionais onde os temas são motivados e introduzidos, com apoio a diapositivos, software e ilustrações (aulas teóricas) e aulas demonstrativas dos conceitos e da sua implementação computacional (aulas práticas). No decurso das aulas e fora delas, os alunos consolidam os conhecimentos com projetos realizados em grupo onde as ferramentas são aplicadas autonomamente sob supervisão do docente.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The teaching methods are based on a combination of conventional classes where the topics are motivated and introduced, with the support of slides, software and illustrations (theoretical classes) and classes demonstrating concepts and their computational implementation (practical classes). In the course of the classes' period, the students consolidate the learning outcomes with projects carried out in groups where the methods and tools are applied autonomously under the supervision of the teacher.

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

A metodologia de ensino e o sistema de avaliação proposto para esta unidade curricular estão alinhados com os seus princípios estruturantes, procurando avaliar a extensão com que os discentes atingiram os objetivos de aprendizagem traçados. Uma vez que as competências a adquirir envolvem quer uma componente de esforço individual na apreensão de conteúdos e sua aplicação autónoma, quer uma componente de grupo na análise de problemas reais e respetivo planeamento, execução e relato final, ambas as dimensões aparecem claramente refletidas na fórmula de avaliação. Esta compreende uma componente decorrente dos trabalhos de grupo com um peso de ~50% e uma componente relativa à avaliação no exame final, com um peso de ~50%. A fórmula potencia assim o empenho continuado, quer ao nível individual quer das equipas de trabalho e criação de hábitos de responsabilidade e autonomia.

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

The teaching methodology and the evaluation system proposed for this discipline are aligned with its structuring principles, promoting the extent to which students can reach the learning objectives. Since the skills to be acquired involve an individual effort for learning the contents and apply them autonomously, as well as a group effort in the analysis of real problems and their planning, execution and final reporting, both dimensions are clearly reflected in the evaluation formula. This comprises a component resulting from the group work with a weight of ~ 50% and a component relative to the evaluation in the final exam, weighing ~ 50%. The formula thus strengthens the continued commitment, both at the individual level and at the team level, as well as the adoption of habits of responsibility and autonomy.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- EMC Education Services (2015). *Data Science and Big Data Analytics: Discovering, Analyzing, Visualizing and Presenting Data*. Wiley.
- Kenett, R.S. Zacks, D. Amberti (2014). *Modern Industrial Statistics: with applications in R, MINITAB and JMP*, 2nd Edition. Wiley.
- Hastie, T., Tibshirani, R., & Friedman, J. (2009). *The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction*. NY: Springer.
- Eriksson, L., Johansson, E., Kettaneh-Wold, N., & Wold, S. (2001). *Multi- and Megavariate Data Analysis – Principles and Applications*. Umeå (Sweden): Umetrics AB.

- **Jolliffe, I. T. (2002). *Principal Component Analysis (2nd ed.)*. New York: Springer.**
- **Han, J., & Kamber, M. (2001). *Data Mining - Concepts and Techniques: Morgan Kaufmann*.**
- **Van der Heijden, F., Duin, R. P. W., De Ridder, D., & Tax, D. M. J. (2004). *Classification, Parameter Estimation and State Estimation*. Chichester: Wiley..**

Mapa IV - Ciência dos Dados em Física

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Ciência dos Dados em Física

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Data Science in Physics

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

OP

4.4.1.3. Duração:

Semestral/Semiannual

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

4.4.1.5. Horas de contacto:

T-15; TP-45; O-2

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

Alexandre Miguel Ferreira Lindote

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

Francisco Filipe Bento Neves, Fernando Manuel da Silva Nogueira

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

- Compreender as técnicas estatísticas de análise de dados na perspetiva da Física das Partículas.

- *Compreender como tratar incertezas sistemáticas e quais os critérios usados para estabelecer uma descoberta em Física das Partículas.*
- *Compreender o processo de determinação da sensibilidade experimental.*
- *Aplicar ferramentas computacionais de ciência dos dados para reconstrução de objetos como, por exemplo, os jatos hadrónicos.*
- *Aplicar métodos de Monte Carlo na análise de dados de Física das Partículas.*
- *Compreender o uso de ferramentas de "machine learning" em Física da Matéria Condensada.*
- *Compreender os diversos classificadores utilizados em Física da Matéria Condensada.*
- *Analisar, sintetizar e processar informação.*
- *Preparar, processar, interpretar e comunicar informação física, utilizando fontes bibliográficas, discurso adequado e as ferramentas apropriadas.*

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

- *Understand the statistical data analysis techniques from the point of view of Particle Physics.*
- *Understand how to deal with systematic errors and how to establish criteria for identification of a discovery in Particle Physics.*
- *Understand the process of determination of experimental sensitivity.*
- *Use data science computational tools to reconstruct object such as, e.g., hadronic jets.*
- *Use Monte Carlo methods in Particle Physics data analysis.*
- *Understand the use of machine learning tools in Condensed Matter Physics.*
- *Understand the classifiers used in Condensed Matter Physics.*
- *Analyse, synthesise and process information.*
- *Prepare, process, interpret and communicate physical information, using relevant bibliographical sources, an appropriate speech and the right tools in classroom.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Introdução.

Revisão de tópicos de análise de dados.

Medidas experimentais e critérios para uma descoberta.

Determinação da sensibilidade experimental.

Tratamento de incertezas sistemáticas.

Ferramentas computacionais de análise de dados.

Exercícios práticos utilizando dados experimentais de Física das Partículas.

Aprendizagem automática em Física da Matéria Condensada: desenho de materiais e aceleração de métodos de primeiros princípios.

4.4.5. Syllabus:

Introduction.

Review of some topics in data analysis.

Experimental measurements and criteria to establish a discovery.

Determination of the experimental sensitivity.

Systematic errors.

Computational tools for data analysis.

Practical applications using experimental data from Particle Physics.

Machine learning in Condensed Matter Physics: materials' design and speeding-up of ab-initio methods.

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

Os conteúdos permitem completar a formação em Ciência dos Dados (CD) ao incluírem aspetos específicos da CD em Física. O conteúdo prático permite que os alunos utilizem ferramentas de CD para tratar e analisar dados experimentais de Física das Partículas e para realizar ou acelerar a descoberta de novos materiais em Física da Matéria Condensada.

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

The contents supplement the standard Data Science (DS) curriculum with special topics that are relevant in the application of DS to Physics. The practical classes will allow the students to use DS tools to analyse experimental data from Particle Physics and also to understand how to use DS tools for the discovery of new materials in ab-initio Condensed Matter Physics.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Ensino eminentemente prático recorrendo a:

- **dados experimentais de Física das Partículas;**
- **ferramentas computacionais para cálculos de primeiros princípios em Física da Matéria Condensada.**

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Classes will be mostly practical using:

- **experimental data from Particle Physics;**
- **computational tools for ab-initio Condensed Matter Physics simulations.**

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

Sendo uma disciplina de aplicação direta das ferramentas de Ciência dos Dados a problemas de Física, o recurso a aulas quase exclusivamente práticas permite a rápida aquisição das competências necessárias.

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

Being a curricular unit for straight application of Data Science tools to problems in Physics, practical classes are the most efficient method to quickly develop the necessary skills.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Glen Cowan, *Statistical Data Analysis*, Oxford University Press, 1998

Ilya Narsky and Frank C. Porter, *Statistical Analysis Techniques in Particle Physics*, Wiley, 2014

Luca Lista, *Statistical Methods for Data Analysis in Particle Physics*, Springer, 2017

Christopher M. Bishop, *Pattern Recognition and Machine Learning*, Springer, 2006

A. R. Oganov, ed., *Modern methods of crystal structure prediction*, Wiley, 2010

T. Lookman, S. Eidenbenz, F. Alexander, and C. Barnes, eds., *Materials Discovery and Design By Means of Data Science and Optimal Learning*, Springer, 2018

Jonathan Schmidt, Mário R. G. Marques, Silvana Botti, and Miguel A. L. Marques, *Recent advances and applications of machine learning in solid-state materials science*, *Psi_k Scientific Highlight Of The Month*, March 2019

Mapa IV - Ciência dos Dados em Ciências da Terra e do Espaço

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Ciência dos Dados em Ciências da Terra e do Espaço

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Data Science in Earth and Space Sciences

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

4.4.1.3. Duração:
Semestral/Semiannual

4.4.1.4. Horas de trabalho:
162

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):
Eduardo Ivo Cruzes do Paço Ribeiro Alves

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) Compreender os princípios e as técnicas de construção, leitura e interpretação de mapas;**
- b) Conhecer os fornecedores de informação espacial com vista à seleção das fontes de dados apropriadas para a resolução de problemas específicos;**
- c) Manipular dados planetários em ambiente SIG (Sistema de Informação Geográfica) com vista à sua modelação e extração de informação.**

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

- a) Understanding the principles and techniques for building, reading and interpreting maps;**
- b) Knowing the providers of spatial information in order to select the appropriate data sources to solve specific problems;**
- c) Manipulating planetary data in a GIS (Geographic Information System) environment for the purpose of modeling and extraction of information.**

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1. Cartografia e SIG em geociências planetárias; geodesia e modelos digitais de terreno; Google Earth, Moon e Mars; ESRI ArcGIS; QGIS.**

- 2. Dados de observatório e dados de deteção remota: a observação do Sol, da Terra e do espaço. Fornecedores de dados em geociências planetárias: WDC; NOAA; NASA; ESA; JAXA; Roscosmos. O acesso aos dados e seu custo.**
- 3. Dados terrestres: dados da Terra sólida, dos oceanos e da atmosfera. Dados sísmicos, magnéticos e climatológicos. Dados 1, 2, 3 e 4-D. Medições globais e alterações globais.**
- 4. Dados planetários: deteção remota a partir da Terra e de satélites e sondas locais. Planetary Data System (PDS - NASA) e Planetary Science Archive (PSA - ESA).**
- 5. Mapeamento de dados em geociências planetárias: operações sobre grandes conjuntos de dados geolocalizados. Estatística direcional; geostatística, variáveis regionalizadas e kriging; interpolação. Casos de estudo e aplicações.**

4.4.5. Syllabus:

- 1. Cartography and GIS in planetary geosciences; geodesy and digital terrain models; Google Earth, Moon and Mars; ESRI ArcGIS; QGIS. Observatory data and remote sensing data: observation of the Sun, Earth and space.**
- 2. Data providers in planetary geosciences: WDC; NOAA; NASA; ESA; JAXA; Roscosmos. Access and cost of data.**
- 3. Earth data: data from the solid earth, the oceans and the atmosphere. Seismic, magnetic, and climatologic data. 1, 2, 3 and 4-D data. Global measurements and global changes.**
- 4. Planetary data: remote sensing from Earth and local satellites and probes. Planetary Data System (PDS - NASA) and Planetary Science Archive (PSA - ESA).**
- 5. Mapping of data in planetary geosciences: operations on large sets of geolocated data. Directional statistics; geostatistics, regionalized variables and kriging; interpolation. Case studies and applications.**

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

A unidade 1 destina-se ao cumprimento do objetivo citado em a). As unidades 2, 3 e 4 permitem que seja cumprido o objetivo b). A unidade 5 destina-se ao cumprimento do objetivo c).

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

Unit 1 is designed to meet the objective set out in a). Units 2, 3 and 4 enable objective b) to be met. Unit 5 is intended to meet objective c).

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Todas as aulas serão teórico-práticas, com uma breve introdução teórica a cada bloco temático adaptada às competências, conhecimentos e motivações da população de estudantes. No restante dar-se-á especial ênfase à utilização e, quando necessário, desenvolvimento de programas focados na resolução de problemas. Cada aluno deverá desenvolver um pequeno projeto pessoal de análise de dados georreferenciados, que apresentará numa das últimas aulas.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

All classes will be theoretical-practical, with a brief theoretical introduction to each thematic block adapted to the skills, knowledge and motivations of the student population. In the remainder, special emphasis will be placed on the use and, where necessary, development of software focused on problem solving. Each student should develop a small personal georeferenced data analysis project, which will be presented in one of the last classes.

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

Em face dos objetivos da disciplina, integrando a apresentação e discussão de um conjunto de conceitos base e aplicação prática dos mesmos, admitindo-se que esta última ocupe a parte mais significativa do tempo de contacto, as metodologias de ensino propostas procuram dar resposta da forma mais adequada. Assim, na introdução teórica são apresentados e discutidos os conceitos fundamentais seguindo-se a aplicação imediata desses mesmos conceitos. Cada aluno será confrontado com um trabalho de projeto, referente a uma situação real, onde pode aplicar, de uma forma integrada, os conceitos apreendidos ao longo do semestre letivo.

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

In view of the objectives of the course, integrating the presentation and discussion of a set of basic concepts and practical application of the same, assuming

that the latter occupies the most significant part of the contact time, the teaching methodologies proposed seek to respond in the more appropriate way. Thus, in the theoretical introduction the fundamental concepts are presented and discussed followed by an immediate application of those concepts. Each student will be confronted with a project work, referring to a real situation, where he can apply, in an integrated way, the concepts learned during the semester.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Huisman, O., & De By, R. A. (2009). *Principles of geographic information systems. ITC Educational Textbook Series, 1, 17.*

Lahoz, W., Khattatov, B. & Menard, R. (2010). *Data Assimilation: Making Sense of Observations. Springer.*

Mardia, K. V., & Jupp, P. E. (2009). *Directional statistics (Vol. 494). John Wiley & Sons.*

Webster, R., & Oliver, M. A. (2007). *Geostatistics for environmental scientists. John Wiley & Sons.*

Yuan, M., Battenfield, B., Gahegan, M. N., and Miller, H. (2019). *Geospatial data mining and knowledge discovery. In Research Challenges in Geographic Information Science, R. McMaster and L. Utery eds. John Wiley & Sons*

Zender, J., & Grayzeck, E. (2006). *Lessons learned from planetary science archiving. Advances in Space Research, 38(9), 2013-2022.*

Mapa IV - Comunicação com Dados

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Comunicação com Dados

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Communicating with Data

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

OP

4.4.1.3. Duração:

Semestral/Semiannual

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

4.4.1.5. Horas de contacto:

T-30; PL-30; O-2

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

Samuel Moniz

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

Cristóvão Silva

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

Com esta unidade curricular, pretende-se dotar os estudantes de conhecimentos e competências de comunicação, focando a aprendizagem no uso estratégico e tático de dados para a condução de processos de tomada de decisão. Pretende-se aumentar a capacidade de comunicação e utilização de ferramentas através da prática e resolução de exemplos do mundo real. Será dado ênfase à comunicação de informação quantitativa, bem como à melhoria de competências de comunicação em geral.

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

With this curricular unit, it is intended to equip students with knowledge and communication skills, focusing on learning in the strategic and tactical use of data for the conduction of decision-making processes. It aims to increase the skills to communicate and use data tools through practice and real-world examples. Emphasis will be placed on the communication of quantitative information as well as the improvement of communication skills in general.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1. Análise explicativa e comunicação*
- 2. Gráficos e visualização de dados*
- 3. Identificação de elementos visuais desnecessários*
- 4. Estratégia: a importância da audiência*
- 5. Variáveis visuais e princípios*
- 6. Ética na visualização de dados*
- 7. Processos de tomada de decisão*
- 8. Contar histórias com dados*
- 9. Casos de estudo*

4.4.5. Syllabus:

- 1. Explanatory analysis and communication*
- 2. Graphs and data visualization*
- 3. Identifying and eliminating visual clutter*
- 4. Strategy: The importance of audience*
- 5. Visual variables and principles*
- 6. Ethics in reporting data*
- 7. Decision-making processes*
- 8. Storytelling with data*
- 9. Case studies*

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

Esta unidade curricular irá equipar os alunos com estratégias, táticas e ferramentas para preparar informação quantitativa de forma eficiente. É discutida a teoria de como comunicar eficientemente informações quantitativas em diferentes contextos, contudo será dado ênfase à aplicação prática através da apresentação de casos reais da indústria e serviços. A unidade curricular apresenta os elementos principais e estratégias para comunicações eficientes com dados. De seguida, foca-se nos tipos de gráficos e visualização de relações, fornecendo assim as ferramentas básicas para a seleção eficiente de elementos visuais. Apresenta os atributos, variáveis e princípios visuais para a elaboração de comunicações e relatórios, tendo em consideração a audiência. É introduzida a temática da ética com o objetivo de reforçar a necessidade de coerência e credibilidade na visualização e comunicação. Finalmente é introduzido o conceito de Storytelling como

ferramenta para melhorar a comunicação com dados**4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**

This course unit will equip students with strategies, tactics and tools to efficiently prepare quantitative information. The theory of how to effectively communicate quantitative information in different contexts is discussed, yet emphasis will be placed on practical application by presenting real cases of industry and services. The curricular unit begins by presenting the main elements and strategies for efficient data communications. Next, focus on the types of graphs and visualization of data relations, thus providing the basic tools for the efficient selection of visual elements. Taking into account the audience, attributes, variables and visual principles are presented for the preparation of communications and reports. The Ethics topic is then introduced with the objective of reinforcing the need for coherence and credibility in the visualization and communication of data. Finally, the concept of Storytelling is introduced as a tool to improve communication with data.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Esta unidade curricular centra-se no desenvolvimento e demonstração de competências de comunicação e visualização de dados. Deste modo, nas aulas teóricas serão apresentados os conceitos, teorias e os métodos associados à comunicação e visualização de dados, enquanto nas aulas teórico-práticas os alunos serão conduzidos à resolução e apresentação de comunicações orais e relatórios. Para a criação dos gráficos serão utilizados vários softwares de visualização (ex. Excel, Tableau, R, D3 Javascript).

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

This curricular unit focuses on the development and demonstration of communication and data visualization skills. In this way, in the theoretical classes will be presented the concepts, theories, methods associated with communication and data visualization, while in the practical classes the students will be led to the resolution and presentation of oral communications and reports. Several visualization software (eg Excel, Tableau, R, D3 Javascript) will be used to create the graphics.

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

As componentes teóricas e práticas da disciplina são importantes para o desenvolvimento de competências de comunicação e visualização de dados. Daí que a consolidação de conhecimento será materializada através da realização de trabalhos práticos e demonstração de conhecimentos através de apresentações em grupo e individuais.

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

The theoretical and practical components of the discipline are important for the development of communication and data visualization skills. Hence, the consolidation of knowledge will be materialized through the accomplishment of several assignments and demonstration of knowledge through group and individual presentations.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Knaflic, C. N. (2015). Storytelling with data: A data visualization guide for business professionals. Hoboken: Wiley.

Mapa IV - Apoio à Decisão e Análise de Risco**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

Apoio à Decisão e Análise de Risco

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Decision Support and Risk Analysis

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:**INF****4.4.1.3. Duração:****Semestral/Semiannual****4.4.1.4. Horas de trabalho:****162****4.4.1.5. Horas de contacto:****T-30; TP-30; O-2****4.4.1.6. ECTS:****6****4.4.1.7. Observações:****<sem resposta>****4.4.1.7. Observations:****<no answer>****4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):****Carlos Henggeler Antunes****4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:****<sem resposta>****4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

Dotar os alunos de competências metodológicas e aplicacionais na área dos modelos e métodos de apoio à tomada de decisões e análise de risco, num contexto de problemas de engenharia nos quais a existência de grandes volumes de dados seja uma característica essencial, permitindo identificar tipos de problemas, construir modelos matemáticos que incluam as características fundamentais desses problemas, aplicar algoritmos que produzam soluções para os modelos, e proceder a uma análise crítica das soluções obtidas.

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

Providing the students with methodological and application competences in the area of models and methods for decision support and risk analysis, in the context of engineering problems in which the existence of large volumes of data is a fundamental feature, enabling to identify types of problems, develop mathematical models that include the essential characteristics of those problems, apply algorithms to generate solutions for the models, and to perform a critical analysis of the solutions obtained.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1. Análise de decisão: Decisões com e sem experimentação; Árvores de decisão; Análise de risco***
- 2. Análise de decisão multicritério: Problemas de escolha, seriação e classificação; Noção de preferências; Relações de prevalência (outranking); Funções de***

valor

3. Otimização multiobjetivo: Conceitos de solução eficiente/não-dominada; Técnicas de escalarização; Métodos interativos; Aprendizagem de preferências

4. Análise de eficiência: Data Envelopment Analysis (DEA)

4.4.5. Syllabus:

1. Decision analysis: Decisions without and with experimentation; Decision trees; Risk analysis

2. Multicriteria decision analysis: Choice, ranking and sorting problems; Notion of preferences; Outranking relations; Value functions

3. Multiobjective optimization: concepts of efficient/nondominated solutions; Scalarizing techniques; Interactive methods; Preference learning

4. Efficiency analysis: Data Envelopment Analysis (DEA)

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

A unidade curricular tem como objectivo essencial dotar os alunos de competências metodológicas e aplicacionais na área de planeamento e gestão de operações num contexto de problemas de engenharia de dados. Neste contexto, os conteúdos programáticos incluem modelos e métodos nas áreas de análise de decisão, análise multicritério, optimização multiojectivo e análise eficiência de unidades organizacionais, aplicáveis numa vasta gama de problemas de planeamento e gestão operacional onde a existência de grandes volumes de dados é um aspecto fundamental. Assim, os estudantes são expostos aos principais problemas, modelos e algoritmos nestes domínios, ficando habilitados a desenvolver abordagens cientificamente validadas para gerar soluções implementáveis na prática.

