

# NCE/17/00101 — Apresentação do pedido - Novo ciclo de estudos

---

## Apresentação do pedido

### Perguntas A1 a A4

---

**A1. Instituição de ensino superior:**  
*Universidade De Lisboa*

**A1.a. Outras Instituições de ensino superior:**

**A2. Unidade(s) orgânica(s) (faculdade, escola, instituto, etc.):**  
*Instituto Superior Técnico*

**A3. Designação do ciclo de estudos:**  
*Engenharia e Ciência de Dados*

**A3. Study programme name:**  
*Data Science and Engineering*

**A4. Grau:**  
*Mestre*

### Perguntas A5 a A10

---

**A5. Área científica predominante do ciclo de estudos:**  
*Engenharia e Ciência de Dados*

**A5. Main scientific area of the study programme:**  
*Data Science and Engineering*

**A6.1. Classificação da área principal do ciclo de estudos (3 dígitos), de acordo com a Portaria n.º 256/2005, de 16 de Março (CNAEF):**  
*520*

**A6.2. Classificação da área secundária do ciclo de estudos (3 dígitos), de acordo com a Portaria n.º 256/2005, de 16 de Março (CNAEF), se aplicável:**  
*460*

**A6.3. Classificação de outra área secundária do ciclo de estudos (3 dígitos), de acordo com a Portaria n.º 256/2005, de 16 de Março (CNAEF), se aplicável:**  
*480*

**A7. Número de créditos ECTS necessário à obtenção do grau:**  
*120*

**A8. Duração do ciclo de estudos (art.º 3 Decreto-Lei 63/2016, de 13 de setembro):**  
*2 anos*

**A8. Duration of the study programme (art.º 3 Decree-Law 63/2016, September 13th):**

**2 years**

**A9. Número máximo de admissões (artº 64º, Lei 62/2007 de 10 de Setembro):**  
**30**

**A10. Condições específicas de ingresso:**  
**Conhecimentos básicos em estatística, álgebra e programação.**

**A10. Specific entry requirements:**  
**Basic knowledge in statistics, algebra, and programming.**

## **Pergunta A11**

---

### **Pergunta A11**

**A11. Percursos alternativos como ramos, variantes, áreas de especialização do mestrado ou especialidades do doutoramento em que o ciclo de estudos se estrutura (se aplicável):**  
**Não**

**A11.1. Ramos, variantes, áreas de especialização do mestrado ou especialidades do doutoramento (se aplicável)**

**A11.1. Ramos, variantes, áreas de especialização do mestrado ou especialidades do doutoramento, em que o ciclo de estudos se estrutura (se aplicável) / Branches, options, specialization areas of the master or specialities of the PhD (if applicable)**

<b>Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento:</b>	<b>Branch, option, specialization area of the master or speciality of the PhD:</b>
---	--

## **A12. Estrutura curricular**

---

### **Mapa I - Tronco Comum**

**A12.1. Ciclo de Estudos:**  
**Engenharia e Ciência de Dados**

**A12.1. Study Programme:**  
**Data Science and Engineering**

**A12.2. Grau:**  
**Mestre**

**A12.3. Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento (se aplicável):**  
**Tronco Comum**

**A12.3. Branch, option, specialization area of the master or speciality of the PhD (if applicable):**  
**Common Branch**

**A12.4. Áreas científicas e créditos que devem ser reunidos para a obtenção do grau / Scientific areas and credits that must be obtained for the awarding of the degree**

<b>Área Científica / Scientific Area</b>	<b>Sigla / Acronym</b>	<b>ECTS Obrigatórios / Mandatory ECTS</b>	<b>ECTS Mínimos Optativos* / Minimum Optional ECTS*</b>
Sistemas, Decisão e Controlo/ Systems, Decision and Control	SDC		0

Telecomunicações/Telecommunications	Tele		0
Energia/Energy	Energ		0
Electrónica/Electronics	Elect		0
Computadores/Computers	Comp		0
Computação Gráfica e Multimédia/Graphic Computing and Multimedia	CGM		0
Sistemas de Informação/Information Systems	SI		0
Inteligência Artificial/Artificial Intelligence	IA		0
Metodologia e Tecnologia da Programação/Methodology and Programming Theory	MTP		0
Arquitetura e Sistemas Operativos/Architecture and Operating Systems	ASO		0
Análise Numérica e Análise Aplicada/Numerical Analysis and Applied Analysis	ANAA		0
Probabilidades e Estatística/Probability and Statistics	PE		0
Lógica e Computação/Logic and Computing	LogComp		0
Minas e Georrecursos/Mining and Earth Resources	MG		0
Engenharia e Gestão de Sistemas/Systems Engineering and Management	EGS		0
Todas as Áreas Científicas do IST/All scientific areas of IST	OL		0
Competências Transversais/ Crosscutting Skills	CT	7.5	0
Dissertação/Dissertation	Diss	30	0
Qualquer Área Científica desta tabela/Any Scientific Area of this table			82.5
<b>(20 Items)</b>		<b>37.5</b>	<b>82.5</b>

## Perguntas A13 e A16

### A13. Regime de funcionamento:

*Diurno*

#### A13.1. Se outro, especifique:

*<sem resposta>*

#### A13.1. If other, specify:

*<no answer>*

### A14. Local onde o ciclo de estudos será ministrado:

*Instituto Superior Técnico (IST)-Campus Alameda, Av. Rovisco Pais, nº 1,1049-001 Lisboa.*

### A14. Premises where the study programme will be lectured:

*Instituto Superior Técnico (IST)-Campus Alameda, Av. Rovisco Pais, nº 1, 1049-001 Lisboa*

### A15. Regulamento de creditação de formação e experiência profissional (PDF, máx. 500kB):

[A15.\\_\\_Regulamento de creditação da UL.pdf](#)

### A16. Observações:

*Secção 1-Instrução do pedido-Plano de estudos- mapas III: por limite de caracteres permitidos as UC de opção devem ter também esta nota: Escolha de UC de opção sujeita a aprovação da coordenação. As UC "Opção Livre" devem ter também esta nota: poderão ser escolhidos um máximo de 3 UC em UC oferecidas em qualquer curso do IST de 2º ou 3º ciclo ou em quaisquer UC do Mestrado em Data Science da Faculdade de Ciências da ULisboa.*

*Secção 3.3 Unidades Curriculares Relativamente aos "Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular" que surgem com zero horas de contacto, a justificação é a seguinte: as horas de contacto de cada docente, dependem da distribuição de serviço feita para cada ano lectivo e podem variar de ano para ano. Assim, optou-se por indicar o total de horas no docente responsável e zero para os outros; embora isso possa não corresponder à realidade, é impossível indicar valores reais antes da distribuição do serviço docente.*

**A16. Observations:**

*Section 1-instruction of the application-plan of studies - maps III ; by limit of characters allowed the optional unites should also have this note: the choice of optional units are conditioned to the approval of the coordination. The "Free Option" units should also have this note: a maximum of 3 units could be chosen from any 2nd or 3rd cycle IST courses or in any units of the Masters in Data Science of the Faculty of Sciences of ULisboa.*

*Secção 3.3 Curricular Units. Regarding the "Other teachers and number of contact hours in the curricular unit:" with zero contact hours, the justification is as follows: the contact hours of each teacher, depend on the distribution of service made for each academic year and can vary from year to year. Thus, it was decided to indicate the total number of hours in the responsible teacher and zero for the others; although this may not correspond to reality, it is impossible to indicate values before the distribution of the teaching loads.*

## Instrução do pedido

### 1. Formalização do pedido

---

#### 1.1. Deliberações

##### Mapa II - Conselho Científico

1.1.1. Órgão ouvido:  
*Conselho Científico*

1.1.2. Cópia de ata (ou extrato de ata) ou deliberação deste órgão assinada e datada (PDF, máx. 100kB):  
[1.1.2.\\_Ata\\_CC.pdf](#)

##### Mapa II - Conselho Pedagógico

1.1.1. Órgão ouvido:  
*Conselho Pedagógico*

1.1.2. Cópia de ata (ou extrato de ata) ou deliberação deste órgão assinada e datada (PDF, máx. 100kB):  
[1.1.2.\\_Ata\\_CP.pdf](#)

##### Mapa II - Conselho de Gestão

1.1.1. Órgão ouvido:  
*Conselho de Gestão*

1.1.2. Cópia de ata (ou extrato de ata) ou deliberação deste órgão assinada e datada (PDF, máx. 100kB):  
[1.1.2.\\_Ata\\_CG.pdf](#)

##### Mapa II - Conselho de Escola

1.1.1. Órgão ouvido:  
*Conselho de Escola*

1.1.2. Cópia de ata (ou extrato de ata) ou deliberação deste órgão assinada e datada (PDF, máx. 100kB):  
[1.1.2.\\_Ata\\_CE.pdf](#)

##### Mapa II - Senado da Reitoria da Universidade de Lisboa

1.1.1. Órgão ouvido:  
*Senado da Reitoria da Universidade de Lisboa*

1.1.2. Cópia de ata (ou extrato de ata) ou deliberação deste órgão assinada e datada (PDF, máx. 100kB):  
[1.1.2.\\_DespReit n.º 191-2017.pdf](#)

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

**1.2. Docente(s) responsável(eis) pela coordenação da implementação do ciclo de estudos****A(s) respetiva(s) ficha(s) curricular(es) deve(m) ser apresentada(s) no Mapa V.****Mário Figueiredo, M. Rosário Oliveira, Francisco Santos****2. Plano de estudos****Mapa III - Tronco Comum - 1 Ano / 1 e 2 Semestre - 1 Year / 1 and 2 semester****2.1. Ciclo de Estudos:****Engenharia e Ciência de Dados****2.1. Study Programme:****Data Science and Engineering****2.2. Grau:****Mestre****2.3. Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento (se aplicável):****Tronco Comum****2.3. Branch, option, specialization area of the master or speciality of the PhD (if applicable):****Common Branch****2.4. Ano/semestre/trimestre curricular:****1 Ano / 1 e 2 Semestre - 1 Year / 1 and 2 semester****2.5. 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)
Aprendizagem Automática/Machine Learning	SDC	Semestral	168	T42;PL21	6	Opcional a) escolher 1 UC de entre as 2 oferecidas
Optimização e Algoritmos/Optimization and Algorithms	SDC	Semestral	168	T42;PL21	6	Opcional a) escolher 1 UC de entre as 2 oferecidas
Visualização de Informação/Information Visualization	CGM	Semestral	210	T42;PL21	7.5	Opcional b) escolher 1 UC de entre as 2 oferecidas
Sistemas de Informação e Bases de Dados/Information Systems and Databases	SI	Semestral	168	T42;PL21	6	Opcional b) escolher 1 UC de entre as 2 oferecidas
Estatística Computacional/Computational Statistics	PE	Semestral	210	T56	7.5	Opcional c) escolher 1 UC de entre as 2 oferecidas
Análise Multivariada/Multivariate Analysis	PE	Semestral	210	T56	7.5	Opcional c) escolher 1 UC de entre as 2 oferecidas
Análítica de Dados para Redes Inteligentes/Data Analytics for Smart Grids	Energ	Semestral	168	T42;PL21	6	Opcional d)entre 1 e 2 ano escolher UC, de modo a totalizar, junto com UC a), b) e c), 82,5ECTS.
Aprendizagem Automática/Machine Learning	SDC	Semestral	168	T42;PL21	6	Opcional d)entre 1 e 2 ano escolher UC, de modo a totalizar, junto com UC a), b) e c), 82,5ECTS.
Compressão e Codificação de Dados/Data Coding and Compression	Tele	Semestral	168	T42;PL21	6	Opcional d)entre 1 e 2 ano escolher UC, de modo a totalizar, junto com UC a), b) e c), 82,5ECTS.
Computação de Alto Desempenho/High Performance Computing	Comp	Semestral	168	T42;PL21	6	Opcional d)entre 1 e 2 ano escolher UC, de modo a totalizar, junto com UC a), b) e c), 82,5ECTS.

Computação Inteligente/Intelligent Computation	Comp	Semestral	168	T42;PL21	6	Opcional d)entre 1 e 2 ano escolher UC, de modo a totalizar, junto com UC a), b) e c), 82,5ECTS.
Comunicação de Audio e Video/Audio and Video Communications	Tele	Semestral	168	T42;PL21	6	Opcional d)entre 1 e 2 ano escolher UC, de modo a totalizar, junto com UC a), b) e c), 82,5ECTS.
Criptografia e Segurança das Comunicações/Cryptography and Communication Security	Comp	Semestral	168	T42;PL21	6	Opcional d)entre 1 e 2 ano escolher UC, de modo a totalizar, junto com UC a), b) e c), 82,5ECTS.
Inteligência Artificial e Sistemas de Decisão/Artificial Intelligence and Decision Systems	SDC	Semestral	168	T42;PL21	6	Opcional d)entre 1 e 2 ano escolher UC, de modo a totalizar, junto com UC a), b) e c), 82,5ECTS.
Optimização e Algoritmos/Optimization and Algorithms	SDC	Semestral	168	T42;PL21	6	Opcional d)entre 1 e 2 ano escolher UC, de modo a totalizar, junto com UC a), b) e c), 82,5ECTS.
Processamento da Fala/Speech Processing	SDC	Semestral	168	T42;PL21	6	Opcional d)entre 1 e 2 ano escolher UC, de modo a totalizar, junto com UC a), b) e c), 82,5ECTS.
Processamento de Imagem e Visão/Image Processing and Vision	SDC	Semestral	168	T42;PL21	6	Opcional d)entre 1 e 2 ano escolher UC, de modo a totalizar, junto com UC a), b) e c), 82,5ECTS.
Sistemas de Medida de Grande Escala/Big Data Measuring Systems	Elect	Semestral	168	T42;PL21	6	Opcional d)entre 1 e 2 ano escolher UC, de modo a totalizar, junto com UC a), b) e c), 82,5ECTS.
Administração de Dados e Sistemas de Informação/Data Administration in Information Systems	SI	Semestral	210	T42;PL21	7.5	Opcional d)entre 1 e 2 ano escolher UC, de modo a totalizar, junto com UC a), b) e c), 82,5ECTS.
Algoritmos Avançados/Advanced Algorithms	MTP	Semestral	210	T42;PL21	7.5	Opcional d)entre 1 e 2 ano escolher UC, de modo a totalizar, junto com UC a), b) e c), 82,5ECTS.
Análise e Integração de Dados/Data Analysis and Integration	SI	Semestral	210	T42;PL21	7.5	Opcional d)entre 1 e 2 ano escolher UC, de modo a totalizar, junto com UC a), b) e c), 82,5ECTS.
Aprendizagem e Decisão Inteligente/Learning and Intelligent Decision-Making	IA	Semestral	210	T42;PL21	7.5	Opcional d)entre 1 e 2 ano escolher UC, de modo a totalizar, junto com UC a), b) e c), 82,5ECTS.
Bioinformática/Bioinformatics	MTP	Semestral	210	T42;PL21	7.5	Opcional d)entre 1 e 2 ano escolher UC, de modo a totalizar, junto com UC a), b) e c), 82,5ECTS.
Computação em Nuvem e Virtualização/Cloud Computing and Virtualization	ASO	Semestral	210	T42;PL21	7.5	Opcional d)entre 1 e 2 ano escolher UC, de modo a totalizar, junto com UC a), b) e c), 82,5ECTS.
Computação Paralela e Distribuída/Parallel and Distributed Computing	MTP	Semestral	210	T42;PL21	7.5	Opcional d)entre 1 e 2 ano escolher UC, de modo a totalizar, junto com UC a), b) e c), 82,5ECTS.
Integração Empresarial/Enterprise Integration	SI	Semestral	210	T42;PL21	7.5	Opcional d)entre 1 e 2 ano escolher UC, de modo a totalizar, junto com UC a), b) e c), 82,5ECTS.
Língua Natural/Natural Language	IA	Semestral	210	T42;PL21	7.5	Opcional d)entre 1 e 2 ano escolher UC, de modo a totalizar, junto com UC a), b) e c), 82,5ECTS.

Processamento e Recuperação de Informação/Information Processing and Retrieval	SI	Semestral	210	T42;PL21	7.5	Opcional d)entre 1 e 2 ano escolher UC, de modo a totalizar, junto com UC a), b) e c), 82,5ECTS.
Redes Complexas/Complex Networks	MTP	Semestral	210	T42;PL21	7.5	Opcional d)entre 1 e 2 ano escolher UC, de modo a totalizar, junto com UC a), b) e c), 82,5ECTS.
Sistemas de Apoio à Decisão/Decision Support Systems	IA	Semestral	210	T42;PL21	7.5	Opcional d)entre 1 e 2 ano escolher UC, de modo a totalizar, junto com UC a), b) e c), 82,5ECTS.
Sistemas de Informação e Bases de Dados/Information Systems and Databases	SI	Semestral	168	T42;PL21	6	Opcional d)entre 1 e 2 ano escolher UC, de modo a totalizar, junto com UC a), b) e c), 82,5ECTS.
Visualização de Informação/Information Visualization	CGM	Semestral	210	T42;PL21	7.5	Opcional d)entre 1 e 2 ano escolher UC, de modo a totalizar, junto com UC a), b) e c), 82,5ECTS.
Análise de Modelos Lineares/Linear Model Analysis	PE	Semestral	210	T56	7.5	Opcional d)entre 1 e 2 ano escolher UC, de modo a totalizar, junto com UC a), b) e c), 82,5ECTS.
Análise Multivariada/Multivariate Analysis	PE	Semestral	210	T56	7.5	Opcional d)entre 1 e 2 ano escolher UC, de modo a totalizar, junto com UC a), b) e c), 82,5ECTS.
Análise Numérica Funcional e Optimização/Numerical Functional Analysis and ANAA Optimization		Semestral	210	T56	7.5	Opcional d)entre 1 e 2 ano escolher UC, de modo a totalizar, junto com UC a), b) e c), 82,5ECTS.
Bioestatística/Biostatistics	PE	Semestral	210	T42;PL21	7.5	Opcional d)entre 1 e 2 ano escolher UC, de modo a totalizar, junto com UC a), b) e c), 82,5ECTS.
Computabilidade e Complexidade/Computability and Complexity	LogComp	Semestral	210	T56	7.5	Opcional d)entre 1 e 2 ano escolher UC, de modo a totalizar, junto com UC a), b) e c), 82,5ECTS.
Criptografia e Protocolos de Segurança/Cryptography and Security Protocols	LogComp	Semestral	210	T56	7.5	Opcional d)entre 1 e 2 ano escolher UC, de modo a totalizar, junto com UC a), b) e c), 82,5ECTS.
Estatística Computacional/Computational Statistics	PE	Semestral	210	T56	7.5	Opcional d)entre 1 e 2 ano escolher UC, de modo a totalizar, junto com UC a), b) e c), 82,5ECTS.
Estatística Matemática/Mathematical Statistics	PE	Semestral	210	T56	7.5	Opcional d)entre 1 e 2 ano escolher UC, de modo a totalizar, junto com UC a), b) e c), 82,5ECTS.
Introdução à Matemática Financeira/Introduction to Mathematical Finance	PE	Semestral	210	T56	7.5	Opcional d)entre 1 e 2 ano escolher UC, de modo a totalizar, junto com UC a), b) e c), 82,5ECTS.
Introdução aos Processos Estocásticos/Introduction to Stochastic Processes	PE	Semestral	210	T56	7.5	Opcional d)entre 1 e 2 ano escolher UC, de modo a totalizar, junto com UC a), b) e c), 82,5ECTS.
Métodos Estatísticos em Data Mining/Statistical Methods in Data Mining	PE	Semestral	210	T56	7.5	Opcional d)entre 1 e 2 ano escolher UC, de modo a totalizar, junto com UC a), b) e c), 82,5ECTS.
Problemas Inversos em Equações Diferenciais e Imagiologia Médica/Inverse Problems for Differential Equations and Medical Imaging	ANAA	Semestral	210	T56	7.5	Opcional d)entre 1 e 2 ano escolher UC, de modo a totalizar, junto com UC a), b) e c), 82,5ECTS.

Séries Temporais/Time Series Analysis	PE	Semestral	210	T42;PL21	7.5	Opcional d)entre 1 e 2 ano escolher UC, de modo a totalizar, junto com UC a), b) e c), 82,5ECTS.
Detecção Remota/Remote Sensing	MG	Semestral	168	T42;TP21	6	Opcional d)entre 1 e 2 ano escolher UC, de modo a totalizar, junto com UC a), b) e c), 82,5ECTS.
Geoestatística/Geostatistics	MG	Semestral	168	T28;TP42	6	Opcional d)entre 1 e 2 ano escolher UC, de modo a totalizar, junto com UC a), b) e c), 82,5ECTS.
Modelos de Apoio à Decisão/Decision Support Models	EGS	Semestral	168	T42;TP21	6	Opcional d)entre 1 e 2 ano escolher UC, de modo a totalizar, junto com UC a), b) e c), 82,5ECTS.
Gestão Logística e de Operações/Logistics Management and Operations	EGS	Semestral	168	T42;TP21	6	Opcional d)entre 1 e 2 ano escolher UC, de modo a totalizar, junto com UC a), b) e c), 82,5ECTS.
Opção Livre/Free Option	OL	Semestral	420	O	15	Opcional d)entre 1 e 2 ano escolher UC, de modo a totalizar, junto com UC a), b) e c), 82,5ECTS.

**(50 Items)****Mapa III - Tronco Comum - 2 Ano / 1 e 2 semestre - 2 Year / 1 and 2 Semester****2.1. Ciclo de Estudos:*****Engenharia e Ciência de Dados*****2.1. Study Programme:*****Data Science and Engineering*****2.2. Grau:*****Mestre*****2.3. Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento (se aplicável):*****Tronco Comum*****2.3. Branch, option, specialization area of the master or speciality of the PhD (if applicable):*****Common Branch*****2.4. Ano/semestre/trimestre curricular:*****2 Ano / 1 e 2 semestre - 2 Year / 1 and 2 Semester*****2.5. 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)
Aplicação de Engenharia e Ciência de Dados/Applications of Data Science and Engineering	CT	Semestral	210	OT	7.5	Obrigatória/Mandatory
Opção Livre/Free Option	OL	Semestral	630	O	22.5	Opcional-entre 1 e 2 ano escolher UC, de modo a totalizar, junto com UC a), b) e c), 82,5ECTS.
Dissertação/Dissertation	Diss	Semestral	840	OT 7	30	Obrigatória/Mandatory

**(3 Items)**

### 3. Descrição e fundamentação dos objetivos, sua adequação ao projeto educativo, científico e cultural da instituição, e unidades curriculares

---

#### 3.1. Dos objetivos do ciclo de estudos

##### 3.1.1. Objetivos gerais definidos para o ciclo de estudos:

*O ciclo de estudos proposto neste documento visa formar especialistas habilitados a abordar e resolver problemas usando métodos e técnicas de uma vasta gama que constitui a Engenharia e Ciência de Dados. Pretende-se também iniciar os estudantes à investigação nesta área, dotando-os de capacidade para apreenderem os avanços e técnicas mais recentes, aspecto de extrema importância, por se tratar de uma área de enorme dinamismo, com um alto ritmo de inovação, exigindo dos seus praticantes uma elevada capacidade de actualização. Esta formação preparará também os estudantes para prosseguir uma carreira de investigação, quer em ambiente académico, quer em grupos de investigação e desenvolvimento em Engenharia e Ciência de Dados, hoje em dia cada vez mais comuns em empresas de várias dimensões.*

##### 3.1.1. Generic objectives defined for the study programme:

*The study programme proposed in this document aims to train qualified experts to approach and solve problems using methods and techniques of a wide range that constitutes the Engineering and Data Science. It is also intended to initiate students to research in this area, equipping them with the ability to grasp the latest advances and techniques, an aspect of extreme importance, since it is an area of enormous dynamism, with a high rate of innovation, requiring the high refreshability. This training will also prepare students to pursue a research career, both in academic and research and development groups in Engineering and Data Science, nowadays increasingly common in companies of various dimensions.*

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

*Formar especialistas com competências sólidas num subconjunto das disciplinas que integram a Engenharia e Ciência de Dados, habilitados a abordar e resolver uma vasta classe de problemas em aquisição, gestão e processamento de dados e em extração, análise e visualização de informação.*

*Habilitar os estudantes a integrar equipas de trabalho, as quais são, tipicamente, de grande dimensão e com alguma heterogeneidade e multidisciplinares, incluindo especialistas com diferentes perfis de especialização.*

*Iniciar os estudantes à investigação em Engenharia e Ciência de Dados, dotando-os de capacidade para apreenderem os avanços e as técnicas mais recentes e para actualizarem os seus conhecimentos no decorrer da sua vida profissional.*

*Familiarizar os estudantes com problemas e aplicações práticas, nos quais se empregam técnicas e métodos de Engenharia e Ciência de Dados, quer em ambiente empresarial, de serviços e indústria, quer em aplicações de natureza científica.*

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

*To train specialists with solid competences in a subset of the disciplines that integrate Data Science and Engineering, qualified to address and solve a vast class of problems in data acquisition, management, and processing and in extraction, analysis, and visualization of information.*

*To enable students to integrate work teams, which are typically large and with some heterogeneity and multidisciplinary, including experts with different profiles of expertise.*

*To engage students in research in Data Science and Engineering, giving them the ability to grasp the latest advances and techniques and to update their knowledge throughout their professional lives.*

*To familiarize students with problems and practical applications, in which techniques and methods of Data Science and Engineering are employed, whether in a business environment, services and industry, or scientific applications.*

##### 3.1.3. Inserção do ciclo de estudos na estratégia institucional de oferta formativa face à missão da instituição:

*Os objectivos deste ciclo de estudos estão obviamente alinhados com a missão e a estratégia do IST, nomeadamente na contribuição para a competitividade da economia nacional através da inovação, da transferência de tecnologia, e da promoção do empreendedorismo.*

*A Engenharia e Ciência de Dados, pela seu carácter de conjunto de conceitos e métodos de grande aplicabilidade e impacto em outras áreas científicas e tecnológicas, tem elevado potencial para prestação de serviços científicos e técnicos à comunidade, aspecto central da missão do IST.*

### 3.1.3. Insertion of the study programme in the institutional training offer strategy against the mission of the institution:

*The objectives of this study programme are obviously in line with IST's mission and strategy, namely to contribute to the competitiveness of the national economy through innovation, technology transfer and promotion of entrepreneurship.*

*Due to its nature as a set of concepts and methods of great applicability and impact in other scientific and technological areas, Data Engineering and Science has a high potential for providing scientific and technical services to the community, a central aspect of IST's mission.*