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

He curricular unit is aimed at providing the students with methodological and application competences in the area of operations planning and management in the context of data engineering problems. In this context, the syllabus includes models and methods in the areas of decision analysis, multicriteria decision analysis, multiobjective optimization and efficiency analysis or organizational units, thus encompassing a vast range of operational planning and management problems where the existence of large volumes of data is a fundamental feature. Therefore, students are exposed to the main problems, models and algorithms in those domains, being able to develop scientifically sound approaches to generate solutions implementable in practice.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas expositivas de natureza tutorial em que os conceitos teóricos e metodológicos surgem motivados por problemas reais, sempre ilustradas com exemplos de aplicação.

Recurso a packages (comerciais ou de domínio público) para a obtenção das soluções para os modelos matemáticos, libertando o estudante para as tarefas mais criativas de formulação dos problemas, construção dos modelos e análise crítica dos resultados.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Theoretical and methodological concepts are presented in tutorial lectures, being motivated by real-world problems and illustrated with application examples.

Software (commercial and public domain) packages are used to obtain solutions to the mathematical models, thus freeing the students for the more creative tasks of problem formulation, model building and critical analysis of results.

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

As aulas serão essencialmente de natureza teórico-prática, nas quais os alunos serão expostos aos principais modelos e métodos, sendo os problemas suscitados por aplicações reais. Será dada particular atenção à aplicação dos conceitos teóricos e metodológicos para resolver problemas, i.e. gerar soluções cuja análise crítica revele serem de facto as mais adequadas. Os exemplos ilustrativos serão escolhidos para mostrar a importância de dispor de abordagens cientificamente baseadas para apoio à tomada de decisões e análise de risco em problemas de planeamento e gestão de operações em engenharia, semelhantes aos que um engenheiro de dados poderá encontrar na sua prática profissional.

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

The lectures will mostly have a theoretical-practical nature, in which the students will be exposed to the main models and methods, the problems arising from a

real-world setting. Particular attention will be paid to the application of theoretical and methodological concepts to solve problems, i.e. generating solutions the analysis of which reveal to be indeed the most adequate. Illustrative examples will be selected to display the importance of having scientifically based approaches for decision support and risk analysis in operational planning and management problems, which are similar to the ones that a data engineer may encounter in his/her professional practice.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- Henggeler Antunes, C., M. J. Alves, J. Clímaco. "Multiobjective Linear and Integer Programming", *EURO Advanced Tutorials on Operational Research*, Springer, 2016.
- Hillier, F. S., G. J. Lieberman. "Introduction to Operations Research", McGraw-Hill, 2015 (10th ed.).
- Cooper, W. W., L. Seiford, K. Tone. *Data Envelopment Analysis - A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software*, Springer, 2007

Mapa IV - Visualização Avançada de Dados

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Visualização Avançada de Dados

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Advanced Data Visualization

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

INF

4.4.1.3. Duração:

Semestral/Semiannual

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

4.4.1.5. Horas de contacto:

T-30; PL-30; O-2

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

Fernando Jorge Penousal Martins Machado

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

<sem resposta>

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

Esta UC apresenta e discute ferramentas e técnicas avançadas de visualização de dados, com foco no desenvolvimento de aplicações de visualização de grande escala. Adicionalmente, são analisadas técnicas avançadas para a visualização de dados georreferenciados e de rede. Por último, estudam-se e implementam-se técnicas de interação de última geração.

Ao final do curso, o aluno terá conhecimentos teóricos e experiência prática no desenvolvimento de visualizações para cenários de Big Data, podendo projetar, implementar, testar e validar soluções para cenários do mundo real que exigem visualização em grande escala.

Competências principais:

–análise e síntese; resolver problemas

–raciocínio crítico

–aplicar na prática os conhecimentos; investigar

Competências secundárias :

–organização e planificação

–trabalho em grupo

–aprendizagem autónoma; criatividade

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

This course presents and discusses advanced data visualization tools and techniques, focusing on the development of Large-Scale Visualization applications. Advanced techniques for the visualization of georeferenced and network data will also be addressed. Moreover, state of the art interaction techniques will be discussed and implemented.

By the end of the course, the student will have theoretical knowledge and practical experience on the development of visualizations for Big Data scenarios, being able to design, implement, test and validate solutions for real world scenarios that require Large-Scale Visualization.

Main competencies to be developed are:

–analysis and synthesis, problem solving

–critical thinking

–practical application of the theoretical knowledge; research

Secondary competences are:

–organizing and planning

–work in teams

–autonomous learning, creativity

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Visualização para Big Data

. Big Data: os 3Vs (volume, velocidade, variedade)

. Fontes de dados heterogêneos e tipos de dados

. Arquiteturas para visualização de Big Data

. Desenvolvimento de aplicações de

. Interação para visualização de Big Data

. Métodos de visualização

Percepção para Design

- . Modelo de processamento visual**
- . Valor, brilho, contraste, constância**
- . Cor**
- . Saliência visual**
- . Padrões estáticos e móveis**
- . Percepção espacial**
- . Processos de Pensamento Visual**

Técnicas Avançadas de Visualização

- . Dados georreferenciados**
- . Dados de rede**
- Layouts de gráficos multinível**
- Substrato semântico**
- Agrupamento e filtragem de nós**
- Layouts Dinâmicos**
- Mapas conceituais e mapas mentais**
- Técnicas de agregação de bordas**
- Representação de fluxo**
- Representação de mudança em redes**
- . Interação**
- Lentes de dados**
- Zoom semântico**

4.4.5. Syllabus:

Large-Scale Visualization

- . Big Data: the 3Vs (volume, velocity, variety)**
- . Heterogeneous data sources and data types**
- . Architectures for Large Scale Visualization**
- . Developing InfoVis Applications**
- . Interaction for large scale visualization**
- . Visualization methods**

Perception for Design

- . Model of visual processing**
- . Lightness, brightness, contrast, constancy**
- . Color**
- . Visual Saliency / Finding Information**
- . Static and Moving Patterns**
- . Space Perception**
- . Visual Thinking Processes**

Advanced Visualization Techniques

- . Georeferenced data**
- Vector fields**
- Tensor fields**
- . Network Data**

- **Multilevel graph layouts**
- **Semantic substrate**
- **Node grouping and filtering**
- **Dynamic Layouts**
- **Concept maps and mind maps**
- **Edge bundling techniques**
- **Representing flow**
- **Representing change in networks**
- **Interaction**
- **Data Lenses**
- **Semantic zoom**

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

O objectivo central desta unidade curricular é a aquisição de competências que permitam o desenvolvimento de ferramentas de visualização de grandes volumes de dados e a sua aplicação em cenários de ciência dos dados. Os conteúdos programáticos reflectem este objectivo focando em tópicos de visualização para Big Data e em aspectos de percepção visual que são particularmente relevantes neste contexto. Adicionalmente, a visualização de grandes volumes de dados implica, por norma, a implementação de técnicas avançadas de visualização e interacção.

A estratégia adoptada passa: pela exposição dos conceitos teóricos considerados fundamentais, pelo estudo e análise de casos de visualização, e, pelo desenvolvimento de projectos de visualização de grandes volumes de dados.

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

The main objective of this curricular unit is the acquisition of skills that allow the development of tools for visualizing large volumes of data and their application in data science scenarios. The syllabus reflects this goal by focusing on Big Data visualization topics and visual perception aspects that are particularly relevant in this context. In addition, visualizing large volumes of data implies, usually, the implementation of advanced visualization and interaction techniques.

The strategy adopted is: presenting the fundamental theoretical concepts, the study and analysis of visualization cases, and the development of visualization projects of large volumes of data.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

São leccionadas aulas teóricas com exposição detalhada, recorrendo a meios audiovisuais, dos conceitos, princípios e técnicas fundamentais. Serão também leccionadas aulas práticas, que têm por objectivo fundamental fazer a ligação entre os conceitos teóricos e sua aplicação prática. Privilegia-se o desenvolvimento de projectos que permitam aplicar os conceitos fundamentais e desenvolver as competências necessárias para o desenvolvimento de visualizações para grandes volumes de dados e a sua integração em processos e aplicações de ciência dos dados.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The unit includes theoretical lectures where the fundamental concepts, principles and techniques and there are presented and explained in detail. Lectures of practical nature play the role of strengthening the connection between theoretic knowledge and its practical application. For that purpose the course promotes the development of projects that allow the application of the fundamental concepts and the development of the necessary competences for the development of visualizations for large volumes of data and their integration in processes and applications of data science.

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

A estratégia e o método de ensino adoptado procuram envolver os alunos no processo de aprendizagem, levando não só ao desenvolvimento de competências técnicas específicas à disciplina de visualização de informação aplicada a cenários de ciência de dados, mas também ao desenvolvimento de competências pessoais genéricas.

Os conteúdos teóricos são aplicados através do desenvolvimento de projectos de visualização de informação de largos volumes de dados, dando prioridade a situações do mundo real e explorando a interligação com outras unidades curriculares.

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

The strategy and method of teaching adopted seek to involve students in the learning process, leading not only to the development of specific technical skills to the discipline of visualizing information applied to data science scenarios but also to the development of generic personal skills.

Theoretical contents are applied through the development of visualization projects for large data volumes, giving priority to real world situations and exploring the interconnection with other curricular units.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Munzner, T.: Visualization Analysis and Design, 2014.

Ware, C.: Information Visualization: Perception for Design, 2nd ed., 2004.

Wang, L., Wang, G., & Alexander, C. A. (2015). Big data and visualization: methods, challenges and technology progress. Digital Technologies, 1(1), 33-38.

Meirelles, I: Design for Information: An Introduction to the Histories, Theories, and Best Practices Behind Effective Information Visualizations. Rockport Publishers, 2013

T. Finke and S. Manger, Informotion: Animated Infographics. Gestalten Verlag, 2012

M. Lima, Visual Complexity: Mapping Patterns of Information. Princeton Architectural Press, 2011

Sagiroglu, S., & Sinanc, D. (2013, May). "Big data: A review". In 2013 International Conference on Collaboration Technologies and Systems (CTS) (pp. 42-47). IEEE.

Kitchin, R., & McArdle, G. (2016). "What makes Big Data, Big Data? Exploring the ontological characteristics of 26 datasets".

Mapa IV - Fusão de Informação em Análise de Dados**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

Fusão de Informação em Análise de Dados

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Data Fusion and Analysis

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

INF

4.4.1.3. Duração:

Semestral/Semiannual

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

4.4.1.5. Horas de contacto:

T-30; PL-30; O-2

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

Jorge Manuel Oliveira Henriques

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

<sem resposta>

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

A unidade curricular de Fusão de Informação pretende introduzir os conceitos fundamentais relativos à teoria, ao projecto e à implementação de fusão de dados/informação provenientes de várias fontes, em vários domínios. O curso abrange diversas metodologias capazes de combinar dados de várias fontes heterogéneas, de forma a permitir realizar inferências com aplicação em sistemas de suporte à decisão, diagnóstico clínico, detecção de falhas e outros. O conteúdo é multidisciplinar, incluindo tópicos como a análise de séries temporais, estimação de estados, estratificação, classificação e data mining. Este curso permitirá que os alunos compreendam, identifiquem, seleccionem e implementem técnicas de fusão de informação adequadas aos problemas concretos a solucionar. Em particular, os alunos devem, após o curso, ter a capacidade de caracterizar as diferentes arquiteturas, métodos e algoritmos para a fusão de informação e de aplicá-los a situações práticas em domínios distintos.

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

This course (Information Fusion) aims to introduce fundamental concepts related to the theory, the design and the implementation of data/information fusion from various sources in various domains. The course covers distinct methodologies capable of combining data from multiple, heterogeneous sources, in order to make inferences with application in decision support systems, clinical diagnosis, fault detection and others. The content is multidisciplinary, including topics such as time series analysis, state estimation, stratification, classification and data mining. This course will enable students to understand, identify, select and implement distinct information fusion techniques. In particular, students should after the course have the ability to characterize the different architectures, methods and algorithms for information fusion, and to be able to apply these to practical situations in distinct domains.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Introdução e conceitos

Definições, benefícios, problemas e aplicações

Típos de fusão de dados, modelos de fusão, arquiteturas e níveis de fusão de dados

Módulos

1. Origem dos dados

Problemas nos dados: inconsistência, imperfeição, falta de dados, ruído, outliers.

Preparação de dados: alinhamento, transformações.

2. Algoritmos de fusão de dados

Ao nível dos dados: média ponderada, Kalman e Extended Kalman Filter, filtragem de partículas.

Ao nível das características – Métodos paramétricos e não-paramétricos: vizinho mais próximo, árvore de decisão, redes neurais, máquinas de vectores de suporte, modelos probabilísticos.

Ao nível de decisão: inferência clássica, inferência bayesiana, teoria de Dempster-Shafer, modelos de Markov Monte Carlo, lógica difusa.

Combinação de modelos: votação, adaboost, random forest.

3. Comparação e desempenho de sistemas de fusão

Precisão e dimensionalidade.

Aplicações

Aplicações biomédicas, detecção de falhas, visualização, segurança em redes

4.4.5. Syllabus:

Introduction and concepts

Definitions, benefits, challenging problems and applications of information fusion

Types of data fusion, data fusion models, data fusion architectures, data fusion Levels

Modules**1. Data-related fusion aspects**

Errors in raw data: inconsistency, imperfection, missing data, noisy data, outliers.

Data preparation: alignment, transformations.

2. Data fusion algorithms

Data level approaches: weighted average, Kalman and Extended Kalman Filter, Particle filtering.

Feature level approaches - Parametric and Non-Parametric: K-Nearest neighbour, Decision Tree, Neural Networks, Support vector machines, Gaussian mixture model, k-Means.

Decision level approaches: Classical inference, Bayesian inference, Dempster-Shafer Theory, Markov chain Monte Carlo, Fuzzy logic.

Ensemble methods: voting, adaboost, random forest.

3. Comparison and Performance of fusion systems

Accuracy and dimensionality.

4. Applications

Biomedical applications, Fault detection, Visualization, Networ

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

Tendo em conta que o objectivo principal desta unidade curricular (UC) é proporcionar aos estudantes a aprendizagem de conhecimentos e de técnicas fundamentais para a fusão de informação e a sua aplicação em diferentes domínios, os conteúdos programáticos vão de encontro a esses objectivos. Para tal incluem, numa primeira parte, uma introdução aos conceitos fundamentais na área para apresentar depois, de forma sistemática, as várias abordagens e metodologias para a fusão de informação e para a avaliação da sua implementação.

De referir que o aspecto prático nesta unidade curricular será privilegiado de forma particular, havendo sempre a apresentação de casos práticos de forma a clarificar os assuntos teóricos em causa.

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

Given that the main objective of this course is to provide students with the theoretical basis and skills fundamental for information fusion and its application in different fields, the contents of the curriculum addresses these objectives. These include, in the first part, an introduction to the fundamental concepts in the area. Then, in a second part, the course systematically introduces the various approaches and methodologies for merging information and to evaluate its

implementation.

It should be noted that the practical aspect in this curricular unit will be privileged in a particular way, always presenting practical cases in order to clarify the theoretical concepts.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

O processo de ensino/aprendizagem observa uma abordagem de aprendizagem colaborativa, que se baseia na apresentação, análise e discussão e conceitos e técnicas em aulas teóricas e teórico-práticas.

Aulas teóricas (2 horas semana): Exposição dos conceitos, princípios e técnicas fundamentais no âmbito da fusão de informação. Exemplos que concretizem o interesse prático da matéria e exemplifiquem a sua aplicação a situações reais

Aulas práticas (2 horas semana): Propostas de problemas práticos relacionados com os assuntos leccionados na teórica, a sua análise e respectiva discussão e implementação

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The teaching/learning process follows a learning approach of collaborative type, based on the presentation, analysis and discussion of concepts and techniques.

Theoretical classes (2 hours/week): Presentation of the concepts, principles and fundamental techniques for information fusion. Examples of concrete situations will be presented, to illustrate the practical interest of the techniques and its application to real conditions.

Practical classes (2 hours/week): Practical problems addressing the theoretical concepts, their analysis, discussion and implementation.

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

O método de ensino fomenta o envolvimento do aluno, procurando uma aprendizagem de conhecimentos e competências contínua. São propostos trabalhos práticos que abordam aspectos centrais dos conceitos leccionados. Para além dos conhecimentos e competências técnicas a metodologia adoptada pretende induzir o desenvolvimento de algumas competências genéricas, de natureza instrumental, pessoal e sistémicas.

Com o conhecimento e a compreensão das matérias teóricas e aplicação na prática estão criadas as condições para o desenvolvimento das competências em resolver problemas, capacidade de abstracção e generalização, em raciocínio matemático e crítico, em aplicar na prática os conhecimentos teóricos e, num nível mais avançado, da competência em análise e síntese. Estas últimas competências são ainda reforçadas pelos trabalhos práticos que obrigam à instanciação dos conhecimentos em domínios específicos, fomentam o trabalho de grupo e alguma investigação para resolver aspectos práticos

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

The teaching approach stimulates continuous student involvement, to achieve a continuous learning and acquisition of knowledge and competences. It is with this goal in mind that students have to perform regular homework assignments, usually motivated by discussions or doubts raised in theoretical classes, as well as to solve problems. The teaching strategy intends to foster the acquisition of generic instrumental personal and systematic competences. With the knowledge and comprehension taught in the theoretical classes and the exercises in the theoretical-practical classes, students develop competences in problem solving, capacity of abstraction and generalization, in mathematical and critical reasoning, practical application of the theoretical knowledge acquired, and, at an advanced level, analysis and synthesis. The latter competences are further developed through the practical programming assignments that foster group work, research in finding solutions for practical problems.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Data Fusion: Methods, Applications and Research; V. Albert, E. Aba; 2017 Research Methodology and Data Analysis; ISBN: 978-1-53612-720-1.

Information Fusion and Analytics for Big Data and IoT; A. Bossae, B. Solaiman; 2016, Artech House; ISBN-13: 978-1630810870.

Concepts, Models, and Tools for Information Fusion; E. Bosse, J. Roy, S. Wark; 2007, Artech House, ISBN 1596930810 (ISBN13: 9781596930810)

Data Fusion: Concepts and Ideas; H.B. Mitchell; 2012 Springer; ISBN 978-3-642-27221-9; DOI DOI 10.1007/978-3-642-27222-6

Sensor and data fusion : a tool for information assessment and decision making; L. Klein; 2010 SPIE; ISBN 0-8194-5435-4.

Mapa IV - Aprendizagem Computacional Avançada

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Aprendizagem Computacional Avançada

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Advanced Machine Learning

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

INF

4.4.1.3. Duração:

Semestral/Semiannual

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

4.4.1.5. Horas de contacto:

T-30; PL-30; O-2

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

Ernesto Jorge Fernandes Costa

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

Paulo Fernando Pereira de Carvalho, Bernardete Martins Ribeiro, Fernando Jorge Penousal Martins Machado, Nuno António Marques Lourenço

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

Esta UC destina-se a introduzir com rigor aspectos mais recentes e avançados na área de aprendizagem computacional, incluindo conjuntos, aprendizagem por reforço, aprendizagem profunda e aprendizagem de inspiração na natureza. Também serão afluídos, embora de modo mais superficial, aspectos relacionados com a engenharia de características e o desenho de experiências e análise de dados.

No final do curso o estudante terá uma visão geral do problema da transformação de dados em conhecimento, dominando as técnicas mais recentes de aprendizagem pela máquina, e estará em condições de desenhar, implementar, testar e validar, soluções para problemas do mundo real que requerem aprendizagem automática pela máquina.

Por último, mas não menos importante, o estudante consolidará as suas competências comunicacionais de análise e síntese, escrita e oral, e de trabalho em grupo.

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

This course will present and discuss with rigor the most recent algorithmic advances in machine learning, including ensembles, deep learning and evolutionary machine learning. Moreover, some other important aspects like feature engineering and the design of experiments and data analysis will be discussed.

By the end of the course, the student will have a general overview and a practical experience on how to transform data into knowledge, and will master the most recent techniques of machine learning. He/she will be capable of design, implement, test and validate solutions for real world problems that require machine learning.

Last but not the least, the student will consolidate his/her communicational competences of analysis and synthesis, written and spoken, and of group work.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1. Introdução: o problema da ciência dos dados**
- 2. Algoritmos fundamentais**
- 3. Modelos baseado em conjuntos: bagging, random forests, boosting, stacking**
- 4. Características: transformação, construção e selecção**
- 5. Aprendizagem por Reforço**
- 6. Aprendizagem Profunda**
- 7. Aprendizagem de Inspiração Biológica**
- 8. Desenho de Experiências e Análise de Dados**
- 9. Aplicações**

4.4.5. Syllabus:

- 1. Introduction: the data science problem**
- 2. Fundamentals Algorithms**
- 3. Ensembles: bagging, random forests, boosting, stacking**
- 4. Features: transformations, construction, selection**
- 5. Reinforcement Learning**
- 6. Deep Learning**
- 7. Evolutionary Machine Learning**
- 8. Design of Experiments and Data Analysis**
- 9. Applications**

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

Os dois primeiros pontos destinam-se a fazer uma passagem breve pelo tema da ciência dos dados (ponto 1.) e pelos algoritmos clássicos fundamentais (ponto 2.). O ponto 3., apresenta e discute as várias alternativas ao problema do uso de mais do que uma técnica de AM, procurando identificar as condições para o seu sucesso. O ponto 4., discute o tópico da aprendizagem por reforço que tem vindo a ganhar interesse crescente em parte relacionada com a possibilidade de ter sistemas de aprendizagem independentes de modo amplo do humano. A aprendizagem profunda (ponto 5.) é um tema incontornável à luz dos sucessos recentes em aplicações de visão ou de linguagem natural. A aprendizagem pela máquina de inspiração biológica (ponto 7.) irá dar uma ideia alternativa para o desenho de soluções complexas, incluindo a sua hibridização com aprendizagem profunda. O ponto 8. trata da questão central de desenho de experiências e validação de resultados. O último ponto tratará de vários exemplos.