## 3.2. Adequação ao projeto educativo, científico e cultural da Instituição

### 3.2.1. Projeto educativo, científico e cultural da Instituição:

*Nos termos do n.º 1 do Artigo 3.º dos Estatutos do IST, homologados pelo Despacho n.º 12255/2013 publicado em Diário da Republica de 25 de setembro de 2013, "É missão do IST, como instituição que se quer prospectiva no ensino universitário, assegurar a inovação constante e o progresso consistente da sociedade do conhecimento, da cultura, da ciência e da tecnologia, num quadro de valores humanistas."*

*Nos termos do n.º 2 do mesmo artigo estabelece-se que, no cumprimento da sua missão, o IST: Privilegia a investigação científica, o ensino, com ênfase no ensino pós-graduado, e a formação ao longo da vida, assim como o desenvolvimento tecnológico; Promove sinergias entre os domínios científicos que abarca e entre eles e outros afins; Procura contribuir para a competitividade da economia nacional através da transferência de tecnologia, da inovação e da promoção do empreendedorismo; Efetiva a responsabilidade social, na prestação de serviços científicos e técnicos à comunidade e no apoio à inserção dos diplomados no mundo do trabalho e à sua formação permanente.*

### 3.2.1. Institution's educational, scientific and cultural project:

*Pursuant to paragraph 1 of Article 3 of the IST Statutes, homologated by Order no. 12255/2013 published in Diário da Republica of September 25, 2013, "It is IST's mission as an institution to be prospective in university education, to ensure constant innovation and consistent progress in the knowledge society, culture, science, and technology, within a framework of humanistic values."*

*Article 2 stipulates that, in performing its mission, IST privileges scientific research, teaching, with emphasis on post-graduate education, and lifelong learning, as well as technological development. It promotes synergies between the scientific domains it encompasses and between them and other related fields. It seeks to contribute to the competitiveness of the national economy through technology transfer, innovation, and the promotion of entrepreneurship. Promotes effective social responsibility, providing scientific and technical services to the community and supporting the insertion of graduates in the world of work and their ongoing training.*

### 3.2.2. Demonstração de que os objetivos definidos para o ciclo de estudos são compatíveis com o projeto educativo, científico e cultural da Instituição:

*Como já afirmado acima, os objetivos deste ciclo de estudos estão obviamente alinhados com o projecto educativo e a missão do IST, nomeadamente na contribuição para a exploração de sinergias entre várias áreas, dada a natureza fortemente multi-disciplinar da Engenharia e Ciência de Dados.*

*A Engenharia e Ciência de Dados, pela seu carácter de conjunto de conceitos e métodos de grande aplicabilidade e impacto em outras áreas científicas e tecnológicas, tem elevado potencial para prestação de serviços científicos e técnicos à comunidade, aspecto central da missão do IST.*

### 3.2.2. Demonstration that the study programme's objectives are compatible with the Institution's educational, scientific and cultural project:

*As already stated above, the objectives of this study programme are obviously aligned with the educational project and the IST mission, namely in contributing to the exploitation of synergies between various areas, given the highly multidisciplinary nature of Data Engineering and Science.*

*Due to its nature as a set of concepts and methods of great applicability and impact in other scientific and technological areas, Data Engineering and Science has a high potential for providing scientific and technical services to the community, a central aspect of IST's mission.*

## 3.3. Unidades Curriculares

### Mapa IV - Algoritmos Avançados/Advanced Algorithms

**3.3.1. Unidade curricular:**

*Algoritmos Avançados/Advanced Algorithms*

**3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**

*Alexandre Paulo Lourenço Francisco (63)*

**3.3.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**

*Luis Manuel Silveira Russo (0)*

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

*Formação avançada em técnicas de desenvolvimento de algoritmos eficientes e aplicações. Algoritmos para a resolução de problemas computacionalmente difíceis (NP-Hard). Identificação de aplicações de problemas computacionalmente difíceis. Métodos de procura para problemas NP-Hard. Algoritmos eficientes de aproximação e com escolhas aleatórias. Algoritmos eficientes para processamento online e em tempo real. Algoritmos paralelos e com acesso a memória externa.*

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

*Advanced training in techniques for the development of efficient algorithms and applications. Algorithms for solving computationally hard problems (NP-Hard). Identification of applications of computationally hard problems. Search methods for NP-Hard. Efficient algorithms for approximation and random choices. Efficient algorithms for online and real-time. Parallel algorithms and access to external memory.*

**3.3.5. Conteúdos programáticos:**

*Algoritmos de Aproximação para problemas NP-Hard. Métodos de procura completos para problemas NP-Hard: branch and bound; identificação de planos de corte; procura com retrocesso. Algoritmos gananciosos; programação dinâmica e algoritmos fracamente polinomiais. Métodos de procura local. Aplicações de Problemas NP-Hard. Algoritmos paralelos e com recurso memória externa. Algoritmos Online e em Tempo Real. Algoritmos com escolhas aleatórias. Algoritmos de aproximação para problemas polinomiais, e.g., algoritmos lineares para MSTs e algoritmos rápidos para cortes mínimos.*

**3.3.5. Syllabus:**

*Approximation Algorithms for NP-Hard problems. Complete search methods for NP-Hard problems: branch and bound; identifying cutting plans, backtrack search. Greedy algorithms, dynamic programming algorithms and weakly polynomial. Local search methods. Applications of NP-Hard problems. Parallel algorithms and using external memory. Online and real-time algorithms. Algorithms with random choices. Approximation algorithms to polynomial problems, e.g., linear algorithms for MSTs and fast algorithms for minimum cuts.*

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

*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 3.3.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos, descritos em 3.3.5, programáticos visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

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

*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that that all the points syllabus (point 3.3.5) aim to equip students with the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 3.3.4.*

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

*Projecto (40%) + Exame (60%)*

**3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):**

*Project (40%) + Exam (60%)*

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

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

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

*The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of*

*demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.*

### 3.3.9. Bibliografia principal:

*Wolsey: Integer and Combinatorial Optimization, G. L. Nemhauser and L. A. 1999, Wiley  
Combinatorial Optimization, 2nd Edition, C. H. Papadimitriou and K. Steiglitz, 1998, Dover*

## Mapa IV - Computação Paralela e Distribuída/Parallel and Distributed Computing

### 3.3.1. Unidade curricular:

*Computação Paralela e Distribuída/Parallel and Distributed Computing*

### 3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

*José Carlos Alves Pereira Monteiro (63)*

### 3.3.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

*Luís Jorge Brás Monteiro Guerra e Silva (0)*

*David Matos (0)*

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

*Compreender os modelos, técnicas, e formas de programação de algoritmos paralelos. Analisar e conceber algoritmos paralelos. Compreender os fundamentos da computação distribuída.*

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

*Understanding the models, techniques, and programming methods for parallel algorithms. Analyzing and designing parallel algorithms. Understanding the foundations of distributed computing.*

### 3.3.5. Conteúdos programáticos:

*Modelos de computação paralela: multiprocessadores e multicomputadores; organização da memória; complexidade da comunicação. Redes de Interligação. Taxonomia de Flynn.*

*Análise e síntese de algoritmos paralelos: divisão do problema; organização dos dados; sincronização; balanceamento e escalonamento. Programação em sistemas de passagem de mensagens: MPI. Programação em sistemas com memória distribuída partilhada: OpenMP, threads, condições de corrida, deteção de interblocagem. Análise do desempenho de algoritmos paralelos. Fundamentos de computação distribuída e suas aplicações aos algoritmos paralelos. Limites da computação distribuída. Exemplos: classificação de documentos e métodos de Monte Carlo.*

*Exemplos: multiplicação de matrizes; solução de sistemas lineares; FFT.*

*Exemplos: algoritmos de procura.*

### 3.3.5. Syllabus:

*Parallel computing models: multiprocessors and multicomputers. Memory organization; communication complexity. Interconnection networks.*

*Flynn's taxonomy.*

*Analysis and synthesis of parallel algorithms: problem partitioning; data organization; synchronization; balancing and scheduling. Programming message-passing systems: MPI. Programming shared memory systems: OpenMP, threads, race conditions, deadlock detection. Performance analysis for parallel algorithms. Foundations of distributed computing and the its applications to parallel algorithms. Limits of distributed computing.*

*Examples: document classification and Monte Carlo methods.*

*Examples: matrix multiplication, solving systems of linear equations, FFT.*

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

*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 3.3.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos, descritos em 3.3.5, programáticos visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

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

*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that that all the points syllabus (point 3.3.5) aim to equip students with the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 3.3.4.*

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

*Exame ou testes 40%. Projecto 50%. Trabalhos de casa 10%*

**3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):**

*Exams 40%. Project 50%. Homework 10%.*

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

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

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

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

**3.3.9. Bibliografia principal:**

*Parallel Programming, Michael Quinn, 2003, McGrawHill*

*Parallel Programming: Techniques and Applications Using Networked Workstations and Parallel Computers, Barry Wilkinson and Michael Allen, 2005, Prentice Hall*

**Mapa IV - Língua Natural/Natural Language****3.3.1. Unidade curricular:**

*Língua Natural/Natural Language*

**3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**

*Maria Luísa Torres Ribeiro Marques da Silva Coheur (63)*

**3.3.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**

*Nuno João Neves Mamede (0)*

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

*Reconhecer os diferentes disciplinas científicas envolvidas no projecto de "compreensão da linguagem natural". Perceber quais são as grandes tarefas envolvidas durante o processamento de uma frase. Entender as dificuldades de cada uma das tarefas necessárias ao processamento de uma frase. Conhecer as aplicações que são realizáveis com as tecnologias actuais.*

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

*Recognize the different scientific disciplines used in the "comprehension of natural language". To understand which are the great tasks required during the processing of a sentence. Understand the difficulties of each task. To know with applications can be build with the present technologies.*

**3.3.5. Conteúdos programáticos:**

*Introdução ao Processamento de Língua Natural, Expressões regulares e autómatos, Morfológica e Transdutores, N-grams, Anotação morfosintáctica, Gramáticas livres de Contexto para o Português, Análise sintáctica com gramáticas livres de contexto, Representação semântica, Análise semântica, Semântica lexical, Aplicações.*

**3.3.5. Syllabus:**

*Introduction to Natural Language Understanding, Regular Expressions and Automata, Morphology and Finite-State Transducers, N-gram Models of Syntax, Word Classes and Part-of-Speech Tagging, Context-Free Grammars for Portuguese, Parsing with Context-Free Grammars, Representing Meaning, Semantic Analysis, Lexical Semantics, Applications*

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

*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 3.3.4, qualquer especialista na matéria poderá*

**constatar que todos os pontos dos conteúdos, descritos em 3.3.5, programáticos visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.**

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

**Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that that all the points syllabus (point 3.3.5) aim to equip students with the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 3.3.4.**

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

**A avaliação de conhecimentos tem 3 componente s:**

**Uma série de exercícios (12 exercícios) (25%),**

**Dois mini-projectos (15%, 7,5% cada um),**

**Quatro testes (60%, 15% cada um).**

**Para os alunos que o desejarem, a avaliação de conhecimentos pode ter 4 componentes:**

**Uma série de exercícios (12 exercícios) (25%),**

**Dois mini-projectos (15%, 7,5% cada um),**

**Quatro testes (50%, 12,5% cada um).**

**Uma apresentação oral (10%)**

**3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):**

**The evaluation includes 3 components:**

**Weekly exercises (12 exercises) (25%)**

**Two mini-projects (15%, 7,5% each one),**

**Four tests (60%, 15% each one).**

**For the students that request, the evaluation may include 4 components:**

**Weekly homework (12 exercises) (25%),**

**Two mini-projects (15%, 7,5% each one),**

**Four tests (50%, 12.5% each one).**

**One oral presentation (10%)**

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

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

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

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

**3.3.9. Bibliografia principal:**

**SPEECH and LANGUAGE PROCESSING: An Introduction to Natural Language Processing, Computational Linguistics and Speech Recognition, Daniel Jurafsky & James H. Martin, 2009 (Second Edition), Prentice-Hall**  
**Natural Language Understanding, James Allen, 1995, Addison Wesley Publishing Company**

**Mapa IV - Aprendizagem Automática/Machine Learning**

**3.3.1. Unidade curricular:**

**Aprendizagem Automática/Machine Learning**

**3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**

**Jorge dos Santos Salvador Marques (63)**

**3.3.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**

**Maria Margarida Campos da Silveira (0)**

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

**Adquirir conhecimentos fundamentais sobre aprendizagem automática em geral, e sobre diversas técnicas de aprendizagem**

*automática. Adquirir a capacidade de utilizar essas técnicas em aplicações concretas e de escolher as técnicas que melhor se adequem a cada situação.*

- 3.3.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):**  
*To acquire basic knowledge about machine learning in general, and about several machine learning techniques. To acquire the capacity to use those techniques in applications and to choose the techniques that are more adequate for each situation.*
- 3.3.5. Conteúdos programáticos:**  
*Conceito de aprendizagem. Aprendizagem supervisionada e não supervisionada. Perspectiva histórica. Perceptrões multicamada. Aspectos estatísticos da aprendizagem supervisionada. O problema da generalização. Máquinas de suporte vectorial. Árvores de decisão. Agregação de dados e quantificação vectorial. Estimação de densidades de probabilidade. Análise em componentes principais*
- 3.3.5. Syllabus:**  
*Concept of machine learning. Supervised and unsupervised learning. Historical perspective. Multilayer perceptrons. Statistical aspects of supervised learning. The problem of generalization. Support vector machines Decision trees. Clustering and vector quantization. Estimation of probability densities. Principal components analysis.*
- 3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 3.3.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos, descritos em 3.3.5, programáticos visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*
- 3.3.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**  
*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that that all the points syllabus (point 3.3.5) aim to equip students with the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 3.3.4.*
- 3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**  
*Oito trabalhos de laboratório (peso de 50%) e exame final (peso de 50%).*
- 3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):**  
*Eight lab assignments (50% weight) and final exam ( 50% weight).*
- 3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.*
- 3.3.8. Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**  
*The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.*
- 3.3.9. Bibliografia principal:**  
*Tom M. Mitchell, "Machine Learning", Prentice-Hall, 1999*

#### Mapa IV - Compressão e Codificação de Dados/Data Coding and Compression

**3.3.1. Unidade curricular:**  
**Compressão e Codificação de Dados/Data Coding and Compression**

**3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**

**Mário Alexandre Teles de Figueiredo (63)**

**3.3.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**

*Esta UC é leccionada apenas por um docente.*

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

*Aquisição dos conceitos fundamentais da teoria da informação e sua aplicação aos problemas da compressão e codificação de informação (dados, sinais e imagens).*

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

*Acquisition of the fundamental concepts of information theory and its application to problems of coding and compression and information (data, signals, and images).*

**3.3.5. Conteúdos programáticos:**

*Compressão com e sem perdas e aspectos psico-físicos. Conceitos básicos de teoria da informação (informação de um evento, entropia, informação mútua e suas propriedades). Compressão entrópica (desigualdade de Kraft-McMillan, código de Huffman e sua optimalidade, codificação de Shannon-Fano-Elias e aritmética). Comunicação em canais ruidosos (capacidade de canal). Compressão baseada em dicionários (algoritmo de Ziv-Lempel). Codificação/compressão de sinais (quantização). Codificação preditiva (DPCM, delta). Quantização vectorial. Compressão por transformada (alocação de bits, transformadas de Karhunen-Loeve, DCT, de Walsh-Hadamard e de "wavelets"). Alguns exemplos práticos (sinais de voz, normas JPEG e MPEG).*

**3.3.5. Syllabus:**

*Lossless and lossy compression. Psychophysical aspects. Fundamental concepts of information theory (event information, entropy, mutual information and their properties). Entropic compression (Kraft-McMillan inequality, Huffman coding and its optimality, Shannon-Fano-Elias coding, and arithmetic coding). Communication over noisy channels (channel capacity). Dictionary-based compression (Lempel-Ziv coding). Predictive coding. Signal compression (quantization). Differential pulse code modulation and delta modulation. Vector quantization. Transform coding (bit allocation, Karhunen-Loeve transform, discrete cosine transform, Walsh-Hadamard transform, and wavelet transforms). Practical applications: JPEG and MPEG.*

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

*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that that all the points syllabus (point 3.3.5) aim to equip students with the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 3.3.4.*

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

*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that that all the points syllabus (point 3.3.5) aim to equip students with the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 3.3.4.*

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

*Exame (50 %) + Trabalho (50%). Grupos de trabalho: Licenciatura - até dois alunos; Mestrado - um aluno.*

**3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):**

*Exam (50%) + Project in MATLAB (50%). The Project is to be developed by groups of at most two students. Minimum exam grade: 9.5*

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

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

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

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

*knowledge of students with different backgrounds and formations.*

### 3.3.9. Bibliografia principal:

*Compressão e Codificação de Dados, Mário A. T. Figueiredo, 2005, Apontamentos disponíveis na página da disciplina*

## Mapa IV - Inteligência Artificial e Sistemas de Decisão/Artificial Intelligence and Decision Systems

### 3.3.1. Unidade curricular:

*Inteligência Artificial e Sistemas de Decisão/Artificial Intelligence and Decision Systems*

### 3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

*Luís Manuel Marques Custódio (63)*

### 3.3.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

*Esta UC é leccionada apenas por um docente.*

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

*Fornecer aos alunos conhecimentos sobre as metodologia fundamentais na área da Inteligência Artificial. Intr oduzir a noção de agente inteligente. Estudar metodologias para resolução de problemas, representação de conhecimento, raciocínio, planeamento e aprendizagem. Compreender as metodologias estudadas no âmbito de sistemas de decisão, cobrindo abordagens simbólicas e probabilísticas.*

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

*Provide background on basic notions and problem-solving techniques used in Artificial Intelligence. Introduce the concepts of agent and intelligent agent. Study knowledge representation, reasoning, planning and learning techniques and tools for intelligent agents, under the framework of decision-making systems.*

### 3.3.5. Conteúdos programáticos:

*Introdução à IA. Fundações. Ag entes inteligentes. Agentes racionais. Natureza dos ambientes. Arquitecturas de agentes. Resolução de problemas. Métodos de procura: não-informados, informados, heurística, A\*. Teoria de jogos e agentes jogadores. Problemas de satisfação de restrições. Representação de conhecimento e raciocínio. Lógica: proposicional, de primeira-ordem. Quantificação. Inferência. Resolução. Agentes de planeamento: STRIPS, planos de ordem parcial, planeamento contínuo. Incerteza. Modelos probabilísticos: redes de Bayes, teoria da decisão, modelos de Markov. Aprendizagem automática. Aprendizagem indutiva e árvores de decisão. Aprendizagem por reforço. Abordagens biologicamente inspiradas à IA.*

### 3.3.5. Syllabus:

*Introduction. F undamentals. Historical aspects. Intelligent agents. Perception/action mapping. Intelligent agent structures. Environments. Non-informed search methods. Informed search methods. Heuristic search. A\*. Introduction to Game Theory. Rational agents. Knowledge representation, reasoning and logic. Propositional Logic. First order logic. Quantification. Inference. Generalized modus ponens. Resolution. Planning. Planning agents. States, actions and plans representation. Situation Calculus. Practical planning. Scheduling. Uncertainty. Probabilistic Logic. Bayesian and belief networks. Fuzzy Logic and Fuzzy Decision- Making. Inductive learning. Decision trees. Reinforcement Learning*

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

*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 3.3.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos, descritos em 3.3.5, programáticos visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

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

*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the c onclusion that that all the points syllabus (point 3.3.5) aim to equip students with the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 3.3.4.*

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

**Projecto de programação, com peso de 50%, efectuado em grupo (1-2 elementos), com discussão final. Exame final escrito (2 datas), sem consulta, com peso de 50%. Nota mínima de 9,5 em ambas as componentes.**

**3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):**

**Programming project, weighting 50%, executed in group (1-2 students), with final discussion. Final written exam (2 dates), without consultation, weighting 50%. Minimal grade of 9.5 for both components.**

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

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

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

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

**3.3.9. Bibliografia principal:**

**Artificial Intelligence: A Modern Approach, Stuart Russell, Peter Norvig, 2003, Prentice Hall, Second Edition**

**Mapa IV - Optimização e Algoritmos / Optimization and Algorithms**

**3.3.1. Unidade curricular:**

**Optimização e Algoritmos / Optimization and Algorithms**

**3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**

**João Manuel de Freitas Xavier (63)**

**3.3.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**

**Esta UC é leccionada apenas por um docente.**

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

**Conhecer os fundamentos da teoria e algoritmos para problemas de optimização linear e não linear, com ou sem restrições.**

**Reconhecer propriedades dos problemas de optimização e desenvolver algoritmos eficientes para os resolver.**

**Interpretar**

**geometricamente os resultados teóricos. Aplicar a teoria em problemas práticos de engenharia. Aprender técnicas de transformação, reformulação e simplificação de problemas de optimização**

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

**To understand optimization theory principles and basis algorithms to solve optimization problems, both linear and nonlinear, with and without constraints.**

**To apply the theory to practical problems in engineering and develop skills for transforming and simplifying optimization problems.**

**3.3.5. Conteúdos programáticos:**

**Parte I: teoria e algoritmos para optimização sem restrições. Exemplos em engenharia. Conceitos gerais: minimizantes locais/globais, funções convexas. Condições necessárias e suficientes para optimalidade (1º/2º ordem). Algoritmos iterativos por pesquisa em linhas: as direcções de gradiente, quasi-Newton BFGS e Newton (puro e modificado) e a regra de Wolfe. Velocidade de convergência. Algoritmo de gradientes conjugados. Parte II: teoria e algoritmos para optimização com restrições. Exemplos em engenharia. Conceitos gerais: minimizantes locais e globais, programas convexos. Condições necessárias e suficientes de Karush-Kuhn-Tucker (KKT) para optimalidade (1º/2º ordem). Interpretação geométrica. Geometria dos programas lineares (poliedros, vértices, vértices adjacentes, etc). Teorema fundamental da programação linear. Algoritmo simplex. Dualidade para programas lineares. Métodos de ponto interior para programas convexos.**

**3.3.5. Syllabus:**

**Part I: theory and algorithms for unconstrained optimization. Examples of from engineering. General concepts: local and global minima, convex functions. Recognizing convexity: characterization through epigraphs and 1st/2nd order conditions. Necessary and sufficient conditions for optimality (1st and 2nd order). Line search iterative descent algorithms: the gradient, quasi-Newton BFGS and Newton (pure and modified) directions and the Wolfe's rule. Convergence rate results. Conjugate gradient methods. Part II: theory and algorithms for constrained optimization. Examples from engineering. General concepts: local and global minima, convex programs. The Karush-Kuhn-Tucker (KKT) necessary and sufficient conditions for optimality (1st and 2nd order) and geometrical interpretation. The geometry of linear programs (polyhedra, cones, vertices, adjacent vertices, etc). The fundamental theorem of linear programming. Simplex algorithm for linear programming. Duality for linear programs.**

**3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular: *Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 3.3.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos, descritos em 3.3.5, programáticos visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.***

**3.3.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes: *Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the c onclusion that that all the points syllabus (point 3.3.5) aim to equip students with the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 3.3.4.***

**3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída): *A nota final (NF) é a média aritmética das notas d os 3 testes:  $NF = (NT1+NT2+NT3)/3$  ( $NTm$ =nota do teste  $m$ ). Para aprovação na disciplina é necessário que  $NF \geq 9.5$***

**3.3.7. Teaching methodologies (including assessment): *The final grade (FG) is the arithmetic mean of the gra des in the 3 tests:  $FG = (GT1+GT2+GT3)/3$  ( $GTm$ =grade of test  $m$ ). To be approved in this course it is necessary that  $FG \geq 9.5$***

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

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

**3.3.9. Bibliografia principal: *"Introduction s Research, Frederick Hillier and Gerald Lieberman, 2005, 8th ed, McGraw-Hill Numerical Optimization, Jorge Nocedal and Stephen Wright, 2006, Springer Series in Operations Researc h, 2nd ed"***

#### **Mapa IV - Processamento da Fala / Speech Processing**

**3.3.1. Unidade curricular: *Processamento da Fala / Speech Processing***

**3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular: *Isabel Maria Martins Trancoso (63)***

**3.3.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular: *Esta UC é leccionada apenas por um docente.***

**3.3.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes): *Pretende-se que os alunos dominem os princípios e técnicas básicas da codificação, síntese e reconhecimento de fala.***

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

***At the end of the course students are supposed to know the basic principles and techniques of speech coding, synthesis and recognition.***

**3.3.5. Conteúdos programáticos:**

***A matéria encontra-se estruturada em 7 capítulos. No primeiro capítulo, de carácter introdutório, apresentam-se os objectivos da disciplina e as principais aplicações da síntese e do reconhecimento de fala e revêm-se os conceitos necessários de PDS (processamento digital de sinais). No segundo capítulo, discute-se de uma forma necessariamente breve o modo como os humanos geram e interpretam fala, descrevendo os mecanismos de produção e audição da fala e incluindo algumas noções sobre percepção. Os 4 capítulos seguintes estudam o modo como os computadores simulam esse funcionamento humano, incluindo sucessivamente, técnicas de análise do sinal de fala, modelos de codificação e metodologias de conversão texto-fala (síntese) e fala-texto (reconhecimento). Este último capítulo inclui não só a área do reconhecimento da fala propriamente dito, mas também a área do reconhecimento do orador e da língua.***

**3.3.5. Syllabus:**

***Spoken Language Processing The course is structured into 7 chapters. The first introductory chapter presents the goals of the course, and the main applications of spoken language processing. It also briefly reviews the digital signal processing concepts that are needed in this course. The second chapter discusses the way humans generate and perceive speech, describing the production and audition/perception mechanisms. The next four chapters study the way computers try to mimic this human performance, including speech signal analysis techniques, speech coding models, text-to-speech conversion (synthesis) and speech-to-text conversion (recognition) techniques. The last of these four chapters covers not only the speech recognition area but also the speaker and language recognition areas. The final chapter frequently includes talks by researchers of other areas of natural language processing (namely from other faculties) and/or visits to labs.***

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

***Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 3.3.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos, descritos em 3.3.5, programáticos visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.***

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

***Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that that all the points syllabus (point 3.3.5) aim to equip students with the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 3.3.4.***

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

***A avaliação será feita através de um conjunto de Trabalhos (3) + Mini-testes (3) e uma monografia. Para além dos 3 Trabalhos (T1 a T3), haverá um trabalho inicial, T0, cujo objectivo é familiarizar os alunos com as ferramentas que irão utilizar na componente prática da disciplina e que não conta para a nota. O trabalho T1 tem por objectivo o acompanhamento da matéria e a prática com sinais de fala reais logo desde o início do semestre.***