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

The first two topics deal with an overview of the process of data science (point 1) and a review of the classical fundamental algorithms (point 2). Point 3 discuss the different alternatives to the use of ensembles of (different) techniques, while at point 4 we will address the topic of reinforcement learning that make possible an autonomous learning system. The different aspects of deep learning will be treated in point 5, while point 7 will introduce the new area of evolutionary machine learning and how evolutionary techniques can be used in connection with deep learning. The design of experiments and data analysis (point 8) is a must for a designer. Finally, in point 9. examples from different applicational domains will help the students to consolidate their knowledge and will prepare them to solve real world problems outside academia.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Nas aulas teóricas (T) serão expostos e discutidos de modo crítico os conceitos, as teorias e os algoritmos. As PL destinam-se a exercitar e consolidar o que foi aprendido nas T, sob supervisão do docente. A avaliação terá três componentes. Uma primeira, envolve a leitura de trabalhos de investigação já publicados, e posterior síntese escrita. Uma segunda, consiste num projecto prático relacionado com as técnicas e/ou uma aplicação concreta. Uma terceira componente, consistirá num exame escrito que avaliará a compreensão teórica do estudante.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

During the lectures (T) the concepts, the theories, the algorithms will be presented and discussed. In the lab classes (PL) students will consolidate what was learned in T. The practical work will be done under the supervision of the teacher. Grading will be based on three components: (1) study and a written synthesis of a research paper; (2) a small project involving the techniques and/or a practical problem; (3) a written exam to assess students' knowledge about the subject of ML.

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

Esta disciplina tem uma componente teórica importante. Daí que a síntese de um trabalho de investigação e um exame escrito sejam componentes fundamentais da avaliação. No entanto sabemos que a uma maneira importante de consolidar as ideias teóricas e sua projecção para a resolução de problemas, é através da prática guiada por princípios. Daí a existência de um projecto prático e das aulas PL apoiadas por um docente. A participação activa nas aulas T e PL deve ser incentivada e, por isso, uma parte da avaliação final resulta dos contributos dados pelos estudantes nas aulas.

Também se pretende que o estudante desenvolva competências não técnicas, nomeadamente a capacidade de análise e de síntese, de comunicação escrita e oral, de trabalho de grupo, de resolução de problemas, de raciocínio crítico e de criatividade. A diversidade de práticas de ensino e de aprendizagem da disciplina contribuem de modo claro para esse objectivo.

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

The course has an important theoretical flavor. For that reason the synthesis of a research paper together with the written exam is an important elements of students' grading. Nevertheless, we know that the best way to consolidate theoretical ideas, and how they can be applied to problems, is by principle-guided practice. So the project and the PL will fulfill this role. In the latter case, the work will have the teacher's help. We will also promote the students' participation in class (T and PL) and will evaluate and grade that participation.

We will promote the acquisition of soft-skills by the students, namely, the analytic and synthetic capabilities, the written and oral communication, the capacity to participate in a group work, the problem solving competence, the critical reasoning and creativity. The diverse activities involved in teaching and learning clearly contribute for the goal of soft-skills proficiency.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- Peter Flach, *Machine Learning: the art and science of algorithms that make sense of data*, Cambridge University Press, 2012.
- Ethem Alpaydin, *Introduction to Machine Learning (2nd Edition)*, MIT Press. 2010.
- Richard S. Sutton and Andrew G. Barto, *Reinforcement Learning: an introduction (2nd Edition)*, MIT Press, 2018.
- Ian Goodfellow, Yoshua Bengio and Aaron Courville, *Deep Learning*, MIT Press 2016.
- Hitoshi Iba, *Evolutionary Approaches to Machine Learning and Deep Neural Networks*, Springer, 2018.

Mapa IV - Análise Geométrica de Dados**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:***Análise Geométrica de Dados***4.4.1.1. Title of curricular unit:***Geometric Data Analysis***4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:***OP***4.4.1.3. Duração:***Semestral/Semiannual***4.4.1.4. Horas de trabalho:***162***4.4.1.5. Horas de contacto:***T-30; TP-30; O-2***4.4.1.6. ECTS:***6***4.4.1.7. Observações:***<sem resposta>***4.4.1.7. Observations:***<no answer>***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***João Miguel Nogueira***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:***António Manuel Salgueiro***4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

Nesta unidade curricular é feita uma introdução à análise topológica de dados. Os dados existem muitas vezes em espaços com muitas dimensões, mas concentrados em torno de estruturas de dimensões baixas. Estas estruturas topológicas e geométricas são difíceis de identificar com os métodos tradicionais de aprendizagem computacional. Estes métodos, na intersecção da topologia algébrica e ciências da computação, têm-se mostrado capazes da captação desta informação geométrica. Neste curso abordaremos alguns deste métodos, nomeadamente o agrupamento de dados, homologia persistente, reconstrução e

visualização de dados. Pretende-se usar estas técnicas no desenvolvimento de aplicações práticas, com dados reais.

Pretendem-se desenvolver as seguintes competências genéricas: conhecimento algoritmos e de resultados matemáticos; capacidade de investigação e aprendizagem autónoma; criatividade e espírito crítico; implementação de métodos computacionais

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

In this curricular unit we introduce topological data analysis. Data can exist in high dimensional spaces, but concentrated around low-dimensional geometric structures that are important to uncover. These topological structures are challenging to explore using classical machine learning methods. These emergent methods, lying in the intersection of algebraic topology and computer science, have shown capable of identifying some of this geometric information. In this course we will study some of these methods, namely clustering, persistent homology, reconstruction and data visualization. We aim to use these methods on real data.

We aim to develop the following skills: knowledge of algorithms and mathematical results; research; learning autonomy; creative and critical thinking; implementation of computational methods

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1. Conceitos introdutórios (nuvem de pontos, grafos, conexidade, espaço / variedade topológica, homeomorfismo, homotopia)*
- 2. Complexos simpliciais (estruturas combinatórias em nuvens de pontos)*
- 3. Agrupamento de dados (clustering) e redução de dimensão*
- 4. Homologia e Homologia Persistente (aspetos topológicos e estatísticos)*
- 5. Funções de Morse e grafos de Reeb*
- 6. Inferência estrutural e reconstrução de dados*
- 7. Análise Topológica de Dados para visualização*
- 8. Aplicações práticas das técnicas aprendidas*

4.4.5. Syllabus:

- 1. Introductory concepts (point clouds, graphs, connectedness, topological space / manifold, homeomorphism, homotopy)*
- 2. Simplicial complexes (combinatorial structures in point clouds)*
- 3. Clustering and dimension reduction*
- 4. Homology and persistent homology (topological and statistical aspects)*
- 5. Morse functions and Reeb graphs*
- 6. Structural inference and reconstruction from data*
- 7. Topological Data Analysis for visualization*
- 8. Practical applications of the methods learned*

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

O programa abrange os fundamentos da análise topológica de dados, partindo de conceitos introdutórios e topologia. Cada tópico será ilustrado com exemplos concretos e o desenvolvimento de aplicações práticas.

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

The program covers the fundamentals of topological data analysis, starting from introductory concepts and topology. Each topic will be illustrated with concrete examples and the development of practical applications.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As aulas são de carácter expositivo, mas apelando também à participação dos estudantes, onde se espera que seja o aluno a desenvolver aplicações das técnicas apresentadas.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The lectures will be of expository nature, while promoting student participation and where the student is expected to develop on herhis own applications of the methods learned.

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

A introdução teórica pretende dotar os estudantes das ferramentas básicas da análise topológica de dados, que serão aplicadas na componente prática das aulas e nos projectos de análise de dados a desenvolver pelos estudantes.

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

The theoretical introduction is to give the students the fundamental knowledge of topological data analysis that will be used in practical component of the course and on the data analysis projects to develop by the students.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Notas da disciplina.

Edelsbrunner, H. (2010). Computational topology : an introduction.

Hatcher, A. (2003). Algebraic Topology.

Mapa IV - Simulação**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

Simulação

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Simulation

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

OP

4.4.1.3. Duração:

Semestral/Semiannual

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

4.4.1.5. Horas de contacto:

T-30; PL-30; O-2

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

Carlos Manuel Mira da Fonseca

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

Fernando José Barros Rodrigues da Silva

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

Com esta unidade curricular, pretende-se dotar os estudantes de conhecimentos e competências que lhes permitam, perante uma situação concreta, desenvolver um modelo de simulação adequado, implementá-lo, calibrá-lo, validá-lo, e utilizá-lo de forma correta, tendo em consideração os benefícios e as limitações da simulação enquanto metodologia. Pretende-se ainda despertar os estudantes para a importância de considerar, não apenas dados, mas também a dinâmica interna dos diversos sistemas de interesse, sejam eles físicos, cibernéticos, sociais, ou de outra natureza.

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

With this curricular unit, it is intended to provide the students with the knowledge and competencies required to enable them to, given a concrete situation, develop an appropriate simulation model, and to implement, calibrate, validate, and use such a model correctly while considering both the benefits and the limitations of simulation as a methodology. It is also intended to motivate the students to the importance of considering, not only data, but also the internal dynamics of the various systems of interest, whether physical, cybernetic, social, or of some other nature.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. *Sistemas, modelos e simulação*

2. *Sistemas contínuos*

a. *Modelação*

b. *Representação*

c. *Integração numérica de ODEs*

d. *Integração numérica de PDEs*

3. *Sistemas de eventos discretos*

a. *Representação: autómatos finitos, diagramas de ciclos de atividades, redes de Petri, processos interagentes*

b. *Modelos de filas de espera*

c. *Métodos de simulação: agendamento de eventos, varrimento de atividades, interação de processos*

4. *Números pseudo-aleatórios*

a. *Geração*

b. *Qualidade*

c. *Amostragem de distribuições não uniformes (contínuas e discretas)*

d. *Simulação de Monte Carlo*

5. *Construção, verificação e validação de modelos de sistemas de eventos discretos*

a. *Seleção das distribuições de probabilidade de entrada*

b. *Verificação de modelos*

c. *Calibração e validação de modelos*

6. *Análise de resultados de simulação*

a. *Avaliação de um modelo*

b. *Comparação de dois ou mais modelos*

c. Técnicas de redução da variância**7. Sistemas híbridos****4.4.5. Syllabus:****1. Systems, models, and simulation****2. Continuous systems****a. Modelling****b. Representation****c. Numeric integration of ODEs****d. Numeric integration of PDEs****3. Discrete-event systems****a. Representation: finite automata, activity-cycle diagrams, Petri nets, interacting processes****b. Queueing models****c. Simulation methods: event scheduling, activity scanning, process interaction****4. Pseudo-random numbers****a. Generation****b. Quality****c. Non-uniform random variate generation (continuous and discrete)****d. Monte Carlo simulation****5. Construction, verification and validation of discrete-event system models****a. Selecting input probability distributions****b. Model verification****c. Model calibration and validation****6. Analysis of simulation results****a. Evaluation of a single model****b. Comparison of two or more models****c. Variance-reduction techniques****7. Hybrid systems****4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

A unidade curricular começa por apresentar conceitos de sistemas, modelação e simulação de forma transversal aos diversos domínios de aplicação, numa perspetiva unificadora, e foca-se seguidamente na modelação e simulação de sistemas contínuos e de sistemas de eventos discretos, cobrindo assim um largo espectro de domínios e aplicações. A geração de números pseudo-aleatórios é introduzida principalmente no contexto da simulação de eventos discretos, mas a sua relevância no contexto de sistemas contínuos é também evidenciada através da simulação de Monte Carlo. Finalmente, são tratadas as questões de construção, verificação e validação de modelos e a análise de resultados de simulação, com ênfase nos limites daquilo que a simulação pode e não pode oferecer. O tratamento de sistemas híbridos contínuos e de eventos discretos completa a discussão e reforça a perspetiva unificadora apresentada na introdução.

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

The curricular unit begins by presenting systems, modelling, and simulation concepts across the various application domains, in a unifying perspective, and focuses subsequently on the modelling and simulation of continuous systems and discrete event systems, covering in that way a wide spectrum of domains and applications. Pseudo-random number generation is introduced next, mainly in the context of the simulation of discrete events, but its relevance in the context of continuous systems is also established through Monte Carlo simulation. Finally, the questions of model construction, verification and validation, and the analysis of simulation results are considered, with emphasis on the limits of what simulation can and cannot offer. The treatment of hybrid continuous and discrete-event systems completes the discussion, and reinforces the unifying perspective put forward in the introduction.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

O ensino está organizado em duas componentes complementares, teórica e prática. As aulas teóricas (T) destinam-se sobretudo à exposição da matéria pelo

docente e ao esclarecimento de dúvidas de interesse geral para a turma. As aulas práticas (PL) visam consolidar os conceitos apresentados nas aulas T através da realização de exercícios no papel e da implementação de modelos de simulação em software. É ainda proposto e avaliado um trabalho prático envolvendo a modelação e simulação de sistemas realistas simplificados com recurso a software de simulação adequado.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Teaching is organised as two complementary components, theory and practice. Lectures (T) are mainly of an expository nature, but are also used to answer questions of general interest to the class. Practical (PL) sessions aim to consolidate the concepts presented in the lectures through pencil-and-paper exercises and the implementation of simulation models in software. A practical assignment involving the modeling and simulation of simplified realistic systems using appropriate simulation software is also proposed and assessed.

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

Sendo objetivo da unidade curricular levar os estudantes a desenvolver as competências teóricas e práticas necessárias à modelação e simulação de sistemas contínuos e de eventos discretos, os métodos de ensino adotados visam permitir, por um lado, a transmissão de todo um corpo de conhecimento teórico e, por outro, a exercitação desse conhecimento e a sua aplicação a novas situações. O trabalho prático deve ainda contribuir para motivar os estudantes para o aprofundamento dos conteúdos teóricos e para os levar a apreciar a relevância prática dos métodos estudados.

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

Since the course aims to lead students to develop the theoretical and practical skills required for the modeling and simulation of both continuous systems and discrete-event systems, the teaching methods adopted are intended to allow, on the one hand, a whole body of theoretical knowledge to be conveyed and, on the other hand, the exercising of this knowledge and its application to new situations. The practical assignment should also help to motivate students to the in-depth study of the theoretical content, and to lead them to appreciate the practical relevance of the methods studied.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

François E. Cellier and Ernesto Kofman, Continuous System Simulation, Springer, 2006.

Hartmut Bossel, Modeling and Simulation, A K Peters, 1994.

Christos G. Cassandras and Stéphane Lafortune, Introduction to Discrete Event Systems, Springer, 2007.

J. Banks, J. S. Carson, B. L. Nelson, and D. Nicol, Discrete-Event System Simulation, 5th ed., Prentice Hall, 2010

Averill M. Law, Simulation Modeling and Analysis, 5th ed., McGraw Hill, 2014.

Michael Pidd, Computer Simulation In Management Science, 5th ed., Wiley, 2006.

Ronald T. Kneusel, Random Numbers and Computers, Springer, 2018

James E. Gentle, Random Number Generation and Monte Carlo Methods, 2nd ed., Springer, 2003.

Mapa IV - Otimização Avançada

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Otimização Avançada

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Advanced Optimization

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

OP

4.4.1.3. Duração:

Semestral/Semiannual**4.4.1.4. Horas de trabalho:****162****4.4.1.5. Horas de contacto:****TP-60; O-2****4.4.1.6. ECTS:****6****4.4.1.7. Observações:****<sem resposta>****4.4.1.7. Observations:****<no answer>****4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):****João Gouveia****4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:****José Luís Esteves dos Santos****4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

Dotar os alunos de conhecimentos avançados de otimização, com ênfase particular naqueles que mais importância têm na aprendizagem automática. Pretende-se que os estudantes obtenham uma sólida fundamentação matemática dos métodos que utilizam, que lhes permita avaliar do alcance e limitações das matérias estudadas e suas aplicações.

Esta unidade curricular permite desenvolver as seguintes competências instrumentais: análise e síntese, organização e planificação, comunicação oral e escrita, capacidade de resolver problemas. A nível pessoal permite também desenvolver capacidades de aprendizagem autónoma e espírito crítico, bem como aplicar na prática os conhecimentos teórico

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

This course aims to give the students advanced notions of optimization, with particular emphasis on those that are of importance in the field of machine learning. The intention is to provide the students with a solid mathematical foundation for the methods they use, allowing them to evaluate the capabilities and limitations of the studied methods and their applications.

The course aims at developing the following skills: analysis and synthesis, organization and planning, oral and written communication, problem-solving skills and computational ability. On the personal level it also allows to develop self-learning skills and independent thinking.

4.4.5. Conteúdos programáticos:**1 - Método do elipsóide****2 – Métodos avançados de primeira ordem**

- *Funções convexas gerais, convexidade estrita e forte e subgradientes.*
- *Revisão da descida de gradiente*
- *Descida de gradiente acelerada de Nesterov*
- *Descida de gradiente condicional de Frank-Wolfe*
- *Subgradiente projectado*
- 3- *Somas de funções suaves e funções não suaves simples*
- *LASSO*
- *ISTA e FISTA*
- 4 – *Métodos de ponto interior*
- *Funções auto-concordantes*
- *Caminho central*
- 5 – *Programação semidefinida*
- *Propriedades*
- *Relaxações de problemas combinatorios*
- *Aplicações diversas: Norma nuclear, recuperação de fase, optimização polinomial...*
- 6 – *Otimização sem derivadas*

4.4.5. Syllabus:

- 1 - *Ellipsoid method*
- 2- *Advanced first order methods:*
 - *General convex functions, strong and strict convexities, subgradients*
 - *Revision of gradient descent*
 - *Nesterov's accelerated gradient descent*
 - *Frank-Wolfe conditional gradient descent*
 - *Projected subgradient descent*
- 3 - *Sums of smooth and simple nonsmooth functions*
- *LASSO*
- *ISTA and FISTA*
- 4- *Interior point methods*
- *Self-concordand functions*
- *ISTA and FISTA*
- 5- *Semidefinite Programming*
- *Properties*
- *Combinatorial Programming relaxations*
- *Various applications: Nuclear norm, phase retrieval, polynomial optimization...*
- 6- *Derivative free optimization*

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

Assumindo os conhecimentos base dos resultados mais clássicos de optimização não linear, esta cadeira introduz alguns dos desenvolvimentos mais importantes das últimas décadas, sendo a escolha informada essencialmente pela relevância dos mesmos na ciência e engenharia dos dados. Os conteúdos têm uma sólida componente teórica, especialmente na sua parte inicial, mas pretende-se que vão adquirindo uma vertente mais aplicada na segunda metade da disciplina, ilustrando assim a ligação entre resultados teóricos e aplicações concretas.

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

Assuming basic knowledge of the more classical results of nonlinear optimization, this course introduces some of the more important developments of the last few decades, being the choice essentially informed by the relevance of them to the study of data science and engineering. The syllabus has a very strong theoretical component, specially in its initial part, but it is intended that it will progressively acquire a more applied slant as the course proceeds to its second half, illustrating in that way the connection between theoretical foundations and concrete applications.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As aulas são de carácter expositivo, mas apelando também à participação dos estudantes, onde se espera que seja o aluno a desenvolver aplicações das técnicas apresentadas.

Serão ainda resolvidos exercícios e executados pequenos projectos computacionais de aplicação das matérias dadas.

Semanalmente, é disponibilizado um tempo de orientação tutorial.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The lectures will be of expository nature, while promoting student participation and where the student is expected to develop on her/his own applications of the methods learned.

There will also be problem solving and small applicational computational projects for illustrating the topics covered.

Weekly, tutorial time is offered to help students.

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

As aulas permitem expor, discutir e exemplificar a teoria matemática subjacente ao estudo da otimização. Os modelos e os métodos apresentados nas aulas são sistematicamente aplicados na resolução de exercícios, contribuindo para uma melhor compreensão e consolidação das matérias abordadas. Por fim os projetos computacionais solidificam o conhecimento fazendo a ponte da teoria à prática.