**3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):**

***The evaluation in this course will be done through a set of lab assignments (3), Mini-tests (3), and a monography. Besides the 3 lab assignments (T1 through T3), there will be an initial lab assignment, T0, whose goal is to help the students get familiar with the tools that they will use during the lab component of this course. The evaluation of T0 will not influence the overall score.***

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

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

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

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

**3.3.9. Bibliografia principal:**

***Spoken Language Processing: A Guide to Theory, Algorithm and System Development, X. Huang, A. Acero, H. Hon,***

2001,  
Prentice-Hall

#### Mapa IV - Processamento de Imagem e Visão / Image Processing and Vision

##### 3.3.1. Unidade curricular:

*Processamento de Imagem e Visão / Image Processing and Vision*

##### 3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

*José Alberto Rosado dos Santos Víctor (63)*

##### 3.3.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

*João Paulo Salgado Arriscado Costeira (0)*

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

*Neste curso os alunos aprendem métodos fundamentais de Processamento de Imagem e de Visão 3D que lhes permitem realizar operações básicas tais como: pré-processamento, melhoramento de qualidade e redução de ruído, segmentação de imagem, reconhecimento de objectos e extracção de informação 3D sobre o mundo exterior. O curso desenvolve a capacidade de aplicação dos métodos estudados na resolução de problemas novos, através da realização de um projecto.*

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

*The students will learn selected methods in Image Processing and Computer Vision which allow them to perform key operations such as: pre-processing, image restoration and denoising, image segmentation, object recognition and the extraction of 3D information from images. The course develops the ability to solve new image processing problems using the previous methods. This is done in the scope of a project.*

##### 3.3.5. Conteúdos programáticos:

- 1. INTRODUÇÃO Áreas de aplicação. Conceito de imagem. Aquisição de imagens. Espaços de imagem. Análise em Componentes Principais (Imagens Próprias).*
- 2. FILTRAGEM E MELHORAMENTO Filtragem linear e não linear. Filtro de mediana. Operações morfológicas. Alinhamento de imagens.*
- 3. PROBLEMAS INVERSOS Métodos de regularização. Campos de Markov. Aplicação à restauração de imagens.*
- 4. SEGMENTAÇÃO E RECONHECIMENTO Métodos de classificação e de inferência estatística. Métodos de segmentação básicos. Watershed. Métodos baseados em grafos e em campos de Markov. Modelos deformáveis.*
- 5. CARACTERÍSTICAS VISUAIS Detecção de cantos e de contornos. Cor e textura. Características invariantes.*
- 6. VISÃO 3D Modelo da câmara e calibração. Reconstrução estéreo. Geometria epipolar. Emparelhamento. Reconstrução 3D.*

##### 3.3.5. Syllabus:

- 1. INTRODUCTION Motivation. Application Areas. Áreas de aplicação. Images. Image acquisition. Image spaces. Principal component analysis (PCA). Eigen images.*
- 2. IMAGE FILTERING AND ENHANCEMENT Linear and nonlinear filtering. Median filter. Morphological operations. Geometric Corrections. Image alignment.*
- 3. INVERSE PROBLEMS Regularization Methods. Markov random fields. Application to image restoration.*
- 4. IMAGE SEGMENTATION Data classification and statistical inference. Basic segmentation methods. Watershed. Methods based on graphs and Markov random fields. Deformable models.*
- 5. VISUAL FEATURES Edge and corner detection. Color and Texture. Invariant features.*
- 6. 3D VISION Camera model and camera calibration. Stereo reconstruction. Epipolar geometry. Matching. 3D reconstruction.*

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

*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 3.3.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos, descritos em 3.3.5, programáticos visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

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

**Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the c onclusion that that all the points syllabus (point 3.3.5) aim to equip students with the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 3.3.4.**

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

**A avaliação consiste na resolução de um problem a de visão (projecto) e num exame oral, ambos com peso de 50% na nota final. Os projectos são feitos em grupos de 2 alunos**

**3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):**

**Grading consists of a project and an oral exam, both of them with 50% weight. Projects are carried out in groups of 2 students and involve the solution of a novel image processing problem.**

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

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

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

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

**3.3.9. Bibliografia principal:**

**Digital Image Processing , Gonzalez, Woods, 2002, Prentice Hall**

**Mapa IV - Análise de Modelos Lineares / Linear Model Analysis**

**3.3.1. Unidade curricular:**

**Análise de Modelos Lineares / Linear Model Analysis**

**3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**

**Giovani Loiola da Silva (56)**

**3.3.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**

**Maria da Conceição Esperança Amado (0)**

**Maria do Rosário de Oliveira Silva (0)**

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

**Desenvolver a análise de modelos estatísticos lineares com erros normais, enfatizando quer a teoria subjacen te aos modelos de regressão, análise de variância e delineamento experimental quer a aplicação destes modelos a problemas reais.**

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

**Developing the analysis of normal linear mod els, emphasizing the theory of the linear regression models, analysis-ofvariance models, experimental design, as well as the application of these models to real problems.**

**3.3.5. Conteúdos programáticos:**

**Aplicações dos modelos lineare s. Inferência em regressão linear simples numa abordagem matricial. Modelo linear geral.**

**Model os de regressão linear múltipla. Estimacão de parâmetros: método dos mínimos quadrados, método da máxima verosimilhança. Inferência e predição. Teste de `lack-of-fit'. Regressão polinomial. Regressão com variáveis qualitativas. Construção de um bom modelo de regressão. Técnicas de diagnóstico.**

**Modelo de Análise de Variância (ANOVA) com 1 factor fixo. Estimacão. Comparações múltiplas. Testes de homocedasticidade. Modelo ANOVA com 1 factor aleatório. Modelos ANOVA com 2 e 3 factores fixos. Modelo de análise de covariância (ANCOVA).**

**Introdução ao Delineamento Expe rimental. Delineamento completamente aleatorizado. Delineamento em blocos aleatorizados. Delineamento hierárquico. Delineamento em quadrado latino.**

**3.3.5. Syllabus:**

*Applications of linear models. Matrix approach to simple linear regression. The general linear model. Multiple linear regression models. Estimation by least squares and maximum likelihood. Inference and prediction. Lack-of-fit test. Polynomial regression. Qualitative independent variables regression. Building the best regression model. Diagnostic techniques. Analysis-of-variance (ANOVA) with one fixed factor. Estimation. Multiple comparisons. Homoscedasticity test. One-factor random effects model. Two-factor and three-factor analysis of variance (fixed effects). Analysis of covariance (ANCOVA). Introduction to experimental design. Completely randomized design. Randomized block design. Nested design. Latin squares design.*

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

*Os conteúdos programáticos incidem sobre a inferência estatística em modelos lineares gaussianos: análise de regressão, análise de variância e delineamento experimental. Estes permitem aos alunos desenvolver e compreender os métodos de estimação, incluindo os intervalos de confiança e de predição, e os testes de hipóteses para analisar modelos de lineares. Os alunos são também convidados a aplicar os modelos lineares a dados reais, avaliando e interpretando os seus resultados, para consolidar a componente prática da unidade curricular.*

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

*The syllabus focus on statistical inference in Gaussian linear models: regression analysis, analysis of variance and experimental design. These allow students to develop and understand the estimation methods, including confidence and prediction intervals, and hypothesis tests to analyze linear models. Students are also invited to apply linear models to real data, evaluating and interpreting their results, to consolidate the practical component of the curricular unit.*

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

*O programa é ministrado através de aulas teóricas/práticas (4 horas semanais). As aulas teóricas visam desenvolver os métodos inferenciais dos conteúdos programáticos, enquanto as aulas práticas ilustram tal conteúdo com problemas teóricos e análise de dados reais. Os alunos fazem a avaliação de conhecimentos através de um relatório, envolvendo a análise de dados reais com o uso de algum software estatístico, mais um exame escrito, que corresponde a 70% da nota final.*

**3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):**

*The program is taught through theoretical and practical classes (4 hours weekly). The theoretical classes aim to develop inferential methods of the syllabus, while practical classes illustrate such syllabus with theoretical problems and real data analysis. Students take the course assessment by a report, involving the real data analysis and the use of some statistical software, plus a written exam, which corresponds to 70% of the final grade.*

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

*As metodologias de ensino estão associados aos objetivos da unidade curricular, permitindo que os alunos tenham componentes quer teórica quer prática sobre análise de modelos lineares. Assim, considera-se crucial que os alunos possam desenvolver os métodos inferenciais dos conteúdos programáticos mas também aplicar tais métodos a situações reais com o emprego de meios computacionais apropriados. Consequentemente, justifica-se aqui um exame escrito centrado nas componentes teóricas e práticas dos modelos lineares gaussianos, bem como um relatório que permite aos alunos ter de facto um contacto com problemas reais e realizar cabalmente uma análise estatística de dados.*

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

*The teaching methodologies are linked to the aims of the curricular unit's objectives, allowing students to have both theoretical or practical components on the analysis of linear models. Thus, it is crucial that students can develop inferential methods of the syllabus but also to apply such methods to real life situations with the use of appropriate computational means. Consequently, it is justified here a written exam focusing on theoretical and practical components of Gaussian linear models, as well as a report that allows students to actually have contact with real problems and perform a statistical data analysis analysis fully.*

**3.3.9. Bibliografia principal:**

*Applied Linear Statistical Models, J.W. Neter, M.H. Kutner, J. C. Nachtsheim and W. Wassermann, , 1996, Homewood, IL: McGraw-Hill/Irwin, 4a Edição*

**3.3.1. Unidade curricular:**

*Análise Multivariada / Multivariate Analysis*

**3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**

*Maria do Rosário de Oliveira Silva (56)*

**3.3.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**

*Maria da Conceição Esperança Amado (0)*

*Isabel Maria Alves Rodrigues (0)*

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

*Ganhar exposição aos métodos de análise multivariada mais comuns e obter o conhecimento necessário para efectuar interpretações adequadas de dados multivariados, em particular para compreender a estrutura que lhe está subjacente, e seleccionar os métodos de análise apropriados.*

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

*To become acquainted with the more common multivariate statistical methods and to acquire the knowledge required in order to make proper interpretations of multivariate data, namely to understand their structure and underlying patterns, and to select the appropriate methods of analysis.*

**3.3.5. Conteúdos programáticos:**

*Introdução à análise multivariada a. Estatística descritiva para dados multivariados. Distribuição normal multivariada e problemas de inferência associados. Análise discriminante e análise de variáveis canónicas. Análise de componentes principais. Análise factorial. Análise de clusters. Multidimensional scaling. Análise de correspondências.*

**3.3.5. Syllabus:**

*Introduction to multivariate analysis. Descriptive statistics for multivariate data. Multivariate normal distribution and statistical inference based on this distribution. Discriminant analysis and canonical variate analysis. Principal components analysis. Factor analysis. Cluster analysis. Multidimensional scaling. Correspondence analysis.*

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

*Os conteúdos programáticos cobrem em detalhe noções chave em Análise Multivariada; a forma como estes são apresentados permite não só a familiarização com os mesmos mas também uma reflexão sobre as suas limitações e aplicações a problemas reais.*

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

*The syllabus covers in detail key notions in Multivariate Analysis; the way they are presented allows the students not only to be familiarized with them but also to ponder over their limitations and applications to real life problems.*

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

*Aulas teóricas, onde se apresentam os mais importantes métodos da análise multivariada, dando-se relevo às propriedades teóricas, vantagens e limitações de cada metodologia. Aulas de problemas para ilustrar e exercitar os resultados e metodologias introduzidas nas aulas teóricas e a utilização do software estatístico recomendado (R). Trabalho computacional de grupo, que visa a resolução de um problema real. Avaliação individual através de exame final. Exame*

**3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):**

*Lectures, where the most important methods of multivariate analysis are introduced, giving special emphasis to the theoretical properties, advantages and limitations of each method and how they can be used to solve real problems. Classes of problems to illustrate and exercise the results and methodologies introduced and to illustrate the use of the recommended statistical software (R). Computational work group, which aims at solving a real problem.*

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

*A metodologia de ensino baseia-se na transferência de conceitos teóricos e práticos, através da utilização de aulas de demonstração e de problemas, complementadas com a realização de trabalhos computacionais. O método de avaliação contempla a vertente teórica do curso (exame) e a aplicação dos métodos estudados a problemas de dados complexos mas reais (trabalho de grupo).*

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

*The teaching methodology is based on the transfer of theoretical and practical concepts through the use of*

*demonstration and problem-solving classes, complemented with computational work. The evaluation method assesses the theoretical part of the course (exam) and the application of the methods to data real-world problems (team computational project).*

### 3.3.9. Bibliografia principal:

*Applied Multivariate Statistical Analysis, R. A. Johnson and D.W. Wichern, 2002, Fifth edition, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey*

## Mapa IV - Análise Numérica Funcional e Optimização / Numerical Functional Analysis and Optimization

### 3.3.1. Unidade curricular:

*Análise Numérica Funcional e Optimização / Numerical Functional Analysis and Optimization*

### 3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

*Carlos José Santos Alves (56)*

### 3.3.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

*Juha Hans Videman (0)*

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

*Apreender conceitos abstractos para problemas genéricos de análise numérica, com relevo na resolução de equações integrais e diferenciais parciais e de problemas de optimização. Implementar computacionalmente e criticar os resultados numéricos.*

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

*To develop abstract concepts for generic problems in Numerical Analysis, in particular for solving partial integral and partial differential equations and optimization problems. To implement and to criticize the numerical results.*