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

The classes allow exposing, discussing and illustrating the mathematical theory underlying the study of Optimization. The models and methods presented in class are systematically applied by solving multiple exercises, contributing to a better understanding and consolidation of the subjects covered. Finally the computational projects will solidify knowledge, bridging theory and practice.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Convex Optimization: Algorithms and Complexity (2015) de Sébastien Bubeck

Lectures on Convex Optimization, 2nd ed., (2018) de Yurii Nesterov

Convex Optimization (2004) de Stephen Boyd e Lieven Vandenberghe

Optimization for Machine Learning (2011), editado por Suvrit Sra, Sebastian Nowozin, Stephen J. Wright

Introduction to Derivative-Free Optimization (2009) de Andrew R. Conn, Katya Scheinberg e Luis N. Vicente

Mapa IV - Sistemas Complexos**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

Sistemas Complexos

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Complex Systems

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

OP

4.4.1.3. Duração:

Semestral/Semiannual

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

4.4.1.5. Horas de contacto:

T-30; PL-30; O-2

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

Ernesto Jorge Fernandes Costa

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

Nuno António Marques Lourenço

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

Esta cadeira tem por objetivo primeiro o estudo de sistemas complexos, sejam eles físicos (e.g., o clima), biológicos (e.g., redes de regulação genética), cognitivos (e.g., a mente) ou sociais (e.g., os mercados financeiros). Focaremos os conceitos, os modelos e as ferramentas necessários à compreensão destes sistemas. Partindo de uma discussão conceptual envolvendo conceitos como sistema, complexidade, auto-organização, emergência, informação, computação e evolução, passaremos de seguida à descrição de classes de modelos direccionados para a compreensão dos sistemas complexos, continuando com a apresentação de diferentes ferramentas e terminando com casos de estudo. No final, o aluno deve ser capaz de escolher o modelo mais apropriado para a compreensão de um sistema complexo, escolher a ferramenta mais apropriada para fazer a análise desse sistema e retirar conhecimento dessa análise.

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

The main goal of this course is the study of complex system, either physical (e.g., the weather), biologic (e.g., genetic regulatory networks), cognitive (e.g., the mind) or social (e.g., the stock market). We will be focused on the concepts, the models and the tools necessary to the comprehension of these systems. We will start with a conceptual discussion involving the notions of system, complexity, self-organization, emergency, information, computation and evolution. Then, we will proceed with a description of different classes of models of complex systems. We will end with the presentation of different tools and frameworks and several case studies. In the end, the student will be able to choose the right model and the appropriate tool to analyze a complex system, and extract knowledge from that analysis.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. **Conceitos (sistema, sistema complexo, sistema adaptativo complexo, sistema dinâmico, complexidade e de diversidade, informação, computação, evolução e modelos)**
2. **Modelos matemáticos (autómatos celulares, fractais, caos, criticalidade auto-organizada)**
3. **Modelos em rede (small-world networks, scale-free networks, random boolean networks)**
4. **Modelos baseados em regras (inteligência colectiva)**
5. **Ferramentas**
6. **Casos de Estudo.**

4.4.5. Syllabus:

1. **Concepts (system, complex system, complex adaptive system, dynamic system, complexity and diversity, information, computation, evolution and models).**
2. **Dynamical Systems**
3. **Network Science**
4. **Agent-Based Modeling**
5. **Tools and frameworks**
6. **Case Studies.**

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

Existem três grandes abordagens ao problema dos sistemas complexos: modelos matemáticos baseados em equações diferenciais ou equações de diferenças, ciência das redes e modelos baseados em agentes. Estes três temas constituem o núcleo da disciplina, sendo tratados, respectivamente, nos pontos 2, 3 e 4. Sendo as simulações computacionais um instrumento fundamental em sistemas complexos, as ferramentas computacionais, com especial relevo para as que pertencem ao eco-sistema da linguagem Python, serão igualmente tratadas no curso (ponto 5). Os sistemas complexos podem ser físicos, biológicos, cognitivos ou sociais e serão discutidos ao longo do curso (ponto 6).

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

There are three main approaches to the problem of modeling complex systems: mathematical models (differential equations, difference equations), network science and agent-based modeling. They will be the kernel of this course, and discussed, respectively, in points 2, 3 and 4. Computational simulations are quite important and so we will study and use tools and frameworks, mostly based on the Python ecosystem (point 5). Complex Systems may be either physical, biologic, cognitive or social and will extensively discussed and studied (point 6).

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas T: conceitos, teorias e métodos, associados à resolução heurística de problemas. Na PL, o aluno exercita em computador problemas de complexidade média e efectuando simulações eventualmente por recurso a ferramentas, trabalho feito em grupo com a monitorização do professor. Leitura de um trabalho de investigação já publicado, e posterior síntese escrita, trabalho prático envolvendo simulações computacionais, com escrita de um relatório, com a forma de uma comunicação a uma conferência. Os trabalhos referidos são únicos, individuais, e estão sujeitos a apresentação oral e discussão.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Lectures: theories and methods used in heuristic problem solving. Students solve in practical classes computer problems of medium complexity and by means of simulations using particular frameworks. This is a group work done under the supervision of the professor. Written synthesis of a recent research work, experimental work involving computer simulations, done individually and includes a written report and an oral presentation.

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

Esta disciplina tem uma componente teórica importante. Daí que a síntese de um trabalho de investigação e um exame escrito sejam componentes fundamentais da avaliação. No entanto sabemos que a uma maneira importante de consolidar as ideias teóricas e sua projecção para a resolução de problemas, é através da

prática guiada por princípios. Daí a existência de um projecto prático e das aulas PL apoiadas por um docente.

Também se pretende que o estudante desenvolva competências não técnicas, nomeadamente a capacidade de análise e de síntese, de comunicação escrita e oral, de trabalho de grupo, de resolução de problemas, de raciocínio crítico e de criatividade. A diversidade de práticas de ensino e de aprendizagem da disciplina contribuem de modo claro para esse objectivo.

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

The course has an important theoretical flavor. For that reason the synthesis of a research paper together with the written exam is an important elements of students' grading. Nevertheless, we know that the best way to consolidate theoretical ideias, and how they can be applied to problems, is by principle-guided practice. So the project and the PL will fulfill this role. In the latter case, the work will have the teacher's help.

We will promote the acquisition of soft-skills by the students, namely, the analytic and synthetic capabilities, the written and oral communication, the capacity to participate in a group work, the problem solving competence, the critical reasoning and creativity. The diverse activities involved in teaching and learning clearly contribute for the goal of soft-skills proficiency.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- 1. Hiroki Sayama, Introduction to the modeling and analysis of complex systems, Binghamton University, SUNNY, 2015.***
- 2. Steven Strogatz, Nonlinear Dynamics and chaos, Perseus Books Publishing, 1994.***
- 3. Frank Giordano, William Fox, Steven Horton, A First course in Mathematical Modeling (5th Edition), Brooks/Cole, 2014.***
- 4. Uri Wilenski and William Rand, An introduction to agent-based modeling, MIT Press, 2015.***
- 5. Melanie Mitchell, Complexity: a guided tour, Oxford University Press, 2009.***
- 6. Albert-Laszlo Barabasi, Network Science, Cambridge University Press, 2016.***
- 7. Heinz-Otto Peithgen, Harmut Juergens, and Dietmar Saupe, Chaos and Fractals: new frontiers of science (2nd Edition), Springer, 2004.***

Mapa IV - Análise de Dados Espaciais

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Análise de Dados Espaciais

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Spatial Data Analysis

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

OP

4.4.1.3. Duração:

Semestral/Semiannual

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

4.4.1.5. Horas de contacto:

T-30; PL-30; O-2

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):*Carlos Manuel Robalo Lisboa Bento***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:**

<sem resposta>

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

Esta disciplina endereça o tema da visualização e análise de dados espaciais com ênfase nos georreferenciados para o apoio à decisão em temas como sejam a mobilidade urbana, o uso do solo, a segurança e prevenção de terrorismo em espaços urbanos, a gestão de energia, água e desperdícios. As aulas teóricas fornecem os conceitos e técnicas de computação necessários ao curso. As aulas práticas estão estruturadas em volta do Data Lab. O Data Lab disponibiliza datasets reais que são usados em dois projetos ao longo da disciplina. O Projeto A recorre a dados de várias origens incluindo dados georreferenciados. Este projeto tem também o objetivo desenvolver nos alunos competências na utilizar Sistemas de Informação Geográfica e toolkits para análise de dados espaciais. No Projeto B os alunos escolhem um projeto de aplicação prática orientado para o desenvolvimento de competências na construção de sistemas de apoio à decisão para planeamento urbano.

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

This unity addresses the topic of exploratory visualization and data analysis for spatial data, namely geo-referenced data, for decision support. The domains of application are land use analysis, urban mobility, security and terrorism prevention, energy, water and waste management. The theoretical part of the unity addresses the concepts and computational methods. Practical classes are structured around the Data Lab. The Data Lab makes available real world data sets used within two projects. Project A uses geo-referenced data and has the goal of developing competences on the use of Geographic Information Systems and Analytic Tools for geo-referenced data. Project B has the goal of developing competences on the construction of decision support systems for urban design and planning.

4.4.5. Conteúdos programáticos:*Conceitos**Sistemas de Informação Geográfica**Métodos de Posicionamento**Modelação Comportamental**Uso do Solo, Mobilidade e Infraestruturas***4.4.5. Syllabus:***Concepts**Geographic Information Systems**Positioning*

Behaviour Modeling**Land Use, Mobility and Infrastructures****4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

O programa da unidade de Análise de Dados Espaciais pretende um equilíbrio entre o contacto com os conceitos e teoria de suporte à Análise de Dados Espaciais e a realização de protótipos de apoio à decisão que permitam ao aluno ganhar sensibilidade para os conceitos e importância da componente teórica da unidade. No tema introdutório do programa é feita uma apresentação geral de conceitos centrais à análise de dados espaciais com ênfase em dados geo-referenciados, bem como a conceitos de utilização do solo, mobilidade e actividade em espaços urbanos, bem como indicadores usados para apoio à decisão. Segue-se o estudo da representação, processamento e raciocínio em dados com referência espacial e geo-espacial, bem como técnicas de posicionamento e representação de lugar, centrais à perceção do contexto físico urbano. O capítulo sobre modelação comportamental dá suporte à perceção do contexto individual.

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

The program for this unit pursues a balance between learning the relevant concepts and theory supporting Spatial Data Analysis and development of prototypes of decision support systems with the aim to consolidate concepts. In the introductory section of the program we present the basic concepts for spatial data analysis with emphasis on geo-referenced data. Also concepts on land use, mobility and user activities are addressed having in aim the development of decision support systems. The next topic addresses representation, processing and reasoning on spatial and geo-spatial data, and technologies for positioning and place representation, which are essential for perception of the physical context within urban spaces. The topic on behaviour modeling supports profiling of the individual user.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

O processo de aprendizagem tem lugar em aulas teóricas, aulas práticas e trabalho desenvolvido autonomamente fora do espaço de aula.

Os materiais para as aulas incluem:

- apresentações PPT
- vídeos de demonstração
- conjuntos de dados real
- sistema de informação geográfica
- toolkit para análise de dados geo-referenciados

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The learning process takes place along theoretical, data lab classes, and work developed autonomously. Materials for the classes include:

- PPT presentations
- demonstration videos
- real data sets
- geographic information system
- toolkit for geo-data analysis

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

Como foi atrás expresso os objetivos principais da disciplina são: 1) Compreensão dos conceitos e componentes de Informação Geográfica, Posicionamento, Raciocínio Espacial e Inteligência Artificial. 2) Aquisição de conceitos e conhecimentos sobre usos do solo, transportes e atividades em espaços urbanos. 3) Aquisição dos conhecimentos e competências para o desenho e desenvolvimento de sistemas de apoio à decisão para espaços urbanos, com ênfase na integração de técnicas de posicionamento, conceito de lugar, perceção de contexto e atuação, privacidade e segurança. As componentes Teórica da disciplina, a realização de um Exame no final e algumas das intervenções ao longo do projeto pretendem dar resposta aos pontos 1) e 3) e permitir ao aluno uma formação sólida de base na área. O projeto da disciplina, a defesa do mesmo em contexto de Workshop, pretendem dar resposta ao ponto 2) e fazer a sua ligação aos pontos 1) e 3).

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

As explained before the main goals of this unit are: 1) Understanding the core concepts and components of a Geographic Information Systems, Positioning Techniques, Spatial Reasoning and Artificial Intelligence. 2) Acquisition of concepts and knowledge on land use, transports and activities in the urban space. 3) Acquisition of knowledge and competences on the design and development of Decision Support Systems for Urban Spaces with emphasis on the integration of positioning techniques, concept of place, context awareness and actuation, privacy and security. The theoretical component of the unit, the realization of an exam at the end of the unit, and some interventions along the Project intend to address topics 1) and 3) and result into a solid knowledge on the area. The Project and its presentation, in the context of an open Workshop, intend to address topic 2) and make the bridge with topics 1) and 3).

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

GIS: A Computing Perspective, 3rd Edition, 2019

Michael Worboys and Matt Duckham

CRC Press

Location-based Services: Fundamentals and Operation

Axel Kupper Wiley

Mobile Positioning and Tracking: From Conventional to Cooperative Techniques, 2nd Edition, 2017

Simone Frattasi, Francescantonio Della Rosa

IEEE Press Wiley

Papers from Journal in the area that are downloadable from the course webpage

Mapa IV - Computação Evolucionária

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Computação Evolucionária

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Evolutionary Computation

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

OP

4.4.1.3. Duração:

Semestral/Semiannual

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

4.4.1.5. Horas de contacto:

T-30 PL-30 O-2

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

Ernesto Jorge Fernandes Costa

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

Fernando Jorge Penousal Martins Machado, Nuno António Marques Lourenço

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

Apresentar, discutir e desenvolver soluções de engenharia de inspiração natural (i.e., biológica, social, física) para problemas de elevada complexidade que, ou não têm solução analítica, ou são computacionalmente intratáveis. Aprender a avaliar de modo rigoroso, i.e., por recurso à estatística, soluções alternativas para os problemas.

Aquisição de competências em análise e síntese, comunicação oral e escrita (português e inglês), conhecimentos informáticos e de análise estatística, resolução de problemas, conhecimento de uma língua estrangeira, raciocínio crítico, trabalho em grupo, aprendizagem autónoma, criatividade, aplicação prática dos conhecimentos, investigação.

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

To present, discuss and develop natural inspired (i.e., biological, social, physical) engineering solutions to hard, complex, problems, which do not have an analytical solution or are computational intractable. To learn how to formal evaluate alternative solutions, i.e., based on sound statistical methods.

Acquiring competences in analysis and synthesis, written and oral communication (Portuguese and English), computer science and statistical knowledge, problem solving, knowledge of a foreign language, critical reasoning, group work, autonomous learning, creativity, practical application of the knowledge, research.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1. Introdução: meta-heurísticas e resolução de problemas*
- 2. Algoritmos Evolucionários Padrão*
- 3. Algoritmos Não-Darwinianos*
- 4. Inteligência Colectiva*
- 5. Sistemas Imunes Artificiais*
- 6. Sistemas Baseados em Desenvolvimento*
- 7. Evolução e Aprendizagem*
- 8. Desenho de Experiências e Análise Estatística*

4.4.5. Syllabus:

- 1. Introduction: meta-heuristics and problem solving*
- 2. Standard Evolutionary Algorithms*
- 3. Non-Darwinian Algorithms*
- 4. Collective Intelligence*
- 5. Artificial Immune Systems*
- 6. Developmental Systems*
- 7. Evolution and Learning*

8. Design of Experiments and Statistical Analysis

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

Este é um curso sobre resolução de problemas por métodos heurísticos, dirigido em particular para problemas de optimização, desenho e aprendizagem. O seu objetivo programático principal está limitado a soluções inspiradas na natureza. No entanto, para o aluno ter um visão mais completa, no tópico 1 procurar-se-á por estes métodos em contexto com outras abordagens. Os tópicos 2, 5 e 6 envolvem os diferentes métodos de inspiração biológica (os algoritmos evolucionários, os sistemas imunes artificiais e os sistemas inspirados na biologia do desenvolvimento. Ficam de fora as redes neuronais pois são tratadas de modo extensivo noutra cadeira. O tema 3 aborda outros métodos não inspirados na teoria da selecção natural de Darwin. O tema 4 está relacionado com o modo como coletivos de agentes sociais resolvem problemas de optimização e respetivas abstrações computacionais. O tema 7 discute as relações entre evolução e aprendizagem. O tema 8, trata do problema do desenho de experiências.

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

This is a course on heuristic problem solving, directed towards optimization, design and learning problems. Its main programmatic goal is restricted to nature-inspired methods. However, for the student to have a complete view of problem solving methods, those that will be covered in the lectures will be put in context with other proposals in topic 1. The themes 2, 5 and 6 will deal with the different biological-inspired methods (evolutionary algorithms, artificial immune systems, and developmental systems). We will not deal with neural networks for they will be deeply study in another course. Topic 3 will deal with non-darwin methods. The topic 4, address how social animals solve optimization problems and discuss the corresponding algorithms . Topic 7, will discuss the relationship between evolution and learning. Topic 8, will mostly introduce statistical tools to analyzing algorithmic alternatives.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Nas aulas teóricas serão expostos e discutidos de modo crítico os conceitos, teorias e métodos, associados à resolução heurística de problemas. Os alunos serão chamados de imediato a exercitar, na PL, o que foi aprendido através da resolução em computador de problemas de complexidade média. Esse trabalho será feito em grupo com a monitorização do professor. Leitura de trabalho de investigação; estudo experimental de soluções alternativas para uma dada questão teórica; escrita de relatório. Os trabalhos referidos são únicos, individuais, e estão sujeitos a apresentação oral e discussão.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

In the lectures we will present and discuss in a critical way the theories and methods used in heuristic problem solving. Immediately after the lecture students will exercise what was taught by solving in the computer medium complexity problems. This is a group work done under the supervision of the professor. Written synthesis of a recent research work, experimental work involving the statistical study of different alternatives for a theoretical question. Work subject to oral presentation and discussion

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

A melhor forma de interiorizar métodos de resolver problemas é implementar algoritmos e efetuar testes para diferentes configurações. Aulas T: apresentação dos conceitos, Aulas PL: serão testados os algoritmos. Os alunos recebem o código base de todos os algoritmos. As competências identificadas serão promovidas de diferentes maneiras. As aulas desenvolvem competências: análise e síntese, resolução de problemas, raciocínio crítico, criatividade, aplicar novos conhecimentos. Aulas PL: competências de trabalho em grupo. A leitura de comunicação científica liga-se de modo direto às competências de capacidade de análise e de síntese, de comunicação oral e escrita, de conhecimento de uma língua estrangeira, de raciocínio crítico, de aprendizagem autónoma, de investigação. Projeto: cimenta competências em informática e estatística, comunicação oral e escrita, conhecimento de uma língua estrangeira, raciocínio crítico, aprendizagem autónoma, criatividade, aplicação, investigação.

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

The best way to apprehend the different methods of problem solving is to implement the corresponding algorithms, making also tests with different configurations. T Lectures: introduction of different concepts, Labs: test algorithms, with the base code for all. The identified competences will be promoted in different ways: capacity of analysis and synthesis, problem solving, critical reasoning, creativity, practical application of the learned knowledge. Group work. The work involving a research paper will greatly contribute to analysis and synthesis, oral and written communication, knowledge of a foreign language, critical reasoning, and autonomous learning. Practical project : computer programming and statistical analysis, oral and written communication, knowledge of a foreign

language, critical reasoning, autonomous learning, creativity, practical application of the learned knowledge, and research.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- 1) *Introduction to Evolutionary Computation (2nd edition)*, A. Eiben and J. Smith, Springer, 2015.
- 2) *Natural Computing Algorithms*, Anthony Brabazon, Michael O'Neill and Seán McGarraghy, Springer, 2015.
- 3) *Bio-Inspired Artificial Intelligence: theories, methods, and Technologies*, Dario Floreano and Claudio Mattiussi, MIT Press, 2008.
- 4) *Fundamentals of Natural Computing: basic concepts, algorithms, and applications*, Leandro Castro, Chapman and Hall, 2006.
- 5) *Essentials of Metaheuristics (2nd Edition)*, Sean Luke, Lulu Press, 2013.

Mapa IV - Tecnologias para Análise de Dados

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Tecnologias para Análise de Dados

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Data Analytics Technology

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

INF

4.4.1.3. Duração:

Semestral/Semiannual

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

4.4.1.5. Horas de contacto:

T-30; PL-30; O-2

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

Bruno Miguel Brás Cabral

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

Marco Paulo Amorim Vieira, Bernardete Martins Ribeiro, Pedro Nuno San-Bento Furtado

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

A disciplina tem por objectivos estudar as principais metodologias e de desenvolvimento de soluções de Business Intelligence e mostrar como as técnicas de Data Warehouses (DW), de OLAP e de Data Mining (DM) podem ser conjugadas na construção de soluções informáticas de apoio à decisão.

Pretende-se potenciar o desenvolvimento das seguintes competências:

- *Aplicar na prática os conhecimentos: aplicar os conhecimentos adquiridos no desenvolvimento de sistemas de suporte à decisão em ambientes reais*
- *Aprendizagem autónoma, resolução de problemas e capacidade de decisão: identificar fontes de conhecimento, encontrar soluções para o desenvolvimento de aplicações para a análise de dados tendo em conta as necessidades organizativas, usando as metodologias de DW, OLAP e DM*
- *Comunicação oral e escrita, entender a linguagem de outros especialistas e não são especialistas na área: comunicar e justificar as opções técnicas numa linguagem compreensível quer a especialistas quer a não especialistas*

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

The objectives of this course are to study the main methodologies for developing business intelligence solutions and show how the techniques of Data Warehouses (DW), OLAP and Data Mining (DM) can be combined in building software solutions for decision support.

This course aims to boost the development of the following skills:

- *Apply knowledge in practice: applying knowledge in the development of decision support systems in real environments*
- *Autonomous learning, problem solving and decision-making: ability to identify sources of knowledge, finding solutions to the development of applications for data analysis taking into account the organizational needs, using the methodologies of DW, OLAP and DM*
- *Oral and written communication, understanding the language of experts and non experts in the field: to communicate and justify the technical options in understandable language either for specialists or non specialists*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Data warehousing e OLAP

- *Introdução às Data Warehouses*
- *Análise multidimensional e esquemas em estrela*
- *Projecto de Data Warehouses*
- *Extracção, transformação e carregamento de dados*
- *Optimização e administração de data warehouses*
- *Bases de dados multidimensionais e OLAP*
- *Tópicos avançados e novos paradigmas para problemas de tratamento de dados*

Data Mining

- *Seleccção de Dados*
- *Pré-processamento de Dados*
- *Escolha e Aplicação dos Algoritmos de Data Mining*
- *Avaliação dos Modelos Gerados*
- *Visualização e Seleccção de Modelos*
- *Aplicação dos Modelos Gerados*

4.4.5. Syllabus:

Data warehousing and OLAP

- *Introduction to Data Warehouses*
- *Multidimensional Analysis and Star Schemas*
- *Data Warehouse Project*
- *Data Extraction, Transformation and Loading*

- **Optimization and Administration of Data Warehouses**
- **Multidimensional Databases and OLAP**
- **Advanced topics and new paradigms for data processing problems**

Data Mining

- **Data Selection**
- **Data Pre-processing**
- **Selection and Application of Data Mining Algorithms**
- **Evaluation of Generated Data Models**
- **Visualization and Selection of Data Models**
- **Application of Data Models**

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

A unidade curricular tem como objectivo principal o ensino de técnicas que permitam ao aluno ser capaz de desenvolver sistemas de análise de dados num contexto organizacional e com um volume de dados considerável, utilizando técnicas de Data Warehousing (DW), OLAP e Data Mining. Desta forma, os conteúdos programáticos focam fundamentalmente as três áreas: DW, OLAP e Data Mining. Existe no entanto um tópico prévio de análise de negócio, visto que o saber compreender o negócio a analisar é importante para a criação destes sistemas. Durante a leccionação dos vários tópicos os docentes fazem a ponte entre os dois tipos de análise sempre que se justifique. Também serão explorados alguns tópicos avançados dentro da área, como por exemplo, soluções e características de problemas Big Data e Processamento Complexo de Eventos.

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

The course has as a main goal the lecturing of techniques that allow the student to be able to develop data analysis systems in an organizational context and with large volumes of data, using Data Warehousing, OLAP and Data Mining techniques. Having this into account, the course contents focus three main areas: Data Warehousing, OLAP and Data Mining. There is also an initial topic, business analysis, which focuses in understanding the underlying business in analysis. During the lecturing of these topics, the instructors will make the connection between OLAP and Data Mining whenever relevant. Advanced topics in the field, such as solutions and features of problems and Big Data Processing Complex events will also be exploited.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas teóricas com exposição detalhada, recorrendo a meios audiovisuais, dos conceitos, princípios e teorias fundamentais de Data Warehousing, OLAP e Data Mining.

Aulas práticas-laboratoriais em que se pretende que os alunos adquiram conhecimentos sobre ferramentas e técnicas de desenvolvimento de aplicações práticas envolvendo OLAP e Data Mining e que, com a orientação do docente, desenvolvam um trabalho laboratorial (projeto).

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Theoretical classes with detailed exposition, using visual aids, of the concepts, principles and fundamental theories of Data Warehousing, OLAP and Data Mining.

Practical-laboratory practices, in which students are required to acquire knowledge about tools and techniques for developing practical applications involving OLAP and Data Mining and that, under the guidance of the teachers, develop a work (project).

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

A estratégia e o método de ensino adotado procuram envolver os alunos no processo de aprendizagem e na sua valorização pessoal, e assim levar ao desenvolvimento, para além de competências técnicas específicas, de algumas competências genéricas, de natureza instrumental, pessoal e sistémicas. Com os exemplos e exercícios práticos apresentados nas aulas teóricas estão criadas as condições para o desenvolvimento das competências para análise e síntese, resolver problemas, decisão, raciocínio crítico, aprendizagem autónoma, adaptabilidade a novas situações, e em aplicar na prática os conhecimentos teóricos adquiridos nas aulas teóricas e práticas-laboratoriais.

Os tutoriais e exercícios propostos nas aulas PL ajudam os alunos a conhecer as ferramentas e a aplicar na prática os conceitos introduzidos nas teóricas. Com o projeto que os alunos desenvolvem, são criadas as condições para o desenvolvimento das competências.

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

The teaching strategy and methods adopted aim at engaging the student in the learning process and his personal development, and lead to the development of some generic competencies of instrumental, personal and systemic nature.

The practical examples and exercises presented in theoretical classes create conditions for the development of competencies for analysis and synthesis, problem solving, decision-making, critical thinking, independent learning, adaptability to new situations, and practical application of theoretical knowledge acquired both in the theoretical and practical-laboratorial classes.

The tutorials and assignments proposed in the laboratory classes help students discover and learn tools, and apply in practice the concepts introduced in the theoretical classes. The laboratory work (project) creates conditions for the development of competencies.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

"Designing Data-Intensive Applications: The Big Ideas Behind Reliable, Scalable, and Maintainable Systems." Kleppmann, Martin. 2018.

"The Data Warehouse Lifecycle Toolkit", Ralph Kimbal et.al, J. Wiley & Sons, Inc, 2nd Edition, 2008.

"Data Mining", Witten Frank. Morgan Kaufman, 4th Edition, 2016.

Mapa IV - Análise de Séries Temporais e Predição**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

Análise de Séries Temporais e Predição

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Time Series Analysis and Prediction

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

INF

4.4.1.3. Duração:

Semestral/Semiannual

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

4.4.1.5. Horas de contacto:

T-30; PL-30; O-2

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

Jorge Manuel Oliveira Henriques

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

Paulo Fernando Pereira de Carvalho

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

Esta UC introduz os conceitos fundamentais relativos à teoria, ao projecto e à implementação de métodos de análise de séries temporais tendo principalmente em vista tarefas de predição, com aplicação a vários domínios. O curso abrange técnicas lineares e não lineares de análise de séries temporais, assim como metodologias para a construção de modelos preditivos, de forma a permitir realizar inferências com aplicação em sistemas de prognóstico e de suporte à decisão.

Este curso permitirá aos alunos compreender, identificar, seleccionar e implementar métodos de análise de séries temporais e de predição adequados aos problemas concretos a resolver. A unidade curricular contribui para a aquisição das seguintes competências: 1. Instrumentais: capacidade de análise e de síntese em problemas complexos; competência de resolução de problemas concretos no âmbito da predição de séries temporais. 2. Pessoais: trabalho em grupo; raciocínio crítico; 3. Sistémicas: auto-aprendizagem; investigação.

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

This course introduces fundamental concepts related to the theory, the design and the implementation of time series analysis and prediction in various domains. The course covers linear and nonlinear methods for time series analysis, capable to build predictive models, in order to make inferences with application in prognosis and decision support systems.

This course will enable students to understand, identify, select and implement distinct time series and prediction methods and to apply these to practical situations in distinct domains.

The course will contribute to the acquisition of the following competences: 1. Instrumental: analysis and synthesis of complex problems. problem solving, namely in the prediction area; 2. Personal: team work, critical reasoning; 3. Systematic: self-learning, research.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Introdução e conceitos

Definições, objectivos e aplicações de análise e previsão de séries temporais

Abordagens na análise de séries temporais, métodos de previsão

1 | Métodos Lineares

Métodos regressivos, parâmetros, métodos dos mínimos quadrados, autocorrelação

Ordem de modelos (critério information-theoretic and minimum description length)

Estacionaridade e não-estacionaridade, tendências

Modelos AR e ARMAX

Modelos ARIMA

Probabilidade e intervalos de confiança

Modelos de regressão univariada e multivariada

2 | Métodos não lineares

Sazonalidade e suavização exponencial

Método Holt-Winters

Processos heteroscedimensionais condicionais auto-regressivos generalizados

Dinâmica não linear e caos

Modelos regressivos não lineares - redes neurais

Abordagens de raciocínio baseadas em casos

3 | Comparação e desempenho de métodos de previsão

Métricas de previsão, comparação de modelos, medidas de complexidade

4 | Aplicações

Prognóstico em aplicações biomédicas, previsões económicas, finanças

4.4.5. Syllabus:

Introduction and concepts

Definitions, challenges and applications of time series analysis and prediction

Time series approaches, prediction methods

1| Linear Methods

Regressions, parameters, least squares estimation, correlations and autocorrelation

Order selection (information-theoretic and minimum description length criterions)

Stationarity and non-stationarity, trends

AR and ARMAX models

ARIMA models

Likelihood and confidence intervals

Univariate and multivariate dynamic regression models

2| Non-linear methods

Seasonality and exponential smoothing

Holt-winters method

Generalized autoregressive conditional heteroskedastic processes

Nonlinear dynamics and chaos

Non-linear regressive models - neural networks

Case based reasoning approaches

3| Comparison and Performance of prediction methods

Forecasting metrics, comparison of models, complexity measures

4| Applications

Prognosis for biomedical applications, economical predictions, finance, etc.

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

Tendo em conta que o objectivo principal desta unidade curricular (UC) é proporcionar aos estudantes a aprendizagem de conhecimentos e de técnicas fundamentais para a análise e predição de séries temporais e a sua aplicação em diferentes domínios, os conteúdos programáticos vão de encontro a esses objectivos. Para tal incluem, numa primeira parte, uma introdução aos conceitos fundamentais na área para apresentar depois, de forma sistemática, as várias abordagens e metodologias para a análise de séries temporais, metodologias de predição e métodos para a avaliação e comparação das diferentes abordagens. De referir que o aspecto prático nesta unidade curricular será privilegiado de forma particular, havendo sempre a apresentação de casos práticos de forma a clarificar os assuntos teóricos em causa.

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

Given that the main objective of this course is to provide students with the theoretical basis and skills fundamental for time series analysis and prediction, and its application in different fields, the contents of the curriculum addresses these objectives. These include, in the first part, an introduction to the fundamental

concepts in the area. Then, in a second part, the course systematically introduces the various approaches and methodologies for time series analysis and prediction, as well as methods to evaluate and compare the distinct approaches.

It should be noted that the practical aspect in this curricular unit will be privileged in a particular way, always presenting practical cases in order to clarify the theoretical concepts.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

O processo de ensino/aprendizagem observa uma abordagem de aprendizagem colaborativa, que se baseia na apresentação, análise e discussão e conceitos e técnicas em aulas teóricas e teórico-práticas.

Aulas teóricas (2 horas semana): Exposição dos conceitos, princípios e técnicas fundamentais no âmbito da análise de séries temporais e de predição. Exemplos que concretizem o interesse prático da matéria e exemplifiquem a sua aplicação a situações reais

Aulas práticas (2 horas semana): Propostas de problemas práticos relacionados com os assuntos leccionados na teórica e a sua análise

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The teaching/learning process follows a learning approach of collaborative type, based on the presentation, analysis and discussion of concepts and techniques.

Theoretical classes (2 hours/week): Presentation of the concepts, principles and fundamental techniques for time series analysis and prediction. Examples of concrete situations will be presented, to illustrate the practical interest of the techniques and its application to real conditions.

Practical classes (2 hours/week): Practical problems addressing the theoretical concepts, their analysis, discussion and implementation.

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

O método de ensino fomenta o envolvimento do aluno, procurando uma aprendizagem de conhecimentos e competências contínua. São propostos trabalhos práticos que abordam aspectos centrais dos conceitos leccionados. Para além dos conhecimentos e competências técnicas a metodologia adoptada pretende induzir o desenvolvimento de algumas competências genéricas, de natureza instrumental, pessoal e sistémicas.

Com o conhecimento e a compreensão das matérias teóricas e aplicação na prática estão criadas as condições para o desenvolvimento das competências em resolver problemas, capacidade de abstracção e generalização, em raciocínio matemático e crítico, em aplicar na prática os conhecimentos teóricos e, num nível mais avançado, da competência em análise e síntese. Estas últimas competências são ainda reforçadas pelos trabalhos práticos que obrigam à instanciação dos conhecimentos em domínios específicos, fomentam o trabalho de grupo e alguma investigação para resolver aspectos práticos

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

The teaching approach stimulates continuous student involvement, to achieve a continuous learning and acquisition of knowledge and competences. It is with this goal in mind that students have to perform regular homework assignments, usually motivated by discussions or doubts raised in theoretical classes, as well as to solve problems. The teaching strategy intends to foster the acquisition of generic instrumental personal and systematic competences. With the knowledge and comprehension taught in the theoretical classes and the exercises in the theoretical-practical classes, students develop competences in problem solving, capacity of abstraction and generalization, in mathematical and critical reasoning, practical application of the theoretical knowledge acquired, and, at an advanced level, analysis and synthesis. The latter competences are further developed through the practical programming assignments that foster group work, research in finding solutions for practical problems.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Linear Models and Time-Series Analysis Regression, ANOVA, ARMA and GARCH; Marc S. Paolella; 2019 JohnWiley & Sons Ltd; ISBN 9781119431985 (ePub) | ISBN 9781119431909

Time-Series Prediction and Applications - A Machine Intelligence Approach; Amit Konar, Diptendu Bhattacharya; 2017 Springer; ISBN 978-3-319-54596-7

Elements of Nonlinear Time Series Analysis and Forecasting; J. De Gooijer; 2017 Springer Series in Statistics; ISBN 978-3-319-43251-9

Nonlinear time Series analysis; Ruey S. Tsay, Rong Chen; 2019 John Wiley & Sons, Inc.; ISBN 9781119264064

Applied Time Series Analysis A Practical Guide to Modeling and Forecasting; Terence C. Mills; 2019 Elsevier Inc; ISBN: 978-0-12-813117-6

Mapa IV - Bioinformática

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Bioinformática

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Bioinformatics

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

OP

4.4.1.3. Duração:

Semestral/Semiannual

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

4.4.1.5. Horas de contacto:

T-20; PL-30; OT-10

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):

Joel Perdiz Arrais

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 de forma sistemática os principais algoritmos e ferramentas utilizados em Biologia Computacional. Em particular, é objetivo focar nos métodos de análise e de anotação de sequências, algoritmos com aplicação em proteómica e na área da biologia de sistemas, e em especial nas redes de regulação genómicas.

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

Systematic comprehension of the main algorithms and tools used in Computational Biology. In particular, it is aim to focus on methods of analysis and annotation of sequences, application algorithms in proteomics and in the area of systems biology, and especially in genomic regulatory networks.

4.4.5. Conteúdos programáticos:**1. Introdução e Conceitos Fundamentais****a. Desafios Computacionais em Biologia Computacional****b. Bases de dados e bibliotecas Bioinformáticas****2. Métodos para análise da sequência****a. Alinhamento Global e Local de sequências (Needleman e Wunsch; Smith e Waterman)****b. Funções de penalização e métodos Heurísticos (BLAST)****c. Avaliação de Alinhamentos Múltiplos (PSI-BLAST; Clustal-W)****d. Evolução e Reconstrução de árvores filogenéticas****e. Anotação de de genomas (HMM)****3. Previsão da estrutura secundária do RNA****a. Métodos baseados na maximização de pares****b. Métodos baseados na minimização da energia****4. Bases genómicas de doenças humanas****a. Genómica Populacional****b. Tecnologias de sequenciação e montagem****c. Variações genéticas e doenças****d. Análise da expressão génica. Clustering e classificação.****5. Redes Biológicas****a. Propriedades Teóricas de Redes Biológicas****b. Descoberta de padrões e de assinaturas (network motifs)****c. Previsão e s****4.4.5. Syllabus:****1. Introduction and Key Concepts****a. Computational Challenges in Computational Biology****b. Databases and Bioinformatic libraries****2. Methods for sequence analysis****a. Global and local sequence alignment (Needleman and Wunsch, Smith and Waterman)****b. Penalty functions and Heuristic methods (BLAST)****c. Multiple Sequence Alignments (PSI-BLAST, Clustal-W)****d. Molecular evolution and Phylogenetic Tree Reconstruction****e. Annotation of genomes (HMM)****3. Prediction of RNA secondary structure****a. Base-pairs maximisation methods****b. Energy minimisation methods****b. Clustering and classification****4. Genomic basis of Human diseases****a. Human Population genomics****b. DNA sequencing and Assembly****c. Genetic variations and diseases****d. Gene expression analysis. Clustering and classification.****5. Biological Networks****a. Theoretical properties of Biological Networks****b. Discovery of patterns and signatures (network motifs)**

c. Forecasting and simulation of

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

Dada a natureza integrativa de conhecimentos da unidade curricular o capítulo 1 fornece uma contextualização e motivação assim como uma revisão das principais Bases de dados e ferramentas em Biologia Computacional. A organização dos capítulos seguintes reflecte as principais sub-áreas da Bioinformática, estando organizada no sentido genoma->função integrada de entidades biológicas. Deste modo o capítulo 2 e 3 dedica-se a algoritmos para a análise da sequência, DNA e RNA, o capítulo 4 à análise dados de Genómica Populacional, e o capítulo 5 a redes biológicas.

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

Given the integrative nature of knowledge of the curricular unit, Chapter 1 provides a background and motivation and a review of main Databases and tools on Computational Biology. The organization of the following chapters reflects the main sub-field of Bioinformatics, starting in the genome towards the function of biological entities. Therefore, chapter 2 and 3 is devoted to algorithms for DNA and RNA sequence analysis, chapter 4 to population genomics, and chapter 5 to biological networks.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A disciplina encontra-se dividida em aulas de natureza expositiva e em aulas Práticas-Laboratoriais. Na primeira é exposta a matéria numa vertente mais teórica, sem no entanto deixar de promover a participação activa dos alunos. Pretende-se desenvolver nestes a capacidade de raciocínio e de integração de conhecimentos e estimular o seu espírito crítico. As aulas Práticas vão possibilitar, ao aluno, explorar os conceitos adquiridos. Seguir-se-à uma abordagem orientada ao problema através do lançamento de desafios que relacionem conhecimento interdisciplinar.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The course is divided into expository and laboratory classes. The first is dedicated to present the content in a more theoretical approach, without failing to include the active participation of students. The aim is to develop their's reasoning ability and integration of knowledge and stimulate their critical thinking. Practical classes will enable the student to explore the acquired concepts. Those will follow a problem oriented approach by launching challenges that require knowledge integration, and wherever possible, the use of working groups and discussion.

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

As aulas teóricas são predominantemente expositivas, com o objetivo de ensinar aos alunos os conhecimentos básicos em Biologia Computacional e as suas aplicações. Nas aulas práticas os alunos resolvem problemas concretos que lhes permitem aplicar os conhecimentos adquiridos.

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

The lectures are predominantly expository, in order to teach students the basic knowledge in Computational Biology and its applications. In practical classes students solve real problems that allow them to apply the acquired knowledge.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Ramsundar, Bharath, et al. Deep Learning for the Life Sciences: Applying Deep Learning to Genomics, Microscopy, Drug Discovery, and More. " O'Reilly Media, Inc.", 2019. ISBN: 978-1492039839

Moses, Alan. Statistical Modeling and Machine Learning for Molecular Biology. Chapman and Hall/CRC, 2017.

Waterman, Michael. Introduction to Computational Biology: Maps, Sequences, and Genomes. Boca Raton, FL: CRC Press, 1995. ISBN: 0412993910.

Durbin, Richard, Graeme Mitchison, S. Eddy, A. Krogh, and G. Mitchison. Biological Sequence Analysis: Probabilistic Models of Proteins and Nucleic Acids. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1997. ISBN: 0521629713.

Jones, Neil, and Pavel Pevzner. An Introduction to Bioinformatics Algorithms. Cambridge, MA: MIT Press , 2004. ISBN: 0262101068.

Mapa IV - Infraestruturas Avançadas para Ciência de Dados

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Infraestruturas Avançadas para Ciência de Dados

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Advanced Infrastructures for Data Science

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

OP

4.4.1.3. Duração:

Semestral/Semiannual

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

4.4.1.5. Horas de contacto:

T-30; PL-30; O-2

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

Tiago José dos Santos Martins da Cruz

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

<sem resposta>

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

Os objetivos centrais da disciplina são a abordagem teórica e prática à temática de gestão de serviços e infraestruturas informáticas de alto desempenho numa perspetiva de suporte a processamento massificado de dados, incluindo o planeamento e administração dessas infraestruturas, e a gestão de recursos. A organização curricular do curso pretende guiar os alunos por um percurso conducente à aquisição de competências em áreas que vão da gestão de clusters de

virtualização e centros de dados até à orquestração de micro-serviços, numa perspetiva centrada no suporte a solução de processamento de big data (tais como o apache Hadoop e Spark, a título de exemplo).