### 3.3.5. Conteúdos programáticos:

*Espaços normados; análise numérica e computacional da convergência de sucessões funcionais com diferentes normas. Espaços de Banach; Teorema do Ponto Fixo de Banach; Método de Picard; equações não lineares, equações integrais. Derivação de Fréchet e Método de Newton-Kantorovich. Teorema de Brouwer; operadores compactos; teorema do ponto fixo de Schauder. Espaços de Sobolev; inclusões de Sobolev. Aproximação variacional contínua e discreta; elementos finitos. Métodos de relaxação. Métodos de descida; secção dourada; gradiente conjugado: Polak-Ribière, Fletcher-Reeves. Método de Gauss-Newton e de Levenberg-Marquardt. Lema de Farkas e condições de Kuhn-Tucker; método de Uzawa. Problemas mal postos; condicionamento; método de regularização de Tikhonov e princípio da discrepância de Morozov.*

### 3.3.5. Syllabus:

*Normed space s; numerical and computational analysis of convergence of functional sequences with respect to different norms. Banach spaces; Banach fixed point theorem; Picard method; non linear equations, integral equations. Fréchet derivatives and Newton-Kantorovich method. Brouwer theorem; compact operators; Schauder's fixed point theorem. Sobolev spaces and Sobolev inclusions. Discrete and continuous variational approximation; finite elements. Relaxation methods. Descent methods; the golden section; conjugate gradient: Polak-Ribière, Fletcher-Reeves. Gauss-Newton and Levenberg-Marquardt methods. Farkas lemma and Kuhn-Tucker conditions; Uzawa's method. Ill posed problems; conditioning; Tikhonov's regularization method and Morozov's discrepancy principle.*

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

*Introdução de conceitos de análise funcional aplicada à análise e resolução numérica de equações integrais e equações diferenciais. É dada ênfase a teoremas de Ponto Fixo com foco na sua aplicação a equações integrais e equações diferenciais associadas. São apresentados outros resultados fundamentais para a resolução de equações no quadro de Espaços de Banach e Hilbert, e em particular aplicados a Espaços de Sobolev. A parte de Optimização é focada na optimização não linear, complementando aplicações directas da teoria anterior, subdividindo em métodos com e sem restrições. São apresentados os métodos clássicos sem restrições, de descida e pesquisa linear, e é feita uma introdução a métodos com restrições, partindo das condições Karush-Kuhn-Tucker.*

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

*Fundamental functional analysis concepts are applied to the analysis and numerical resolution of integral and differential equations. Fixed point theorems its application to integral and differential equations are emphasized. Other*

*fundamental results regarding the solution of equations in Banach and Hilbert spaces, and in particular in Sobolev spaces, are presented. The Optimization part is mostly focused on nonlinear optimization, complementing direct applications of the previous theory. Classical methods for unconstrained optimization, namely descent and linear search methods, are presented and an introduction to constrained optimization methods is given, starting with Karush-Kuhn-Tucker conditions.*

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

*Aulas teóricas onde são apresentadas as noções e demonstrados os principais resultados. Aulas de problemas onde se trabalham e complementam exemplos de aplicação dos resultados e técnicas vistas nas aulas teóricas. Muitos destes problemas resultam de avaliações de anos anteriores. Avaliação por exame escrito ou dois testes, complementada por trabalhos computacionais de grupo. Nestes trabalhos computacionais há uma aplicação directa dos conhecimentos a problemas de aplicação nas ciências e engenharia.*

### 3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):

*Theoretical lectures presenting the notions and where the main results are proved. Problem classes where the results and techniques shown in the lectures are worked out. Some of these problems have been used in previous exams. The evaluation consists in an exam or two tests, complemented by computational group homeworks, where the practical knowledge is applied to some problems in science or engineering.*

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

*A metodologia de ensino segue a prática usual das principais universidades, centrando-se num aspecto teórico e computacional. Tem estas duas componentes explícitas nas aulas teóricas e de problemas, que são alvo de avaliação por exame ou testes, o que é complementado na prática computacional dos trabalhos de grupo, com um apoio em aulas de dúvidas.*

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

*The teaching methodology follows the usual practice in the main universities, focusing both theoretical and computational aspects. It has these two aspects in the lectures and in the problem sessions, which are then evaluated by exam or tests, and this is complemented by the computational practice in the homeworks, which have support in office hours.*

### 3.3.9. Bibliografia principal:

*Introduction à l'analyse numérique matricielle et à l'optimisation, P.G. Ciarlet, 1982, Masson, Paris;  
Introductory Functional Analysis with Applications, E. Kreyszig, 1989, Wiley, New York;  
Theoretical Numerical Analysis: A Functional Analysis Framework, K. Atkinson, W. Han, 2001, Springer-Verlag;  
Linear integral equations, R. Kress, 1999, App. Math. Sci. 82, Springer-Verlag;  
Iterative solution of nonlinear equations in several variables, J. M. Ortega, W. R. Rheinboldt, 1970, Academic Press, New York;  
Practical optimization, P. E. Gill, W. Murray, M.H. Wright, 1981, Academic Press, London-New York*

## Mapa IV - Bioestatística / Biostatistics

### 3.3.1. Unidade curricular:

*Bioestatística / Biostatistics*

### 3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

*Maria do Rosário de Oliveira Silva (63)*

### 3.3.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

*Esta UC é leccionada apenas por um docente.*

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

*Esta unidade curricular pretende apetrechar os estudantes com os conhecimentos estatísticos necessários para participar activamente no delineamento e na análise de dados de estudos de investigação médica (nomeadamente ensaios clínicos e estudos epidemiológicos). Depois de dois capítulos introdutórios, onde se pretende familiarizar os estudantes com os conceitos básicos mais relevantes para a bioestatística, serão abordados os principais modelos estatísticos utilizados neste tipo de estudos (ANOVA, regressão linear, correlação, regressão logística, análise de sobrevivência), bem como alguns modelos específicos dos ensaios clínicos.*

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

*The aim of this course is to prepare students to become actively involved on design and data analysis of medical*

*research studies (namely in clinical trials and epidemiological research). The course comprises two introductory chapter, where the basic statistical concepts relevant to biostatistics are discussed, followed by chapters on statistical models commonly applied in medical studies (ANOVA; linear regression, correlation, logistic regression, survival analysis), as well as models specific of clinical trials.*

### 3.3.5. Conteúdos programáticos:

1. *Introdução e motivação: a importância da estatística na investigação médica; tipos de estudos; delineamento, amostragem e fontes de enviesamento; protocolos e considerações éticas. (FMUL)*
2. *Complementos de inferência estatística.*
3. *Análise de variância: ANOVA com um e dois factores fixos, e com um fator aleatório; comparações múltiplas; diagnóstico e transformação de dados; técnicas não-paramétricas.*
4. *Regressão e correlação: regressão linear múltipla, comparação de modelos; correlação; diagnóstico e validação.*
5. *Regressão logística: inferência; interpretação; comparação de modelos; diagnóstico e validação; modelos dose-resposta.*
6. *Análise de sobrevivência: modelos e tipos de censura; estimativas de Kaplan-Meyer; comparação de curvas de sobrevivência; inferência sobre modelos paramétricos; modelos de riscos proporcionais de Cox.*
7. *Ensaio clínico: tipos de delineamento; análise; procedimentos Mantel-Haenszel; ensaios clínicos cross-over; ensaios clínicos sequenciais.*

### 3.3.5. Syllabus:

1. *Introduction and motivation: the importance of the use of statistical methods in medical research, types of research, design, sampling and sources of bias; protocols and ethical considerations. (FMUL)*
2. *Complements of statistical inference.*
3. *Analysis of variance: ANOVA with one and two fixed factors, and with a random factor ANOVA, multiple comparisons, diagnosis and data transformation, non-parametric techniques.*
4. *Regression and correlation: multiple linear regression, comparison of models, correlation, diagnostics and validation of regression models.*
5. *Logistic regression: inference, interpretation, comparison of models, diagnostics and validation, dose-response models.*
6. *Survival analysis: models and types of censorship; Kaplan-Meyer; comparison of survival curves; inference about parametric models, models of Cox proportional hazards.*
7. *Clinical trials: design types, methods of analysis, Mantel-Haenszel procedures, cross-over clinical trials; sequential clinical trials.*

### 3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular: Os conteúdos programáticos cobrem em detalhe noções chave em Bioestatística; a forma como estes são apresentados permite não só a familiarização com os mesmos mas também uma reflexão sobre as suas limitações e aplicações a problemas reais.

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

*The syllabus covers in detail key notions in Biostatistics; the way they are presented allows the students not only to be familiarized with them but also to ponder over their limitations and applications to real life problems.*

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

*Aulas teóricas, onde se apresentam os mais importantes métodos da bioestatística. Aulas de problemas para ilustrar e exercitar os resultados e metodologias introduzidas nas aulas teóricas e a utilização do software estatístico recomendado (R). Trabalho computacional de grupo, que visa a resolução de um problema real. Avaliação individual através de exame final.*

### 3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):

*Lectures, where the most important methods of biostatistics. Classes of problems to illustrate and exercise the results and methodologies introduced and to illustrate the use of the recommended statistical software (R). Computational work group, which aims at solving a real problem.*

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

*A metodologia de ensino baseia-se na transferência de conceitos teóricos e práticos, através da utilização de aulas de teóricas e de problemas, complementadas com a realização de trabalhos computacionais. O método de avaliação contempla a vertente teórica do curso (exame) e a aplicação dos métodos estudados a problemas de dados complexos mas reais (trabalho de grupo).*

*Esta unidade curricular conta com a colaboração de docentes da FMUL e permite aos alunos aprender conceitos teóricos e aplicá-los para resolver problemas reais na área das ciências da vida. Estes desafios não só preparam metodologicamente os alunos, mas também os impõe a falar com especialistas de outras áreas, a formular problemas*

*matematicamente, encontrar soluções e traduzi-las numa linguagem acessível aos investigadores das ciências da vida.*

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

*The teaching methodology is based on the transfer of theoretical and practical concepts through the use of demonstration and problem-solving classes, complemented with computational work. The evaluation method comprises the theoretical part of the course (exam) and the application of the numerical methods to data real-world problems (team computational project).*

*This curricular unit has the collaboration of teachers from FMUL and allows students to learn theoretical concepts and apply them to solve real problems in the area of life sciences. These challenges not only prepare students methodologically, but also impels them to speak with experts from other areas, to formulate problems mathematically, to find solutions and translate them into a language accessible to researchers in the life sciences.*

**3.3.9. Bibliografia principal:**

*Chernick, M.R. and Friis, R. H. (2003). Introductory Biostatistics for the Health Sciences: Modern Applications Including Bootstrap. Wiley;*

*Pocock, S.J. (1983). Clinical Trials. A Practical Approach. Wiley.*

**Mapa IV - Computabilidade e Complexidade / Computability and Complexity**

**3.3.1. Unidade curricular:**

*Computabilidade e Complexidade / Computability and Complexity*

**3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**

*José Félix Gomes da Costa (56)*

**3.3.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**

*João Filipe Quintas dos Santos Rasga (0)*

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

*Caracterizar classes computacionais, identificar conjuntos completos, distinguir complexidade uniforme de não uniforme e executar reduções.*

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

*Characterize computational classes, identify complete sets, distinguish between uniform and nonuniform complexity classes and perform reductions.*

**3.3.5. Conteúdos programáticos:**

*Modelos de computação. Computabilidade. Computação com recursos limitados no espaço e no tempo. Postulados de Church-Turing e invariância. Classes de complexidade notáveis. Teorias de redução em tempo e espaço limitados. Conjuntos P-completos, NP-completos e PSPACE-completos. Aplicações à Criptografia. Circuitos booleanos. Classes probabilísticas. Diagonalização uniforme. A hierarquia polinomial. Relativização de relações estruturais entre classes de complexidade.*

**3.3.5. Syllabus:**

*Models of computation. Computability. Time and space bounded computations. Church-Turing and invariance theses. Relevant complexity classes. Time and space bounded reducibilities. P-complete, NP-complete, and PSPACE-complete sets. Applications to Cryptography. Boolean circuits. Probabilistic classes. Uniform diagonalization. The polynomial time hierarchy. Relativization of structural relations between complexity classes.*

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

*São lecionados os conceitos e técnicas fundamentais de um curso de complexidade, dirigido principalmente a alunos com conhecimentos básicos de ciências da computação, nomeadamente classes de complexidade notáveis, problemas notáveis da complexidade estrutural, conjuntos NP-completos e PSPACE-completos, máquinas de Turing probabilísticas e respetivas classes (PP, BPP e ZPP), a hierarquia (de tempo) polinomial e, finalmente, relativização de relações estruturais.*

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

*Fundamental concepts and proof techniques in complexity theory are addressed, mainly directed to students with*

*background in Computer Science, namely important complexity classes, central problems in structural complexity, NPcomplete and PSPACE-complete sets, probabilistic Turing machines and relative classes (PP, BPP and ZPP), the polynomial time hierarchy, and relativisation of structural relations.*

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

*Aulas teóricas de introdução de conceitos, métodos de prova e resultados. Reserva-se em cada aula um período para discussão de conceitos, ou de novos conteúdos cognitivos, ou ainda da aplicação da complexidade às várias áreas das ciências da informação.*