Nesta disciplina os alunos deverão adquirir competências de compreensão, análise e síntese das matérias abordadas, raciocínio crítico, organização e planeamento, resolução de problemas, trabalho em grupo, aprendizagem autónoma, e aplicação prática de conhecimentos

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

The main objectives of the course are focused on providing a theoretical and practical approach to the management of high performance IT services and infrastructures, built from the ground up to support big data processing solutions, also including the planning and administration of such infrastructures, as well as the management of existing resources. The curricular organization of the course aims to guide the students through a path leading to the acquisition of skills in areas ranging from the management of virtualisation clusters and data centers to the orchestration of micro-services, in a perspective focused on providing support for big data processing frameworks (such as the Apache Hadoop and Spark, as an example).

In this course, students should acquire skills in understanding, analyzing and summarizing the subjects addressed, critical thinking, organization and planning, problem solving, group work, autonomous learning, and practical application of knowledge

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1. Infraestruturas de suporte para Ciência de Dados: uma introdução*
- 2. Gestão de infraestruturas de data center: computação, armazenamento e comunicações*
- 3. Sistemas de orquestração de containers (ex. Kubernetes, Docker, Vagrant, Mesos)*
- 4. Arquiteturas de big data em tempo real: Kappa e Lambda*
- 5. Transporte escalável e fiável em ambientes distribuídos (ex. Apache Kafka)*
- 6. Soluções para Big Data (ex: Apache Hadoop e Spark)*
- 7. O problema de posicionamento: otimizando a ingestão e o processamento de dados em arquiteturas massivamente distribuídas*
- 8. Tópicos avançados de computação em cloud*
- 9. Orquestração e gestão de recursos: planear para a escalabilidade*

4.4.5. Syllabus:

- 1. Support infrastructures for Data Science: an introduction*
- 2. Managing data center infrastructures: computing, storage and communications*
- 3. Container orchestration systems (ex. Kubernetes, Docker, Vagrant, Mesos)*
- 4. Real-time big data architectures: Kappa and Lambda*
- 5. Scalable and distributed transport (ex. Apache Kafka)*
- 6. Big data processing frameworks (ex. Apache Hadoop and Spark)*
- 7. The placement problem: optimizing data ingestion and processing on massively distributed architectures*
- 8. Advanced cloud computing topics*
- 9. Resource orchestration and management: planning for scalability*

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

O programa visa promover uma perspetiva avançada sobre as tecnologias de computação em larga escala que estão ao dispor do cientista de dados, assim como as técnicas e recursos que podem ser mobilizadas para otimização dos processos de tratamento de dados massificados. Para além destes objetivos, pretende-se ainda que os alunos tomem contacto com a problemática da orquestração e gestão das infraestruturas de suporte no domínio do Big Data.

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

The syllabus aims to present a comprehensive perspective of the large-scale computing technologies available to the data scientist as well as the techniques and resources that can be deployed to optimize mass data processing processes. In addition to these objectives, it is also intended for the students to get in touch with the problems of orchestration and management of Big Data support infrastructures.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas teóricas (T) : apresentações e discussão sobre os tópicos da unidade curricular.

Aulas práticas (PL): aplicação dos conceitos teóricos em exercícios e projetos.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Lecture classes (T): presentation and discussion around the topics of the course.

Lab classes (PL): application of theoretical concepts in projects.

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

A estratégia e o método de ensino adotado procuram envolver os alunos no processo de aprendizagem e na sua valorização pessoal, e assim levar ao desenvolvimento, para além de competências técnicas específicas, de competências genéricas, de natureza instrumental, pessoal e sistémicas.

Serão criadas condições para o desenvolvimento das competências para análise e síntese, resolução de problemas, tomada de decisão, raciocínio crítico, aprendizagem autónoma, adaptabilidade a novas situações, e em aplicar na prática os conhecimentos teóricos adquiridos.

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

The strategy and teaching methodology adopted seek to include students in the learning, leading to the development of not only specific technical competences, but also generic competences of instrumental, personal and systemic nature.

Examples and practical exercises presented in T and TP classes provide the conditions for the analysis and synthesis, problem solving, decision making and critical thinking, autonomous learning, adaptability to new situations and applying theoretical concepts learned to practical situations.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- Artigos, recursos disponíveis na Internet e capítulos de livros seleccionados, para cada tópico especializado.

-Neha Narkhede, Gwen Shapira, and Todd Palino, Apache Kafka: the definitive guide (2017)

-Matei Zaharia, Patrick Wendell, Andy Konwinski, Holden Karau, Learning Spark: Lightning-Fast Big Data Analysis (2015)

-Jan Kunigk, Ian Buss (Author), Paul Wilkinson, Lars George, Architecting Modern Data Platforms: A Guide to Enterprise Hadoop at Scale (2019)

Mapa IV - Métodos Heurísticos**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

Métodos Heurísticos

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Heuristic Methods

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

OP

4.4.1.3. Duração:**Semestral/Semiannual****4.4.1.4. Horas de trabalho:****162****4.4.1.5. Horas de contacto:****T-30; PL-30; O-2****4.4.1.6. ECTS:****6****4.4.1.7. Observações:****<sem resposta>****4.4.1.7. Observations:****<no answer>****4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):****Carlos Manuel Mira da Fonseca****4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:****Luís Filipe Santos Coelho Paquete****4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

Pretende-se dotar os estudantes da capacidade de delinear, de forma sistemática, abordagens heurísticas conducentes à resolução prática de problemas concretos, aplicá-las e avaliar os resultados obtidos, com ênfase em problemas de otimização combinatorial e/ou numérica. Pretende-se ainda dar a conhecer alguns dos métodos heurísticos mais relevantes na atualidade e suas aplicações mais bem sucedidas, focando sobretudo os princípios heurísticos que implementam, aspetos do seu desempenho, e ainda questões relacionadas com a sua utilização prática. Finalmente, pretende-se evidenciar a relação simbiótica entre os métodos heurísticos e a aprendizagem automática.

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

It is intended to provide students with the ability to systematically delineate heuristic approaches leading to practical solving of concrete problems, to apply such approaches, and to evaluate the results obtained, with an emphasis on combinatorial and/or numerical optimization problems. It is also intended to present some of the most relevant heuristic methods at present, and their most successful applications, focusing in particular on the heuristic principles they implement, on aspects of their performance, and on questions related to their practical deployment. Finally, it is intended to highlight the symbiotic relationship between heuristic methods and machine learning.

4.4.5. Conteúdos programáticos:**1. Introdução****1.1. Resolução de problemas****1.2. Heurísticas construtivas e de melhoramento**

- 1.3. Princípios heurísticos: analogia, indução, decomposição, intensificação, diversificação, recombinação, melhoramento guloso, aleatorização, degradação temporária, reinicialização.**
 - 1.4. Relação com métodos exatos**
 - 2. Formulação de problemas de otimização**
 - 2.1. Definição do espaço de procura**
 - 2.2. Representação das soluções**
 - 2.3. Avaliação da qualidade das soluções**
 - 2.4. Estruturas de vizinhança**
 - 2.5. Tratamento de restrições**
 - 3. Heurísticas e meta-heurísticas**
 - 3.1. Simulated annealing, procura tabu, procura local iterada**
 - 3.2. Algoritmos evolutivos e de enxames de partículas**
 - 3.3. Algoritmos de colónias de formigas**
 - 3.4. GRASP**
 - 3.5. Algoritmos de estimação de distribuição**
 - 4. Questões de desempenho**
 - 4.1. Dificuldade de problems**
 - 4.2. Noções de desempenho**
 - 4.3. Sintonização de parâmetros**
 - 4.4. Adaptação de parâmetros, auto-adaptação e aprendizagem**
 - 4.5. Hiper-heurísticas**
 - 4.6. Desconstrução de heurísticas**
- 4.4.5. Syllabus:**
- 1. Introduction**
 - 1.1. Problem solving**
 - 1.2. Construtive heuristics and improvement heuristics**
 - 1.3. Heuristic principles: analogy, induction, decomposition, intensification, diversification, recombination, greedy improvement, randomisation, temporary degradation, restart**
 - 1.4. Relation to exact methods**
 - 2. Optimization problem formulation**
 - 2.1. Definition of the search space**
 - 2.2. Solution representation**
 - 2.3. Evaluation of solution quality**
 - 2.4. Neighbourhood structures**
 - 2.5. Constraint handling**
 - 3. Heuristics and meta-heuristics**
 - 3.1. Simulated annealing, tabu search, iterated local search**
 - 3.2. Evolutionary algorithms and particle swarm optimisation**
 - 3.3. Ant colony optimization**
 - 3.4. GRASP**
 - 3.5. Estimation of distribution algorithms**
 - 4. Performance issues**
 - 4.1. Problem difficulty**
 - 4.2. Notions of performance**
 - 4.3. Parameter tuning**
 - 4.4. Parameter adaptation, self-adaptation and learning**
 - 4.5. Hyper-heuristics**
 - 4.6. Deconstruction of heuristics**

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

Os métodos heurísticos são apresentados como a instanciação de um conjunto alargado de princípios no contexto de problemas concretos bem formulados. Assim, os dois primeiros capítulos incidem sobre a construção de heurísticas, princípios heurísticos subjacentes, e relação com métodos exatos, por um lado, e sobre a formalização de problemas de otimização, por outro. Segue-se a apresentação de um conjunto de famílias de métodos relevantes, sendo exploradas as semelhanças e as diferenças entre elas, principalmente no que diz respeito aos princípios subjacentes, e independentemente das metáforas que lhe possam ter servido de base. As questões de desempenho enfatizam a razão de ser da utilização de métodos heurísticos em contexto prático, nomeadamente no que diz respeito ao compromisso entre tempo de execução e qualidade das soluções, às quais não é alheia a sintonização de parâmetros. As abordagens adaptativas e hiperheurísticas estabelecem a desejada ligação à aprendizagem automática.

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

Heuristic methods are presented as the instantiation of a broad set of principles in the context of well-formulated concrete problems. As such, the first two chapters focus on the construction of heuristics, underlying heuristic principles, and the relation to exact methods, on the one hand, and on the formalisation of optimisation problems, on the other hand. The presentation of a set of families of relevant methods follows, exploring the similarities and differences among them, mainly with respect to the underlying principles, and regardless of the metaphors on which they may be based. Performance issues emphasize the raison d'être of using heuristic methods in a practical context, namely with respect to the trade-off between run time and solution quality, to which parameter tuning is not unrelated. The adaptive and hyperheuristic approaches establish the desired connection to machine learning.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

O ensino está organizado em duas componentes complementares, teórica e prática. As aulas teóricas (T) destinam-se sobretudo à exposição da matéria pelo docente e ao esclarecimento de dúvidas de interesse geral para a turma. As aulas práticas (PL) visam consolidar os conceitos apresentados nas aulas T através da realização de exercícios e do estudo de casos simplificados. É ainda proposto e avaliado um projeto prático envolvendo a modelação e a resolução heurística de problemas do foro da investigação operacional.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Teaching is organized in two complementary components, theoretical and practical. Lectures (T) are mainly of an expository nature, but are also used to answer questions of general interest to the class. Practical (PL) sessions aim to consolidate the concepts presented in the lectures through exercises and the study of simplified cases. A practical project involving the modeling and heuristic solving of problems in the field of operations research is also proposed and assessed.

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

Sendo objetivo da unidade curricular levar os estudantes a desenvolver as competências teóricas e práticas necessárias ao desenvolvimento e aplicação bem sucedida de métodos heurísticos em contexto prático, os métodos de ensino adotados visam permitir, por um lado, a transmissão de todo um corpo de conhecimento teórico e, por outro, a exercitação desse conhecimento e a sua aplicação a novas situações. Para além de ser um elemento de avaliação, o projeto prático deve ainda contribuir para motivar os estudantes para o aprofundamento dos conteúdos teóricos, e para os levar a apreciar a relevância prática dos métodos estudados.

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

Since the objective of the curricular unit is to enable students to develop the theoretical and practical skills required to develop and successfully apply heuristic methods in a practical context, the teaching methods adopted aim at allowing, on the one hand, a whole body of theoretical knowledge to be conveyed and, on the other hand, this knowledge to be exercised and applied to new situations. In addition to being a component of student assessment, the practical project should also help to motivate students to the in-depth study of the theoretical content, and to lead them to appreciate the practical relevance of the methods covered.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

George Polya, How to Solve It: A New Aspect of Mathematical Method. Princeton University Press, 1945. Reprinted by Penguin Books, 1990.

Fred Glover and Manuel Laguna, Tabu Search, Kluwer, 1997.

Thomas Bäck, David B Fogel, and Zbigniew Michalewicz (eds.), Evolutionary Computation 1 - Basic Algorithms and Operators, CRC Press, 2000.

Thomas Bäck, David B Fogel, and Zbigniew Michalewicz (eds.), Evolutionary Computation 2 - Advanced Algorithms and Operators, CRC Press, 2000.

Marco Dorigo and Thomas Stützle, Ant Colony Optimization, MIT Press, 2004.

Holger H. Hoos and Thomas Stützle, Stochastic Local Search, Morgan Kaufmann, 2014.

Mauricio G. C. Resende and Celso C. Ribeiro, Optimization by GRASP, Springer, 2016.

Rafael Martí, Panos M. Pardalos, Mauricio G. C. Resende, Handbook of Heuristics, Springer, 2018.

Mapa IV - Estágio / Dissertação

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Estágio / Dissertação

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Thesis/Project

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

INF

4.4.1.3. Duração:

Anual/Annual

4.4.1.4. Horas de trabalho:

1134

4.4.1.5. Horas de contacto:

OT-45

4.4.1.6. ECTS:

42

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

Paulo Fernando Pereira de Carvalho

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

<sem resposta>

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

Os objetivos principais do estágio são os seguintes:

- *Técnicas de projeto e desenvolvimento de software e sistemas para ciência de dados*
- *Realização de projetos de desenvolvimento tecnológico*
- *Contacto com a elaboração de projetos em ambiente empresarial*
- *Iniciação a atividades de investigação de base e aplicada*
- *Integração no mercado laboral- Realização de um documento com a proposta de estágio / dissertação incluindo os seguintes aspetos:*
- *Análise do estado da arte*
- *Escolha justificada das ferramentas e metodologias a utilizar*
- *Análise de requisitos relativamente ao tema a desenvolver*
- *Especificação de alto nível do sistema a desenvolver / trabalho a realizar incluindo objetivos concretos e calendarização para o segundo semestre*

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

The main goals of this course are the following:

- *Project techniques and development of software and systems for data science*
- *Development of technological projects*
- *Experience of project development in enterprise environment*
- *Experience with basic and applied research*
- *Integration in the working world*
- *Writing of a document with the internship / thesis proposal including the following topics:*
- *Analysis of the state of the art*
- *Justified selection of tools and methodologies to be used*
- *Requirements analysis related with the topic to be developed*
- *High level specification of the system to be developed / work to be performed including specific objectives and scheduling for the second semester*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Todos os conteúdos na área da Engenharia e Ciência de Dados, com ênfase para as metodologias de concepção e acompanhamento de projetos.

4.4.5. Syllabus:

All the contents in the area of Data Science and Engineering, with emphasis on the conception and follow-up of projects.

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

Esta disciplina visa a integração dos conhecimentos obtidos na licenciatura e mestrado e a transição dos estudantes para o mercado de trabalho ou 3º ciclo.

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

This course targets the integration of the knowledge obtained in the BsC and MsC courses and the transition of the students to the working field or 3rd cycle.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Desenvolvimento em contexto de empresa ou laboratório de investigação acompanhado pelo orientador da instituição e pelo orientador da UC em caso de estágios realizados em instituições externas. A avaliação é realizada com base no documento da proposta e numa apresentação realizada pelo aluno, por um júri nomeado pela Comissão Científica que integra o presidente, o vogal e os orientadores, de acordo com o regulamento da disciplina. São também fornecidas ao aluno um conjunto de comentários / recomendações que deverão ser tidas em consideração durante o segundo semestre.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Development in a company or research laboratory under the supervision of the institution advisor and by an advisor from UC for the internships in companies.

The evaluation is based on the proposal document and a presentation by the student, by a jury nominated by the Scientific Commission that includes the president, non-supervisor jury member, and the supervisors, according to the rules of this course. With The student will receive comments / recommendations that must be taken into consideration in the second semester.

**4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:
As metodologias de ensino estão em sintonia com concretização dos objetivos da disciplina de estágio / dissertação.**

**4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:
The teaching methodologies are inline with the fulfilment of the objectives of this course.**

**4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:
Dependente de cada estágio / dissertação | Depends on the type and nature of the Thesis / Project.**

4.5. Metodologias de ensino e aprendizagem

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

A UC garante o alinhamento na definição das Fichas de Unidade Curricular, de forma que os objetivos de aprendizagem, competências, métodos de ensino e avaliação sejam coerentes. O Conselho Científico analisa e valida as FUC e o Conselho Pedagógico analisa e discute estas matérias. Procurou-se ainda garantir a promoção desta adequação através da análise dos resultados dos inquéritos pedagógicos e definição de ações de melhoria, quando aplicável – estes inquéritos avaliam a perceção dos estudantes sobre os resultados da aprendizagem alcançados. Adicionalmente, ainda no âmbito dos inquéritos, os comentários dos estudantes e docentes são analisados e classificados, permitindo a identificação de aspetos a ajustar nas metodologias de ensino e aprendizagem e sua adequação aos objetivos de aprendizagem definidos. Esta informação é utilizada pela Coordenação do C.E. e Direção da UO, para definir e implementar melhorias.

**4.5.1. Evidence of the teaching and learning methodologies coherence with the intended learning outcomes of the study programme:
The University of coimbra guarantees the alignment in the definition of the Curricular Unit Files, ensuring that learning objectives, skills, teaching methods and assessment are consistent. The Scientific Council analyzes and validates the FUC and the Pedagogical Council analyzes and discusses these matters. It was also sought to ensure the promotion of this adequacy by analyzing the results of the pedagogical surveys and defining improvement actions, when applicable - these surveys assess the students' perception of the learning outcomes achieved, and the overall average appraisal of the learning is requested. Additionally, in the scope of the surveys, the comments of the students and teachers are analyzed and classified, allowing the identification of aspects to be adjusted in teaching and learning methodologies and their adequacy to the defined learning objectives. This information is used by the Coordination of the C.E. and Direction of the OU, to define and implement improvements**

**4.5.2. Forma de verificação de que a carga média de trabalho que será necessária aos estudantes corresponde ao estimado em ECTS:
A UC procura, desde logo, garantir esta verificação através da análise dos inquéritos pedagógicos a outros ciclos de estudo com unidades curriculares análogas, sendo solicitado a estudantes e docentes que avaliem a adequação da carga de esforço exigida (ligeira, adequada, moderadamente pesada ou excessiva).**

**4.5.2. Means to verify that the required students' average workload corresponds the estimated in ECTS.:
The UC seeks, first, to guarantee this verification through the application of the pedagogical inquiry, and students and teachers are asked to assess the adequacy of the required effort load (whether it was light, adequate, moderately heavy or excessive). Also in terms of qualitative analysis, the comments submitted by students and teachers are analyzed, which allows identifying and acting in situations of possible inadequacy of the necessary effort load.**

- 4.5.3. Formas de garantia de que a avaliação da aprendizagem dos estudantes será feita em função dos objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**
Os docentes definem a avaliação de acordo com os objetivos de aprendizagem das unidades curriculares que coordenam, considerando os objetivos gerais do curso. Estes aspetos, bem como a adequação da avaliação aos objetivos encontram-se definidos na ficha da unidade curricular, que é analisada e validada pelo Conselho Científico. A verificação desta coerência é feita em reuniões com o corpo docente e discente e reuniões do Conselho Pedagógico, permitindo a identificação de aspetos a ajustar nas metodologias de avaliação e a sua adequação aos objetivos de aprendizagem definidos.
- 4.5.3. Means of ensuring that the students assessment methodologies are adequate to the intended learning outcomes:**
Teachers define the assessment according to the learning objectives of the curricular units, considering the general objectives of the course. These aspects, as well as the adequacy of the evaluation to the objectives are defined in Curricular Unit Files, which is analyzed and validated by the Scientific Council. This consistency is verified in meetings with faculty and students and Pedagogical Council meetings, allowing the identification of aspects to be adjusted in the evaluation methodologies and their suitability to the defined learning objectives.
- 4.5.4. Metodologias de ensino previstas com vista a facilitar a participação dos estudantes em atividades científicas (quando aplicável):**
A estratégia pedagógica a implementar no Mestrado em Engenharia e Ciência dos Dados recorre à experiência secular da Universidade de Coimbra na formação avançada. Em particular serão seguidas estratégias de ensino direto e indireto por recurso, respectivamente, a abordagens expositivas e a contextos enquadramentos e motivadores por forma a conferir as competências fundamentais (sólidos conhecimentos e a sua operacionalização em contextos reais, espírito crítico, trabalho de equipa e curiosidade pelos avanços científicos na área da Ciência e dos Dados)
- 4.5.4. Teaching methodologies that promote the participation of students in scientific activities (as applicable):**
The pedagogical strategy to be followed inside the Master in Engineering and Data Science is based on the secular experience of the University of Coimbra in advanced training. In particular, direct and indirect teaching strategies will be followed using, respectively, expository approaches and as well as motivating contexts to induce the acquisition of essential skills and competences, i.e., fundamental knowledge in engineering and data science and their operationalization in real contexts, scientific reasoning, teamwork and curiosity for advancements in Data Science.

4.6. Fundamentação do número total de créditos ECTS do ciclo de estudos

- 4.6.1. Fundamentação do número total de créditos ECTS e da duração do ciclo de estudos, com base no determinado nos artigos 8.º ou 9.º (1.º ciclo), 18.º (2.º ciclo), 19.º (mestrado integrado) e 31.º (3.º ciclo) do DL n.º 74/2006, de 24 de março, com a redação do DL n.º 65/2018, de 16 de agosto:**
O Mestrado em Engenharia e Ciência dos Dados totaliza 120 créditos, com uma duração de 4 semestres, cumprindo o previsto no artigo 18 do Decreto-Lei n.º 74/2006, na sua redação atual. A atribuição do número de créditos a cada unidade curricular foi efetuada tendo por base a experiência acumulada na lecionação das diversas unidades curriculares dos cursos actualmente oferecidos nos departamentos da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra – FCTUC associados a esta proposta, tendo em atenção as boas práticas de instituições de referência de ensino universitário do espaço europeu na mesma área, boas práticas essas refletidas no documento interno da FCTUC “Aplicação do novo sistema de créditos ECTS aos cursos da Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2/05/2006
- 4.6.1. Justification of the total number of ECTS credits and of the duration of the study programme, based on articles 8 or 9 (1st cycle), 18 (2nd cycle), 19 (integrated master) and 31 (3rd cycle) of DL no. 74/2006, republished by DL no. 65/2018, of August 16th:**
The Master’s in Engineering and Data Science totals 120 credits, with a duration of 4 semesters, fulfilling the provisions of article 18 of Decree-Law no. 74/2006, in its current wording. The assignment of the number of credits to each curricular unit was made based on the accumulated experience in the teaching of the various curricular units of the courses currently offered in the Faculty of Sciences and Technology of the University of Coimbra - FCTUC departments associated to this proposal, taking into account the good practices of European educational institutions of reference in the same area, and reflected in the internal document of the FCTUC “Application of the new system of ECTS credits to the courses of the Faculty of Sciences and Technology, 2/05/2006.
- 4.6.2. Forma como os docentes foram consultados sobre a metodologia de cálculo do número de créditos ECTS das unidades curriculares:**
O cálculo do número de créditos ECTS das unidades curriculares teve por base a experiência e o conhecimento dos docentes envolvidos nesta proposta,

resultantes das edições anteriores de Mestrados dos departamentos da FCTUC associados a esta proposta. Optou-se pela equivalência de 1 ECTS a cada 27 horas efetivas de trabalhos por parte dos alunos, tal como proposto no artigo 4º do «Regulamento de Aplicação do Sistema de Créditos Curriculares aos Cursos da Universidade de Coimbra».

No final de todos os anos letivos a carga efetiva de trabalho de cada unidade curricular é aferida e reavaliada tendo por base os resultados de inquéritos pedagógicos feitos a alunos e docentes pela Universidade de Coimbra e pela realização de Jornadas Pedagógicas com a participação dos estudantes. Como base nesta análise são programadas para o ano letivo seguinte as cargas de trabalho e os processos de avaliação de todas as unidades curriculares.

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 calculation of the number of ECTS credits of the curricular units was based on the experience and knowledge of the teachers involved in the proposal, resulting from previous editions of Master's degrees from the FCTUC departments associated with this proposal. The choice of an equivalence of 1 ECTS for each 27 effective hours of work by the students, is proposed in article 4 of the «Regulations for the Application of the Curricular Credit System to the Courses of the University of Coimbra».

At the end of each academic year, the effective workload of each curricular unit is assessed and re-evaluated based on the results of pedagogical inquiries made to students and teachers by the University of Coimbra and by conducting Pedagogical Workshops with the participation of students. Based on this analysis, the workload and evaluation processes of all curricular units are planned for the next academic year.

4.7. Observações

4.7. Observações:

A unidade curricular opcional Tópicos de Ciência dos Dados tem como objetivo servir de unidade de bridging para os alunos do mestrado provenientes de formações onde os conhecimentos de base na área da ciência e da engenharia dos dados não tenham sido devidamente desenvolvidos

4.7. Observations:

The elective course on Data Science Topics is intended to serve as a bridging course for those students that need fundamental topics on data science to be consolidated

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.

Paulo Fernando Pereira de Carvalho do Departamento de Engenharia Informática da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, coadjuvado pela Comissão de Curso composta pelos docentes João Gouveia do Departamento de Matemática da Universidade de Coimbra, Paulo Peixoto do Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores, Fernando Nogueira do Departamento de Física e Marco Reis do Departamento de Engenharia Química, nos termos do nº 6 do art. 5 do RAUC.

Paulo Fernando Pereira de Carvalho of the Department of Informatics Engineering of the Faculty of Sciences and Technology of the University of Coimbra, assisted by the Course Committee composed by Professors João Gouveia of the Department of Mathematic of the University of Coimbra, Paulo Peixoto of the Department of Electrical and Computer Engineering, Fernando Nogueira of the Department of Physics and Marco Reis of the Department of Chemical Engineering, according to paragraph 6 of art. 5 of the RAUC.

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
Cristóvão Silva	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Engenharia Mecânica	100	Ficha submetida
Marco Paulo Seabra dos Reis	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Engenharia Química	100	Ficha submetida
Luís Filipe dos Santos Coelho Paquete	Professor Associado ou equivalente	Doutor		Engenharia Informática	100	Ficha submetida
João Eduardo da Silveira Gouveia	Professor Associado ou equivalente	Doutor		Matemática	100	Ficha submetida
Eduardo Ivo Cruzes do Paço Ribeiro Alves	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Geologia	100	Ficha submetida
Fernando Manuel da Silva Nogueira	Professor Associado ou equivalente	Doutor		Física	100	Ficha submetida
Francisco Filipe Bento Neves	Professor Auxiliar convidado ou equivalente	Doutor		Física Experimental de Partículas	20	Ficha submetida
José Luis Esteves dos Santos	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Matemática	100	Ficha submetida
Alexandre Miguel Ferreira Lindote	Professor Auxiliar convidado ou equivalente	Doutor		Física	20	Ficha submetida
António Manuel Freitas Gomes Cunha Salgueiro	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Matemática	100	Ficha submetida
João Miguel Dias Ferreira Nogueira	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Matemática	100	Ficha submetida
Fernando Jorge Penousal Martins Machado	Professor Associado ou equivalente	Doutor		Engenharia Informática - Inteligência Artificial	100	Ficha submetida
Fernando José Barros Rodrigues da Silva	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Engenharia Electrotécnica	100	Ficha submetida
Paulo José Osório Rupino da Cunha	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Engenharia Informática - Sistemas de Informação	100	Ficha submetida
Bruno Miguel Brás Cabral	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Engenharia Informática	100	Ficha submetida
César Alexandre Domingues Teixeira	Professor Associado ou equivalente	Doutor		Engenharia Electrónica e Computação (Especialidade: Processamento de Sinal Biomédico)	100	Ficha submetida
Hugo Ricardo Gonçalo Oliveira	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Ciências da Computação / Inteligência Artificial	100	Ficha submetida
Pedro Nuno San-Bento Furtado	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Engenharia Informatica	100	Ficha submetida
Fernando Amílcar Bandeira Cardoso	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor		Ciências da Engenharia, especialidade em Engenharia Informática	100	Ficha submetida
Luís Miguel Machado Lopes Macedo	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Engenharia Informática	100	Ficha submetida
Paulo Alexandre Ferreira Simões	Professor Associado ou equivalente	Doutor		Engenharia Informática	100	Ficha submetida
Tiago José dos Santos Martins da Cruz	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Engenharia Informática	100	Ficha submetida

Marco Paulo Amorim Vieira	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	Engenharia Informática	100	Ficha submetida
Jorge Manuel Oliveira Henriques	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Engenharia Informática	100	Ficha submetida
Joel Perdiz Arrais	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Informática	100	Ficha submetida
Ernesto Jorge Fernandes Costa	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	Engenharia Informática	100	Ficha submetida
Paulo Fernando Pereira de Carvalho	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Engenharia Informática	100	Ficha submetida
Bernardete Martins Ribeiro	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	Engenharia Electrotécnica, Especialidade de Informática	100	Ficha submetida
Carlos Manuel Mira da Fonseca	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Automatic Control and Systems Engineering	100	Ficha submetida
Filipe João Boavida de Mendonça Machado de Araújo	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Engenharia Informática	100	Ficha submetida
Carlos Manuel Robalo Lisboa Bento	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Engenharia Informática	100	Ficha submetida
Nuno Manuel dos Santos Antunes	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Information Science and Technology	100	Ficha submetida
Mário Alberto da Costa Zenha Rela	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Engenharia Electrotécnica	100	Ficha submetida
Rui Pedro Pinto de Carvalho e Paiva	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Engenharia Informática	100	Ficha submetida
Carlos Alberto Henggeler de Carvalho Antunes	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	Engenharia Electrotécnica	100	Ficha submetida
Nuno António Marques Lourenço	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Ciências e Tecnologias da Informação	100	Ficha submetida
Samuel de Oliveira Moniz	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Engenharia e Gestão Industrial	100	Ficha submetida
João Nuno Lopes Barata	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Engenharia Informática - Sistemas de Informação	100	Ficha submetida
Edmundo Heitor da Silva Monteiro	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	Engenharia Electrotécnica - Especialidade de Informática	100	Ficha submetida
				3740	

<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.

39

5.4.1.2. Número total de ETI.

37.4

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:	37	98.930481283422

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):	37.4	100

5.4.4. Corpo docente do ciclo de estudos especializado**5.4.4. Corpo docente do ciclo de estudos especializado / "Specialised teaching staff" of the study programme.**

Corpo docente especializado / Specialized teaching staff	ETI / FTE	Percentagem* / Percentage*	
Docentes do ciclo de estudos com o grau de doutor especializados nas áreas fundamentais do ciclo de estudos (ETI) / Teaching staff holding a PhD and specialised in the fundamental areas of the study programme	35	93.582887700535	37.4
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	37.4

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	35	93.582887700535	37.4

Docentes do ciclo de estudos inscritos em programas de doutoramento há mais de um ano (ETI) / FTE number of teaching staff registered in PhD programmes for over one year 0 0 37.4

Pergunta 5.5. e 5.6.

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

O procedimento de avaliação dos docentes da UC tem por base o disposto no “Regulamento de Avaliação de Desempenho dos Docentes da Universidade de Coimbra”. A avaliação do desempenho dos docentes da UC é efetuada relativamente a períodos de três anos e tem em consideração quatro vertentes: investigação; docência; transferência e valorização do conhecimento; gestão universitária e outras tarefas.

O processo de avaliação compreende cinco fases (autoavaliação, validação, avaliação, audiência, homologação). O resultado final da avaliação de cada docente é expresso numa escala de quatro posições: excelente, muito bom, bom e não relevante.

Antes de cada novo ciclo de avaliação, cada UO define, para as suas áreas disciplinares, o conjunto de parâmetros que determinam os novos objetivos do desempenho dos docentes e cada uma das suas vertentes, garantindo, assim, permanente atualização do processo.

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

The academic staff performance evaluation procedures of the University of Coimbra (UC) are set in the “UC’s Regulation for Teacher Performance Evaluation” – regulation no. 398/2010, published on May 5, and amended on May 17. This regulation establishes the mechanisms to identify the teacher performance goals for each evaluation period. It clearly states the institution’s vision across its different levels and simultaneously outlines a clear reference board to value the teachers’ activities with the goal of improving their performance. Before a new evaluation cycle, each OU identifies for its subject areas a set of parameters that define the new teacher performance goals and their components, thus ensuring the continuous updating of this process.

5.6. Observações:

<sem resposta>

5.6. Observations:

process.

6. Pessoal Não Docente

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

O pessoal não docente do Departamento de Engenharia Informática, consiste de 5 titulares de licenciaturas universitárias e 4 funcionários titulares do Ensino Secundário ou menos. Estes funcionários asseguram a gestão da infraestrutura informática e a gestão dos laboratórios de apoio ao mestrado. Garantem o apoio administrativo, logístico e atendimento geral dos alunos, e facultam a administração bibliográfica de suporte ao curso.

Para além deste pessoal não docente, o curso poderá contar com o apoio do pessoal não docente afeto ao Departamentos de Engenharia Electrotécnica e de Computadores (2 com licenciatura, 5 com habilitações inferiores), Física (3 com licenciatura ou mais, 7 com habilitações inferiores) e Matemática (4 com licenciatura, 6 com habilitações inferiores).

A dedicação do pessoal não docente é partilhada pelas várias formações académicas em que estes Departamentos têm, sendo feita de acordo com as necessidades de cada uma delas.

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

The non-academic staff of the Department of Informatics Engineering consists of 5 holders of a Bachelor’s degree and 4 holders of a High School Diploma or

less. This staff ensures the management of the informatics infrastructure and the management of the offices of support to the Masters. They guarantee the administrative, logistical support and general support to students. They also manage the bibliographical support to the degree.

Besides this staff, the degree may count with the support of the nonacademic staff of the Departments of Electrical and Computer Engineering (2 with Bachelor's degree, 5 without), Physics (3 with Bachelor's degree or more, 7 without) and Mathematics (4 with Bachelor's degree, 6 without). The dedication of the nonacademic staff is shared by the various study cycles in which these Departments have responsibilities, according to their particular needs of each.

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

Departamento de Engenharia Informática: técnico superior - 5; assistente técnico - 4

Estes funcionários asseguram a gestão da infraestrutura informática e a gestão dos laboratórios de apoio ao mestrado. Garantem o apoio administrativo, logístico e atendimento geral dos alunos, e facultam a administração bibliográfica de suporte ao curso.

Departamentos de Engenharia Electrotécnica e de Computadores: técnico superior - 2; assistente técnico - 5

Departamento de Física: técnico superior - 3; assistente técnico - 7

Departamento de Matemática: técnico superior - 4; assistente técnico - 6

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

Department of Computer Engineering: senior technician - 5; technical assistant - 4

These staff are responsible for managing the IT infrastructure and managing the master's support laboratories. They guarantee the administrative, logistic support and general attendance of the students, and provide the bibliographic administration to support the course.

Departments of Electrical and Computer Engineering: senior technician - 2; technical assistant - 5

Physics Department: senior technician - 3; technical assistant - 7

Mathematics Department: senior technician - 4; technical assistant - 6

6.3. Procedimento de avaliação do pessoal não-docente e medidas conducentes à sua permanente atualização e desenvolvimento profissional.

O SIADAP foi estabelecido pela Lei n.º 66-B/2007, de 28 de dezembro, sendo aplicável ao desempenho dos serviços públicos, dos respetivos dirigentes e demais trabalhadores.

O Subsistema de Avaliação do Desempenho dos Trabalhadores da Administração Pública (SIADAP 3) tem carácter bienal e respeita ao desempenho dos dois anos civis anteriores, iniciando-se o processo com a contratualização dos parâmetros de avaliação e culmina com o conhecimento da homologação da avaliação.

Para além do efeito da alteração do posicionamento remuneratório, consequência da avaliação, o SIADAP também prevê a frequência de ações de formação, e a UC pretende o SIADAP como instrumento para criar a reflexão estratégica e estimular um envolvimento de todos os trabalhadores, quer na definição dos objetivos individuais, quer na definição dos objetivos estratégicos da organização, capaz de permitir a identificação e proposta de oportunidades de evolução profissional.

6.3. Assessment procedures of the non-academic staff and measures for its permanent updating and personal development

SIADAP was established by Law no. 66-B / 2007, of December 28, and is applicable to the performance of the public services, of its directors and other employees.

The Public Administration Employees Performance Assessment Subsystem (SIADAP 3) is biennial and respects the performance of the previous two calendar years, beginning the process with the contracting of the evaluation parameters and culminating with the knowledge of the approval of the evaluation.

In addition to the effect of altering the remuneration position, as a consequence of the evaluation, SIADAP also provides for the frequency of training actions, and the UC intends SIADAP as a tool to create strategic reflection and stimulate the involvement of all workers, both in the definition of individual objectives, or in defining the strategic objectives of the organization, capable of identifying and proposing opportunities for professional development.

7. Instalações e equipamentos

7.1. Instalações físicas afetas e/ou utilizadas pelo ciclo de estudos (espaços letivos, bibliotecas, laboratórios, salas de computadores, etc.):

A maioria da atividade do ciclo de estudos terá lugar no Departamento de Engenharia Informática, onde partilhará com os restantes ciclos de estudo da responsabilidade do DEI os espaços disponíveis, incluindo:

- 30 Salas de aulas
- 2 Anfiteatros
- 5 Salas de Estudo
- Salas de computadores
- 19 Laboratórios
- Gabinetes
- Salas de reuniões
- Bar

Poderão ser ainda utilizadas as salas de aula comuns do Edifício Central da FCTUC

- 3 Anfiteatros
- 12 Salas de aulas

Estarão ainda disponíveis para apoio eventual ao ciclo de estudos as instalações dos outros departamentos nele envolvidos. Estas incluem a título ilustrativo:

- Biblioteca do DMUC
- Laboratórios do DEEC nomeadamente o Laboratório de Computação Heterogénea de Alto Desempenho e o Laboratório de Sistemas Digitais

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

The majority of the activities of the study cycle will take place at the Department of Informatics Engineering, where it will share the available facilities with the other cycles of study of the responsibility of DEI. The facilities include:

- 30 Lecture rooms
- 2 Amphitheatres
- 5 Study rooms
- Computer rooms
- 19 Laboratories
- Offices
- Meeting rooms

The cycle can also use the common lecture rooms of the Central Building of FCTUC:

- 3 Amphitheatres
- 12 Lecture rooms

Also available to eventual support to the cycle of studies are the facilities of other departments involved. As an example, these include:

- Library of DMUC
- Laboratories of DEEC, namely the Heterogeneous High Performance Computing Lab and the Digital Systems Lab.

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

O equipamento do DEI que será utilizado pelo ciclo de estudos inclui:

Routers para suporte da rede do DEI: 4

Servidores Linux: 27

Servidores Windows: 3

Servidor Apple XServer: 1

Servidores de máquinas Virtuais- nós de virtualização: 8

Terminais: 69

Routers Cisco 1700: 12

Switches 3Com 4200: 6

Access Points Linksys: 12

PC com Windows XP e Linux Fedora: 36
Apple iMac: 12
Salas de videoconferência com suporte de IP: 2
Pontos de acesso a Internet físicos 850
Equipamentos de projecção 35

Para além disso, poderão ser ocasionalmente utilizados meios de outros departamentos:

- No DEEC, o Laboratório de Computação Heterogénea de Alto Desempenho e o Laboratório de Sistemas Digitais com 20 PCs com capacidade de processamento gráfico cada (Placas Gráficas GTX1050TI)
- O CFisUC, gestor do LCA, possui um sistema computacional de alto desempenho de desenvolvimento (Centaurus), constituído por 23 nós de computação, (184 núcleos) com memória RAM de 992 GB e 16 TB de armazenamento partilhado.

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

The equipment of DEI to be used by the study cycle includes:

DEI network support routers: 4
Linux Servers: 27
Windows Server: 3
Apple XServer: 1
Virtual machine servers – virtualization nodes: 8
Terminals: 69
Routers Cisco 1700: 12
Switches 3Com 4200: 6
Access Points Linksys: 12
PC with Windows XP and Linux Fedora: 36
Apple iMac: 12
Videoconference room with IP support: 2
Physical internet access points: 850
Projectors: 35

Besides these, the equipment of other departments might occasionally be used:

- At DEEC the Heterogeneous High Performance Computing Lab and the Digital Systems Lab with 20 PCs with graphical processing capacity each (Graphic cards GTX1050TI)
- CFisUC, manager of LCA, owns a high performance computational system (Centaurus) with 23 computing nodes (184 cores) with total RAM memory of 992GB and 16TB of shared storage.

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
--	--	-----------	--	----------------------------

CISUC	Excellent	UC	27	-
CMUC	Excellent	UC	3	-
ISR	Excellent	UC	1	-
INESC Coimbra	Good	UC	1	-
IT	Very Good	UC	1	-
CFisUC	Very Good	UC	1	-
LIP	Excellent	UC	3	-
CIEPQPF	Very Good	UC	1	-
CEMMPRE	Excellent	UC	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/35f47d08-6483-1541-cc52-5d9ddb0c3a6>

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/35f47d08-6483-1541-cc52-5d9ddb0c3a6>

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.

A equipa docente deste ciclo de estudos está envolvida ativamente num enorme número de projetos de investigação. Entre os vários centros de investigação a que estão afetos, contam-se perto de uma centena de projetos ativos ou recentemente terminados, muitos envolvendo cooperação internacional e/ou participação da indústria.

Em termos de parcerias institucionais são de destacar as parcerias no âmbito dos programas Portugal-CMU, MIT, e Texas/Austin, cooperações bilaterais com várias universidades brasileiras, e a participação ativa nos programas de mobilidade Erasmus, MAUI, Leonardo, etc. Estas parcerias trazem à FCTUC um número significativo de docentes, alunos e investigadores externos, fornecendo aos alunos um contexto internacional de aprendizagem.