*Avaliação: Exercícios (como trabalho fora da sala de aula), testes e exame.*

**3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):**

*Theoretical presentation of concepts, proof methods and results. In each lecture, some time is dedicated to the discussion of concepts, new cognitive contents, as well as concrete applications of complexity to the sciences.*

*Assessment: Exercises (as homework), tests and exam.*

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

*Exercícios selecionados, distribuídos ao longo do semestre letivo, para serem resolvidos fora da sala de aula, incidindo sobre os conceitos e métodos do treino teórico. Os exercícios focam os mesmos métodos de prova e resultados similares em contextos diversos dos da exposição teórica.*

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

*Problem sets distributed along the term, to be solved as homework and focusing on the concepts and proof techniques of the theoretical training. The exercises address the same proof methods and similar results in suitable different contexts from those of the theoretical exposition.*

**3.3.9. Bibliografia principal:**

*Computational Complexity, Arora & Barak, 2009, Cambridge University Press*

**Mapa IV - Criptografia e Protocolos de Segurança / Cryptography and Security Protocols**

**3.3.1. Unidade curricular:**

*Criptografia e Protocolos de Segurança / Cryptography and Security Protocols*

**3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**

*Paulo Alexandre Carreira Mateus (56)*

**3.3.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**

*Carlos Manuel Costa Lourenço Caleiro (0)*

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

*Conhecer os sistemas e protocolos criptográficos em uso, desenvolver protocolos para resolução de problemas específicos e perspetivar desenvolvimentos futuros.*

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

*Master cryptosystems and cryptographic protocols in current use, develop protocols to solve specific problems and forecast future developments.*

**3.3.5. Conteúdos programáticos:**

*Conceitos básicos e problemas centrais da criptografia.*

*Sistemas criptográficos de chave privada. Cifras sequenciais. Contributo da teoria da informação. Formas de ataque: dividir para conquistar e correlação rápida. Cifras por blocos. Exemplos: DES e AES. Segurança perfeita e computacional.*

*Sistemas criptográficos de chave pública. Sistema RSA. Algoritmos de factorização e primalidade. Análise criptográfica quântica. Coordenadas projetivas. Curvas elípticas. Inteiros de Gauss. Algoritmo de Euclides para polinómios. Teorema de Hilbert. Bases de Gröbner. Sistemas elípticos e hiperelípticos.*

*Protocolos de chave pública. Esquema de assinatura ElGamal e DSS. Algoritmos de assinatura digital baseados em curvas elípticas. Assinaturas cegas. Funções de dispersão. Esquemas de distribuição de chaves de Diffie-Hellman.*

**Distribuição quântica de chaves. Protocolo estação para estação e MTI. Códigos de autenticação. Esquema de partilha de segredos de Shamir. Computação segura e aplicações.**

### 3.3.5. Syllabus:

**Basic concepts and central problems in cryptography.**

**Private key cryptosystems. Sequential ciphers. Contribution of information theory. Attacks: divide to conquer and fast correlation. Block ciphers. Examples: DES and AES. Perfect and computational security.**

**Public key cryptosystems. RSA cryptosystem. Factoring and primality algorithms. Quantum cryptanalysis. Projective coordinates. Elliptic curves. Gauss integers. Euclidean algorithm for polynomials. Hilbert theorem. Gröbner bases. Elliptic and hyperelliptic cryptosystems.**

**Public key protocols. ElGamal signature scheme and DSS. Elliptic curve digital signature algorithms. Blind signatures. Hash functions. Diffie-Hellman key exchange scheme. Quantum key distribution protocols. Station to station and MTI protocols. Authentication codes. Shamir secret sharing scheme. Zero-knowledge proof systems. Schnorr and Fiat-Shamir identification protocols. Multi-party secure computation and applications.**

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

**São lecionados os conceitos e técnicas fundamentais de um curso de complexidade, dirigido principalmente a alunos com conhecimentos em Matemática, nomeadamente fundamentos algébricos e de teoria dos números, classes de complexidade relevantes NP e BPP, sistemas criptográficos simétricos e assimétricos, assinaturas digitais, funções de dispersão e protocolos de conhecimento nulo.**

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

**Fundamental concepts and proof techniques in cryptography are addressed, mainly directed to students with background in Mathematics, namely foundations in algebra and number theory, important complexity classes such as NP and BPP, symmetric and asymmetric cryptosystems, digital signatures, hash functions and zero-knowledge protocols.**

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

**Aulas teóricas de introdução de conceitos, métodos de prova e resultados. Reserva-se em cada aula um período para discussão de conceitos, ou de novos conteúdos cognitivos, ou ainda da aplicação da complexidade às várias áreas das ciências da informação. Avaliação: Exercícios (como trabalho fora da sala de aula) e exame.**

### 3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):

**Presentation of theoretical concepts, proof methods and results. In each lecture, some time is dedicated to the discussion of concepts, new cognitive contents, as well as concrete applications of complexity to the sciences. Assessment: Exercises (as homework) and exam.**

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

**Método de ensino/avaliação usual nas melhores universidades em disciplinas de mestrado em Matemática.**

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

**Teaching/evaluation method usual in the best universities for MSc courses in Mathematics.**

### 3.3.9. Bibliografia principal:

**Elementos de Criptografia, P. Mateus, 2006, DMIST, in preparation;**

**Cryptography: Theory and Practice, D. Stinson, 1995, CRC Press**

## Mapa IV - Estatística Matemática / Mathematical Statistics

### 3.3.1. Unidade curricular:

**Estatística Matemática / Mathematical Statistics**

### 3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

**Paulo José de Jesus Soares (56)**

### 3.3.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

**Manuel Gonzalez Scotto (0)**

- 3.3.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**  
*Desenvolver a formação prévia em Estatística mediante abordagem de conceitos e métodos fundamentais das três áreas centrais: Estatística Clássica, Estatística Bayesiana e Decisão Estatística*
- 3.3.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):**  
*To develop the background in Statistics through approach to main concepts and methods of the three fundamental areas: Classical Statistics, Bayesian Statistics and Statistical Decision.*
- 3.3.5. Conteúdos programáticos:**  
*Fundamentos de Inferência Estatística: Abordagem frequentista e características das suas respostas aos problemas inferenciais típicos no quadro do modelo estatístico clássico. Suficiência fisheriana. Critério de factorização, suficiência mínima e completude. Estimação clássica paramétrica pontual e regional. Critérios de optimalidade e métodos de estimação. Testes paramétricos clássicos. Procedimentos óptimos e métodos de construção de testes. Abordagem bayesiana. Teorema de Bayes e vários conceitos de probabilidade. Construção do modelo bayesiano. Selecção da distribuição a priori. Características da operação bayesiana. Suficiência bayesiana. Estimação paramétrica por pontos e regiões. Testes de hipóteses paramétricas. Predição. Aplicações e implementação computacional. Decisão Estatística: noções básicas e ilustração com vários tipos de problemas de decisão. Funções de decisão mistas e aleatórias. Regras de Bayes e minimax. Admissibilidade.*
- 3.3.5. Syllabus:**  
*Foundations of Statistical Inference: Classical approach and its features. Fisherian sufficiency. Factorization criterion, minimal sufficiency and completeness. Point and interval parametric estimation. Optimality criteria and methods of estimation. Parametric testing. Optimal procedures and methods of construction of tests. Bayesian approach: Bayes theorem and different concepts of probability. Construction of the Bayesian statistical model. Selection of a priori distribution. Bayesian operation features. Bayesian sufficiency. Point and interval parameter estimation. Tests for parametric hypotheses. Prediction. Applications and computer implementation. Statistical Decision Theory: Basic notions and illustration with various types of decision problems. Mixed and randomised decision functions. Bayes and minimax rules. Admissibility.*
- 3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 3.3.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos, descritos em 3.3.5, programáticos visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*
- 3.3.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**  
*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach the conclusion that that all the points syllabus (point 3.3.5) aim to equip students with the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 3.3.4.*
- 3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**  
*Aulas teóricas, onde são apresentados os conceitos básicos com o devido detalhe e demonstrados os resultados consistentes com o corrente nível formativo dos alunos, bem como os métodos inferenciais neles baseados. Aulas de problemas para ilustrar e exercitar os resultados e métodos abordados nas aulas teóricas. Avaliação individual através de dois testes separados ou combinados num exame final.*
- 3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):**  
*Theoretical classes for introducing the basic concepts with the appropriate detail and proving the results consistent with the current training level of the students, as well as the inferential methods based on them. Problem-solving classes to illustrate and apply the results and methods introduced in the theoretical classes. Individual evaluation through two separate tests or a final examination.*
- 3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*A metodologia de ensino baseia-se na transferência de conceitos teóricos e práticos, através do recurso a aulas com uma componente teórica e outra de problemas, aplicados intensivamente, e abordados no método de avaliação.*
- 3.3.8. Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**  
*The teaching methodology is based on the transfer of theoretical and practical concepts resorting to theoretical and problem-solving classes, where those are applied intensively. The evaluation method comprises not only the theoretical part of the course but also the application of the related methods to practical situations.*
- 3.3.9. Bibliografia principal:**

*Statistical Inference, Case Ila, G. and Berger, R.L., 2002, 2nd ed., Duxbury Press, Belmont, CA.; Estatística Bayesiana, Paulino, C.D., Amaral Turkman, M.A. e Murteira, B., 2003, Fundação Calo uste Gulbenkian, Lisboa; Estatística: Inferência e Decisão, Murteira, B, 1988, Imprensa Nacional - Casa da Moeda.*

#### Mapa IV - Introdução aos Processos Estocásticos/Introduction to Stochastic Processes

##### 3.3.1. Unidade curricular:

*Introdução aos Processos Estocásticos/Introduction to Stochastic Processes*

##### 3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

*Ana Maria Santos Ferreira Gorjão Henriques (56)*

##### 3.3.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

*António Manuel Pacheco Pires (0)*

*Manuel João Cabral Morais (0)*

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

*Desenvolver nos alunos aptidões para a modelação de sistemas estocásticos e para o reconhecimento e utillização de tipos comuns de processos estocásticos. Os alunos devem saber resolver problemas básicos associados ao processo de Poisson e suas variantes, processos de renascimento, cadeias de Markov em tempo discreto e em tempo contínuo e ao movimento browniano.*

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

*To develop skills to model stochastic systems and to identify and use the most common types of stochastic processes. The students should know how to solve basic problems associated to the Poisson process and derived processes, renewal processes, discrete and continuous time Markov chains, and Brownian motion.*

##### 3.3.5. Conteúdos programáticos:

*Processos estocásticos e sua caracterização; questões estudadas no âmbito dos processos estocásticos; exemplos de processos estocásticos. Processos de Poisson e suas variantes; transformações de processos de Poisson. Processos de renascimento e suas variantes; equações de tipo renascimento e teorema fundamental do renascimento; paradoxo da inspeção. Cadeias de Markov em tempo discreto e em tempo contínuo; comportamento transiente e limite; distribuições estacionárias; classificação de estados; tempos de primeira passagem; probabilidades de absorção; cadeias de Markov com custos/recompensas; reversibilidade temporal; processos de nascimento e morte. Movimento browniano; tempo até absorção; máximos; problema da ruína de um jogador; processos derivados do movimento browniano; aplicações ao valor de opções.*

##### 3.3.5. Syllabus:

*Stochastic processes and their characterization; questions studied about stochastic processes; examples of stochastic processes. The Poisson process and its variants; transformations of Poisson processes. Renewal processes and their variants, renewal-type equations and the key renewal theorem; the inspection paradox. Discrete and continuous time Markov chains; transient and limit behaviour; stationary distributions; classification of states; first passage times; absorption probabilities; Markov chains with costs/rewards; reversible Markov chains; birth and death processes. Brownian motion; hitting times; maximum variable; the gambler's ruin problem; variants of the Brownian motion; applications to pricing stock options.*

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

*Os conteúdos programáticos abrangem processos estocásticos chave; a forma como estes são apresentados permite não só a familiarização com os mesmos mas também uma reflexão sobre as suas limitações e aplicações a problemas reais.*

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

*The syllabus covers key stochastic processes; the way they are presented allows the students not only to be familiarized with them but also to ponder over their limitations and applications to real life problems.*

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

*Aulas com cerca de 20 alunas/os e a seguinte estrutura: motivação de um resultado relevante, enunciado do resultado, apresentação de um exemplo complementada por exercícios. Os exercícios são marcados e distribuídos pelas/os alunas/os com antecedência e resolvidos pelas/os alunas/os no quadro já que "se aprende melhor Matemática de*

*forma ativa que passiva".*

*A avaliação é feita por dois testes, com igual peso (20 valores cada um) sendo que: a duração de cada teste é de 1 hora e 30 minutos; o 1º Teste realiza-se durante o período lectivo; o 2º Teste realiza-se durante a Época Normal; para obter aprovação na UC, um aluno necessita de obter notas não inferiores a 7.0 valores em cada um dos testes; as/os alunas/os podem efetuar recurso ou do 1º Teste ou do 2º Teste ou de ambos na Época de Recurso; sempre que um aluno efetuar recurso de um teste, a nota obtida releva para a classificação final na UC apenas caso seja superior à anteriormente obtida.*

### 3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):

*Class with around 20 students and the following structure: motivation of a relevant result, statement of the result, presentation of an example followed by exercises. The exercises are chosen and assigned to students in advance, and are solved by the students on the blackboard because "Mathematics is better learned actively than passively". The assessment method comprises two tests, with the same weight in the final grade (20 points each) and focusing on different parts of the syllabus: the duration of each test is of 1 hour and 30 minutes; the 1st. Test takes place during term time; the 2nd. Test takes place during the exams period; to pass the course, a student must attain at least 7.0 points in each test; the students can repeat the 1st. Test, the 2nd. Test or both tests.*