São de referir ainda a nível de parcerias científicas relevantes para a área a existência de um “GPU Research Center” certificado pela NVIDIA no IT-UC, e a participação nas redes científicas internacionais ECMI, ENBIS e PRACE.

8.4. List of main projects and/or national and international partnerships underpinning the scientific, technologic, cultural and artistic activities developed in the area of the study programme.

The faculty of this study cycle is actively involved in a great number of research projects. Between the various research centers to which they belong, one can count close to a hundred ongoing or recently finished projects, many involving international collaboration and/or industry participation.

In terms of institutional partnerships, we highlight those in the framework of the CMU-Portugal program, MIT, and Texas / Austin, bilateral cooperation agreements with several Brazilian, and active participation in the Erasmus mobility programs, MAUI, Leonardo, etc. These partnerships and collaborations bring to FCTUC quite a significant number of teachers, students and external researchers, providing our students with an international learning environment.

Of note are also several scientific partnerships relevant to the area, such as the existence of an NVIDIA certified “GPU Research Center” at IT-UC, and the participation at the international scientific networks ECMI, ENBIS and PRACE.

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:

Tratando-se de uma nova oferta formativa, não existe histórico de dados que permita o apuramento estatístico retrospectivo da empregabilidade dos graduados. Porém, estudos realizados por várias entidades idóneas e o número crescente de ofertas de emprego na área da ECD são reveladores de um padrão robusto de procura deste tipo de profissionais. "Data scientist" foi mesmo considerado o melhor emprego nos EUA em 2019 pela glassdoor e aparece em primeiro lugar no ranking do LinkedIn. De acordo com o estudo realizado pela EU[1] prevê-se que existam 10.43 milhões de pessoas envolvidas na análise de dados em 2020, correspondendo a uma taxa de crescimento anual de 14,1%. Muito relevante é a estimativa que nesse ano um défice de 769 000 lugares por preencher, por falta de pessoas com a formação necessária em áreas centradas nos dados.

[1] - <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/final-results-european-data-market-study-measuring-size-and-trends-eu-data-economy> (consulta a 31-05-2019)

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

As a new course offer in Portugal, there is still no historical data available to support a retrospective statistical analysis of graduates' employability. However, studies carried out by several entities and the increasing number of job offers in the area of DSE are revealing of clear and robust pattern of increasing demand for this type of professionals. "Data scientist" was considered the best job in the US in 2019 by glassdoor and appears ranking first in LinkedIn. As EU study [1] foresees that 10.43 million people will be involved in data analysis in 2020 (compound average growth rate of 14.1%). Very significant is the estimate of 769,000 unfilled jobs in that year, due to the lack of professionals with the necessary skills in data-centric areas.

[1] - <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/final-results-european-data-market-study-measuring-size-and-trends-eu-data-economy> (consulta a 31-05-2019)

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

A procura elevada de profissionais com competências transversais em Engenharia e Ciências dos Dados por parte do tecido empresarial, associada às boas condições de trabalho e oferta remuneratória competitiva, terá certamente um efeito sensível nas decisões dos estudantes à entrada do ensino superior. A experiência da FCTUC no lançamento de cursos ajustados às tendências do mercado (como são os casos mais recentes de Design e Multimédia e Engenharia e Gestão Industrial) e as competências nela existentes asseguram que tal oportunidade será concretizada com eficácia.

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

The demand on professionals with transversal skills on Data Science Engineering and its continuous increase, together with the competitive average salary offered on in this field, will certainly have a sensible effect on students' decisions when selecting the course they will enroll. FCTUC's experience in launching courses in line with market trends (such as the most recent cases of Design and Multimedia and Industrial Engineering) and the skills therein, ensure that such an opportunity will be realized effectively.

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

Programa "Almeida Garrett", com 14 instituições públicas de ensino superior nacionais, que permite que os estudantes efetuem um período de estudos de um ou dois semestres numa outra Universidades Portuguesas, nomeadamente:

Universidade dos Açores

Universidade de Aveiro

Universidade do Algarve

Universidade da Beira Interior

Universidade de Évora

Universidade de Lisboa

Universidade da Madeira

Universidade do Minho

Universidade Nova de Lisboa

Universidade do Porto

Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

ISCTE

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

Program "Almeida Garrett", with 14 national Higher Education Institutions, which allows students to carry out a period of studies of one or two semesters in another Portuguese University, namely:

University of Azores

University of Aveiro

University of Algarve

University of Beira Interior

University of Évora

University of Lisbon

University of Madeira

University of Minho

New University of Lisboa

University of Porto

University de Trás-os-Montes e Alto Douro

ISCTE

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:

ETH Zurich – Swiss Federal Institute of Technology, Suíça, Mestrado em Ciência dos Dados

<https://inf.ethz.ch/studies/master/master-ds.html>

Ecole Polytechnique Federale De Lausanne (EPFL), Suíça, Mestrado em Ciência dos Dados

<https://www.epfl.ch/schools/ic/education/master/data-science/>

Universidade de Oxford, Inglaterra, Mestrado em Ciência dos Dados Aplicada

<https://www.conted.ox.ac.uk/courses/applied-data-science>

University College London, Inglaterra, Mestrado em Ciência dos Dados

<https://www.ucl.ac.uk/computer-science/study/postgraduate-taught/data-science-international-msc>

Technische Universität Munchen, Alemanha, Mestrado em Engenharia dos Dados e Analítica

<https://www.in.tum.de/en/for-prospective-students/masters-programs/data-engineering-and-analytics.html>

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

ETH Zurich – Swiss Federal Institute of Technology, Switzerland, Master's in Data Science

<https://inf.ethz.ch/studies/master/master-ds.html>

Ecole Polytechnique Federale De Lausanne (EPFL), Switzerland, Master's in Data Science

<https://www.epfl.ch/schools/ic/education/master/data-science/>

University of Oxford, England, Master's in Applied Data Science

<https://www.conted.ox.ac.uk/courses/applied-data-science>

University College London, England, Master's in Data Science

<https://www.ucl.ac.uk/computer-science/study/postgraduate-taught/data-science-international-msc>

Technische Universität Munchen, Germany, Master's in Data Engineering and Analytics

<https://www.in.tum.de/en/for-prospective-students/masters-programs/data-engineering-and-analytics.html>

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

O ciclo de estudos proposto tem uma duração e estrutura semelhantes aos ciclos de estudos das Instituições de referência do Espaço Europeu de Ensino

Superior mencionadas no ponto anterior. Os objectivos de aprendizagem em termos de conhecimento, aptidões e competências são análogos podendo haver algumas diferenças que se justificam pela especificidade do corpo docente afeto a esta proposta em algumas áreas de especialização/aplicação. Procurou dar-se resposta às necessidades em termos de formação de uma área que de acordo com a União Europeia vai criar em 2020 cerca de 100,000 novos postos de trabalho.

- 10.2. Comparison with the intended learning outcomes of similar study programmes offered by reference institutions in the European Higher Education Area:
The proposed study cycle has a duration and structure similar to the study cycles of institutions of reference of the European Space of Higher Education mentioned in the previous point. The learning objectives in terms of knowledge, skills and competences are similar, although there may be some differences that are justified by the specificity of the faculty staff affected by this proposal in some areas of specialization/application. Since according to the European Commission around 100,000 new data-related jobs will be created in Europe by 2020, this proposal tried to identify objectives and competencies to respond to this need.

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 - AlticeLabs, FeedZai, Critical Software, Wit Software, UbiWhere, Instituto Pedro Nunes, etc

11.1.1. Entidade onde os estudantes completam a sua formação:
AlticeLabs, FeedZai, Critical Software, Wit Software, UbiWhere, Instituto Pedro Nunes, etc

11.1.2. Protocolo (PDF, máx. 150kB):
[11.1.2._EstágiosMECD.pdf](#)

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:
*Os estágios realizados em instituições externas são orientados por um orientador da instituição (Especialista na área com grau de Mestre ou equivalente) e co-orientados por um docente da FCTUC.
Os estagiários que realizam estágios em laboratórios de investigação da FCTUC são orientados por um Orientador, Docente da FCTUC, e eventualmente co-orientados por um doutorando.
Todos os docentes associados ao curso participam na orientação ou co-orientação dos estagiários, tendo atribuídas 3 horas mensais de esforço letivo para reuniões de acompanhamento dos estagiários.
As regras de acompanhamento de estagiários pelos docentes estabelecem reuniões regulares para acompanhamento dos trabalhos em que estejam presentes o*

estagiário e os orientadores (da FCTUC e da empresa). Os estagiários devem entregar relatórios mensais de acompanhamento que são analisados nas reuniões e dos quais é dado feedback ao aluno. Existe uma Plataforma Eletrónica de Estágios onde é arquivada toda a informação.

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

The students doing internship in institutions outside the department are supervised by an advisor of the company (Specialist in the area Master degree or similar) and co-advised by a FCTUC professor.

The students that do the internship in research laboratories at FCTUC are supervised by a FCTUC professor and eventually coadvised by a PhD student.

All professors in the program have the role of advisor or co-advisor of internships, having 3 hours per month of effort assigned for meetings with the students.

The rules of internship supervision require the scheduling of periodic meetings with the student and supervisors (from FCUC and outside institution, if applicable). Students doing internship must deliver a monthly report to be discussed in the periodic meetings.

There is a web-based platform devoted to internships, where progress reports and meeting minutes are stored. This information is available on-line to all the people involved

11.4. Orientadores cooperantes

11.4.1. Mecanismos de avaliação e seleção dos orientadores cooperantes de estágio e/ou formação em serviço, negociados entre a instituição de ensino superior e as instituições de estágio e/ou formação em serviço (PDF, máx. 100kB).

11.4.1 Mecanismos de avaliação e seleção dos orientadores cooperantes de estágio e/ou formação em serviço, negociados entre a instituição de ensino superior e as instituições de estágio e/ou formação em serviço (PDF, máx. 100kB).

<sem resposta>

11.4.2. Orientadores cooperantes de estágio e/ou formação em serviço (obrigatório para ciclo de estudos com estágio obrigatório por lei)

11.4.2. Mapa X. Orientadores cooperantes de estágio e/ou formação em serviço (obrigatório para ciclo de estudos com estágio obrigatório por Lei) / External supervisors responsible for following the students' activities (mandatory for study programmes with in-service training mandatory by law)

Nome / Name	Instituição ou estabelecimento a que pertence / Institution	Categoria Profissional / Professional Title	Habilitação Profissional (1)/ Professional qualifications (1)	Nº de anos de serviço / Nº of working years
----------------	--	--	--	--

<sem resposta>

12. Análise SWOT do ciclo de estudos

12.1. Pontos fortes:

- **Forte motivação para responder às necessidades de formação em Ciência e Engenharia dos Dados**
- **Imagem e credibilidade internacionalmente consagrada da Universidade de Coimbra**
- **Corpo docente com uma vasta experiência de lecionação na área**
- **Multidisciplinaridade do corpo docente, em particular pela participação de diversos departamentos da Universidade de Coimbra**
- **Qualidade no ensino/aprendizagem e na avaliação;**

- **Corpo docente com uma relevante e reconhecida participação em projetos de investigação fundamental e aplicada ligados à Ciência e Engenharia dos Dados**
- **Desenvolvimento de investigação de excelência em Ciência e Engenharia dos Dados, visível nos vários prémios internacionais alcançados**
- **Infra-estruturas de TIC de elevada qualidade;**
- **Existência de um conjunto significativo de organizações na região (empresas de base tecnológica, de software, hospitais, etc), capazes de suportar e justificar as necessidades do ciclo de estudos**
- **Existência de várias empresas do tecido nacional e internacional na área da Ciência e Engenharia dos Dados Spin-offs dos centros de investigação da Universidade de Coimbra**
- **Possibilidade de aceder a bases de dados relevantes e reais**
- **Mestrado capaz de proporcionar aos estudantes conhecimentos de base sólidos em Ciência e Engenharia dos Dados e a sua instanciação ao nível da concepção e do desenvolvimento de serviços avançados em contextos aplicacionais interdisciplinares de elevada complexidade**
- **Permite desenvolver um espectro alargado de competências para o prosseguimento de estudos para o 3º ciclo (Doutoramento) e/ou para a eventual iniciação à prática profissional.**

12.1. Strengths:

- **Strong motivation to respond to the training needs in Data Science and Engineering**
- **University of Coimbra renowned image and credibility**
- **Faculty with a wide experience on the subject**
- **Multidisciplinarity of the faculty, in particular by the participation of several departments from the University of Coimbra**
- **Faculty with relevant and recognized participation in fundamental and applied research projects related to Data Science and Engineering**
- **Development of research of excellence in Data Science and Engineering, recognized through the various international awards achieved**
- **High quality ICT infrastructures**
- **Existence of a significant number of organizations in the region (technology-based companies, software companies, hospitals, etc.) able to support and justify the needs of the degree**
- **Existence of several national and international companies in the area of Science and Data Engineering that are Spin-offs of the research centers of the University of Coimbra**
- **Ability to access significant and real-world data bases**
- **The Masters degrees is able to provide students with solid basic knowledge in Data Science and Engineering and their instantiation in the conception and development of advanced services in highly complex interdisciplinary application contexts**
- **It allows the development of a broad spectrum of competences for the continuation of studies for the 3rd cycle (PhD) and/or for the eventual transition to professional practice.**

12.2. Pontos fracos:

- **Localização geográfica, em comparação com os centros de Lisboa e Porto**
- **Recrutamento de base maioritariamente local**
- **Infraestrutura tecnológica com algumas limitações para implementar soluções de larga escala**

12.2. Weaknesses:

- **Geographic location, compared to the Lisbon and Porto centres**
- **Recruitment of mostly local base**
- **Technological infrastructure with some limitations to implement large scale solutions**

12.3. Oportunidades:

- **Capacidade de atrair estudantes em território Nacional e Internacional (em particular de países de língua oficial portuguesa)**
- **Extensa rede de parcerias, entre as quais empresas, hospitais, e centros de investigação de referência**
- **A Ciência e Engenharia dos Dados é particularmente relevante nos dias que correm, tendo em conta o potencial dos dados que hoje em dia são coligidos, e o sua análise e processamento na geração de informação útil**
- **Novas áreas de emprego com elevada procura pelo mercado**

- **Reforço de cooperações tanto a nível empresarial, de investigação internacionais, nacionais potenciadas pela participação em redes nacionais**
- **Aumentar a capacidade de atrair um maior número de estudantes tanto nacionais como estrangeiros**
- **Promover o desenvolvimento de uma área nuclear para a indústria, academia e outras organizações, através da formação de profissionais com elevada capacidade para gerar valor acrescentado no processo de investigação, ensino e em produtos resultantes de projetos de desenvolvimento em Ciência e Engenharia dos Dados**

12.3. Opportunities:

- **Ability to attract national and international students (particularly from Portuguese speaking countries)**
- **Extensive network of partnerships, including companies, hospitals, and research centers of reference**
- **Data Science and Engineering is particularly relevant these days, taking into account the potential of the data that are nowadays collected, and its analysis and processing in the generation of useful information**
- **New areas of employment with high market demand**
- **Reinforcement of cooperations at both the international, national and corporate levels of research, enhanced by participation in national networks**
- **Increase the capacity to attract students, both national and foreign**
- **Promote the development of a nuclear area for industry, academia and other organizations by training professionals with a high capacity to generate added value in the research, teaching and products resulting from the development of projects in Data Science and Engineering**

12.4. Constrangimentos:

- **Oferta/concorrência de outros estabelecimentos de Ensino Superior ao nível da formação de mestrado**
- **Capacidade de atrair alunos com base regional**
- **Dificuldades relativamente a questões ético/legais na obtenção de dados reais**
- **Necessidade de uma perfeita coordenação e equilíbrio entre as componentes de ensino (teórica e prática), de forma a não prejudicar a efetiva flexibilidade temporal e espacial do processo de ensino-aprendizagem;**
- **Necessidade de exploração constante dos mais recentes desenvolvimentos em Ciência e Engenharia dos Dados, tecnologias da informação e comunicação e conteúdos pedagógicos por forma a permitir soluções ajustadas e atualizadas aos problemas reais**
- **Deficiente preparação de base dos candidatos para frequentar o ciclo de estudos**
- **Heterogeneidade nos conhecimentos base dos alunos, proveniente de licenciaturas com distintas ofertas formativas**

12.4. Threats:

- **Competition with other higher education establishments at the level of master's degree**
- **Ability to attract students on a regional basis**
- **Difficulties concerned with ethical / legal issues in using real-world data**
- **The need for a perfect coordination and balance between the teaching components (theoretical and practical), to avoid jeopardising the temporal and spatial flexibility of the teaching-learning process**
- **The need for constant exploration of the latest developments in Data Science and Engineering, information and communication technologies and pedagogical content in order to allow adjusted and updated solutions to real problems**
- **Poor preparation of candidates to attend the cycle of studies**
- **Heterogeneity in the basic knowledge of the students, which come from degrees with different training offers**

12.5. Conclusões:

O MECD assume um cariz inovador quando se propõe adotar abordagens pedagógicas específicas de Ciência e Engenharia dos Dados, conjugando os aspectos teóricos com práticos indo ao encontro das necessidades reais das organizações na criação de sistemas inteligentes de análise de dados de forma dar suporte fundamentado à tomada de decisões.

A oferta formativa apresentada no ciclo de estudos vai ao encontro das necessidades do mercado. De acordo com o relatório da EU sobre o emprego nas áreas ligadas às ciências dos dados, vão abrir 100000 posições em 2020 [1]. Assim, o MECD, pretende formar profissionais com capacidade de intervenção tecnológica especializada junto das organizações, aptos a identificar as oportunidades de melhoria de processos e de decisão pela introdução de soluções inovadoras baseadas em análise e processamento de dados.

O Mestre em MECD deverá estar, portanto, capaz de analisar e compreender com rigor os problemas das organizações na área das ciências e tecnologias dos dados, estando apto para analisar, desenvolver, implementar e dirigir projetos de investigação, de desenvolvimento e de intervenção tecnológica que visem produzir soluções especializadas que vão ao encontro das necessidades reais dessas organizações em múltiplos contextos interdisciplinares.

A Ciência e Engenharia dos Dados é uma área onde as entidades proponentes, em colaboração com entidades nacionais e internacionais académicas, centros de investigação associados, além de outras organizações (hospitais, empresas, banca, ...) têm vindo a contribuir ativamente seja pela participação em projetos internacionais de investigação, seja ao nível de desenvolvimento de soluções específicas na área. Estes têm contribuído de forma decisiva para a construção de uma equipa sólida do corpo docente nesta área, granjeando, assim, uma elevada reputação nacional e internacional.

Existe atualmente uma oferta limitada em Portugal especificamente na área para a qual é aberto o ciclo de estudos. Visa-se assim estabelecer uma oportunidade concreta para que licenciados se especializem em Ciência e Engenharia dos Dados para fazer face, não só à elevada procura no seio das várias organizações, mas também ao nível da investigação fundamental e aplicada. Neste cenário, a criação do MECD vem permitir reforçar a oferta formativa nacional (e mesmo internacional), contribuindo decisivamente para promover a área.

O ciclo de estudo que aqui se apresenta adota uma abordagem que se pretende equilibrada no que diz respeito às subáreas da Ciência e Engenharia dos Dados, conjugando saberes fundamentais e estruturantes, com competências práticas de desenvolvimento de projeto e de realização de investigação.

[1] - <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/final-results-european-data-market-study-measuring-size-and-trends-eu-data-economy>

12.5. Conclusions:

This proposal of the MECD assumes an innovative character, adopting specific pedagogical approaches of Data Science and Engineering. It combines the theoretical aspects with practical ones, meeting the real needs of the organizations in the creation of intelligent systems to support the decision making.

The training offered in the study cycle meets the needs of the market. According to the EU report on employment in the areas of data science, there will be 100,000 job openings in 2020 [1]. Thus, the MECD intends to train professionals with specialized technological, able to identify opportunities for process improvement and decision making by introducing innovative solutions based on analysis and data processing.

The masters in Data Science and Engineering should be able to analyze and understand rigorously the problems of organizations in the area of data science and technology, should be able to analyze, develop, implement and direct research projects, develop and intervene from a technological standpoint to produce solutions that meet the real needs of these organizations.

Data Science and Engineering is an area where the proposing entities, in collaboration with national and international academic institutions, associated research centers, as well as other organizations (hospitals, companies, banking, ...) have been actively contributing either through participation in international research projects, or at the level of development of specific solutions in the area. These have contributed decisively to building a solid faculty team in this area, thus earning a high national and international recognition.

There is currently a limited offer in Portugal specifically in the area for which the study cycle is open. It is thus intended to provide a concrete opportunity for graduates to specialize in Data Science and Engineering to address not only the high demand within the various organizations but also the demand in fundamental and applied research. In this scenario, the creation of the MECD will allow the reinforcement of the national (and even international) formative offer, contributing decisively to the promotion of the area.

The study cycle presented here adopts an approach that is intended to be balanced with respect to the sub-areas of Data Science and Engineering, combining fundamental and structuring knowledge with practical skills in project development and research.

[1] - <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/final-results-european-data-market-study-measuring-size-and-trends-eu-data-economy>