### 3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular: *Abordagem habitual em disciplinas de nível intermédio/licenciatura na área de Probabilidades e Estatística.*

### 3.3.8. Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes: *Usual approach to intermediate/undergraduate courses on Probability and Statistics.*

### 3.3.9. Bibliografia principal:

*Modeling and Analysis of Stochastic Systems, V. G. Kulkarni, 1995, Chapman & Hall, London;  
Stochastic Processes, S. M. Ross, 1995, John Wiley & Sons, New York, 2nd ed*

## Mapa IV - Métodos Estatísticos em Data Mining / Statistical Methods in Data Mining

### 3.3.1. Unidade curricular:

*Métodos Estatísticos em Data Mining / Statistical Methods in Data Mining*

### 3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

*Maria da Conceição Esperança Amado (56)*

### 3.3.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

*Isabel Maria Alves Rodrigues (0)*

*Maria do Rosário de Oliveira Silva (0)*

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

*Apresentar as potencialidades dos métodos estatísticos de data mining, dando-se especial relevo a métodos de classificação, agrupamento, redução de dimensionalidade, deteção de anomalias e mínimos quadrados parciais. Desenvolver competências para a aplicação de procedimentos estatísticos à análise de grandes conjuntos de dados e reconhecer como a utilização correta de tais procedimentos é importante na tomada de boas decisões. Analisar problemas reais com a ajuda de software específico e reconhecer as metodologias adequadas à sua resolução. No final do semestre, os alunos deverão conhecer os principais procedimentos estatísticos associados à utilização de data mining e ter conhecimentos, a nível de utilizador, de outras técnicas de data mining.*

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

*Show the potential of statistical methods in data mining, with particular emphasis on classification, clustering, dimensionality reduction, anomaly detection and partial least squares methods. Develop the ability to apply statistical procedures to the analysis of large data sets, and to show how important those procedures are in decision making. Analyse real problems with specific software and identify suitable methodologies to deal with such problems. By the end of the semester, the students should know the main statistical procedures associated to data mining, and be familiar with other data mining techniques on a user level basis.*

### 3.3.5. Conteúdos programáticos:

*Introdução. Visão Geral dos problemas de Data Mining: Objectivos e ferramentas. A importância da análise exploratória de dados: Pré-processamento, Visualização e Qualidade dos Dados.*

**Métodos de classificação:** *Método dos K-Vizinhos mais Próximos, Regra de Decisão de Bayes e Ingénua de Bayes, Árvores de Decisão, Análise Discriminante, Regressão Logística, Avaliação do Desempenho de um Classificador, Comparação de Classificadores.*

**Métodos de agrupamento:** *K-Médias, Métodos Hierárquicos, Misturas de distribuições: algoritmo EM, Validação dos Agrupamentos Obtidos.*

**Redução da Dimensionalidade:** *Componentes Principais, Análise de Componentes Independentes, Multidimensional Scaling.*

**Detecção de anomalias.** *Introdução, Detecção de Outliers, Avaliação da uma Regra de Detecção de Anomalias.*

**Mínimos Quadrados Parciais.** *Mais Variáveis que Observações, Regressão de Mínimos Quadrados Parciais.*

### 3.3.5. Syllabus:

*Introduction. Data Mining Overview. Exploring data: Preprocessing, Visualization, and Data Quality Classification Classification Methods*

*Classification with K-Nearest Neighbours, Classification and Bayes Rule, Naïve Bayes, Classification Trees, Discriminant Analysis, Logistic Regression, Evaluating the Performance of a Classifier, Comparing Classifiers Clustering*

*Clustering Methods: K-Means Clustering, Hierarchical Clustering, EM for Mixture Model Density Estimation, Cluster Validation*

*Dimensionality Reduction*

*Principal Components, Independent Component Analysis, Multidimensional Scaling.*

*Anomaly Detection*

*Preliminaries, Detecting Outliers, Evaluating the Performance of an Anomaly Detection Rule*

*Partial Least Squares*

*Introduction: More Variables than Objects, Partial Least Squares Regression*

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

*O programa abrange conceitos-chave e técnicas para proporcionar aos alunos a experiência de trabalhar com métodos estatísticos para analisar dados complexos, elaborar resumos consistentes e completos dos dados. O curso também contém o material teórico que exige uma base matemática em probabilidade, estatística e álgebra linear. Os alunos aprenderão a identificar problemas científicos subjacente a exemplos de dados reais e resolver esse problema.*

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

*The syllabus covers key concepts and techniques to provide students with the experience of working with statistical methods for analysing complex data, and arriving at consistent and complete summaries of the data. The course also contains theoretical material requiring mathematical background in probability, statistics and linear algebra. Students will learn to identify a scientific problem underlying selected data examples and address this problem in the analysis and conclusion.*

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

*Aulas teóricas, onde se apresenta as potencialidades dos métodos estatísticos de data mining, dando-se especial relevo a métodos de classificação, agrupamento, redução de dimensionalidade, deteção de anomalias e mínimos quadrados parciais. Aulas de problemas para ilustrar e exercitar os resultados e técnicas introduzidas nas aulas teóricas. Trabalho computacional de grupo, que visa a implementação dos métodos estudados e a sua aplicação a problemas da Ciência e da Engenharia. Avaliação individual através de exame final (ou, em alternativa, através de testes).*

### 3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):

*Lectures, where it is presented the potential of statistical methods of data mining, with particular emphasis on methods of classification, clustering, dimensionality reduction, anomaly detection and partial least squares.*

*Problemsolving*

*classes to illustrate and apply the results and techniques introduced in the lectures. Team computational project, which aims the implementation of the studied methods and its application to problems in Science and Engineering. Individual evaluation through a written examination.*

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

*A metodologia de ensino baseia-se na transferência de conceitos teóricos e práticos, através da utilização de aulas de demonstração e de problemas, complementadas com a realização de trabalhos computacionais. O método de avaliação contempla a vertente teórica do curso (exame) e a aplicação dos métodos estudados a problemas de dados*

*complexos mas reais (trabalho de grupo).*

**3.3.8. Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**  
*The teaching methodology is based on the transfer of theoretical and practical concepts through the use of demonstration and problem-solving classes, complemented with computational work. The evaluation method assesses the theoretical part of the course (exam) and the application of the numerical methods to data real-world problems (team computational project).*

**3.3.9. Bibliografia principal:**

*Introduction to data mining, P.-N. Tan, M. Steinbach, V. Kumar, 2005, Addison-Wesley, Prentice Hall;*  
*Principles of Data Mining, D. J. Hand, H. Mannila e P. Smyth, 2001, The MIT Press*

#### Mapa IV - Sistemas de Apoio à Decisão / Decision Support Systems

**3.3.1. Unidade curricular:**

*Sistemas de Apoio à Decisão / Decision Support Systems*

**3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**

*Andreas Miroslaus Wichert (63)*

**3.3.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**

*Cláudia Martins Antunes (0)*

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

*Introduzir os conceitos fundamentais de modelação e exploração de dados para apoio à decisão.*  
*Desenvolver a capacidade de lidar com as especificidades dos sistemas de apoio à decisão. Criar a capacidade de desenvolver sistemas de apoio à decisão, nomeadamente no desenho de modelos de dados dimensionais, na exploração dos dados registados segundo aqueles modelos através de interrogações OLAP e de descobrir informação escondida através da aplicação de técnicas de data mining. Tornar os alunos hábeis na avaliação da informação descoberta, em particular na comparação dos diferentes modelos descobertos.*  
*Familiarizar os alunos com ferramentas comerciais usadas no apoio à decisão*

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

*Introduce the fundamental concepts in data modeling and exploration to decision support.*  
*Developing the ability to deal with the specificities of decision support systems.*  
*Create the capacity to develop decision support systems, namely the design of dimensional modeling, the exploration of dimensional data through OLAP queries and the discovery of hidden information through the use of mining techniques.*  
*Make the students able to evaluate the discovered information, in particular the comparison of different models.*  
*Develop familiarity with commercial tools used for decision support.*

**3.3.5. Conteúdos programáticos:**

*Introdução aos Sistemas de Apoio à Decisão*  
*Data Warehousing*  
*Modelo dimensional*  
*Arquitetura de uma DW*  
*Exploração de dados: OLAP*  
*A linguagem MDX*  
*Data Mining*  
*Descoberta de regras de associação*  
*Algoritmos apriori e fp-growth*  
*Avaliação das regras descobertas*  
*Clustering*  
*Algoritmos k-means, em e cobweb*  
*Avaliação dos grupos descobertos*  
*Classificação*  
*Noção de conceito*  
*Classificação baseada em instâncias*  
*Classificação Bayesiana*  
*Árvores de decisão*

**Redes neuronais**  
**Máquinas de vectores de suporte**  
**Avaliação de modelos**

### 3.3.5. Syllabus:

**Introduction to Decision Support Systems**  
**Data Warehousing**  
**Dimensional modeling**  
**DW architecture**  
**Data exploration: OLAP**  
**MDX language**  
**Data Mining**  
**Discovery of association rules**  
**apriori and fp-growth algorithms**  
**Interestingness measures**  
**Clustering**  
**k-means, EM and cobweb algorithms**  
**Assessment of discovered clusters**  
**Classification**  
**Notion of concept**  
**Instance-based classification**  
**Bayesian classification**  
**Decision trees**  
**Neural networks**  
**Support vector machines**  
**Classification models evaluation**

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

**Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 3.3.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos, descritos em 3.3.5, programáticos visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.**

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

**Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the c onclusion that that all the points syllabus (point 3.3.5) aim to equip students with the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 3.3.4.**

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

**A avaliação é composta por 3 componentes:**  
**NDW = nota do projecto de Data Warehousing**  
**NP = nota do projecto de Data Mining**  
**NE = nota do exame**  
**A nota final (NF) é da da por:**  
 **$NF = 40\% NDW + 30\% NP + 30\% NE$**

### 3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):

**Grading will be based on 3 components:**  
**NDW = grade in the Data Warehousing project**  
**NP = grade in the Data Mining project**  
**NE = grade in the exam**  
**The final grade (NF) is given by**  
 **$NF = 40\% NDW + 30\% NP + 30\% NE$**

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

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

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

**The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the e xtensive use of demonstration classes and experimental work, will allow fulfilling the intended learning outcomes, as well as to level**

*the knowledge of students with different backgrounds and formations.*

### 3.3.9. Bibliografia principal:

*Data Mining : Concepts and Techniques, Jiawei Han and Micheline Kamber , 2001, Morgan Kaufman Publishers*  
*The Data Warehouse Toolkit - the complete guide to dimensional modeling , Ralph Kimball and Margy Ross , 20 02, Wiley Computer Publishing*

*Machine Learning , Tom M. Mitchell , 1997, Mc Graw Hill*

*Learning with Kernels: support vector machines, regularization, optimization and beyond , J. Smola and B. Scholkopf , 2002, The MIT Press*

## Mapa IV - Modelos de Apoio à Decisão/Decision Support Models

### 3.3.1. Unidade curricular:

*Modelos de Apoio à Decisão/Decision Support Models*

### 3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

*Carlos António Bana e Costa (63)*

### 3.3.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

*Mónica Duarte Correia de Oliveira (0)*

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

*Após concluir esta unidade curricular o estudante:*

- *estará familiarizado com diversas estratégias de tomada de decisão em contextos públicos e privados, e com as “armadilhas” existentes na avaliação de alternativas e na afetação de recursos;*
- *estará familiarizado com os conceitos-chave teóricos e metodológicos de tomada de decisão e de apoio à decisão relevantes para a melhor prática da engenharia da decisão;*
- *estará familiarizado com modelos, processos e técnicas para ajudar a estruturar e analisar decisões caracterizadas por múltiplos objetivos, incerteza, complexidade e diferenças de opinião;*
- *conhecerá exemplos reais de aplicações de análise de decisão e conferências de decisão em organizações;*
- *estará familiarizado com outros tópicos relevantes para a engenharia de decisão;*
- *terá desenvolvido competências em análise de decisão e modelação;*
- *será capaz de selecionar e usar software de apoio à decisão específico o em diferentes contextos decisoriais.*

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

*At the completion of the course, the student will:*

- be familiar with distinct decision-making strategies and traps in the evaluation of options and in the allocation of resources in private and public contexts;*
- be familiar with key theoretical and methodological concepts of decision-making and decision aid relevant for the best practice of decision engineering;*
- be familiar with models, processes and tools for helping to structure and explore decisions characterized by multiple objectives, uncertainty, complexity and differences of opinion;*
- be familiar with examples of real-world decision analysis and decision conferencing applications in organizations;*
- be familiar with other topics considered relevant for engineering decisions, covering problem structuring methods, heuristics and biases and group decision and negotiation;*
- have developed skills in decision analysis and modeling;*
- *be able to select and use specialized decision support software in different decision contexts.*

### 3.3.5. Conteúdos programáticos:

*A problemática da tomada de decisão: Definição de problema de decisão. Importância na engenharia e gestão.*

*Características do contexto de decisão*

*Estratégias de tomada de decisão. Incerteza e complexidade. Valor e risco.*

*O que é a Análise de Decisão (AD)? Objetivo da AD. Os sete passos fundamentais da AD. Escolas de AD e fundamentos teóricos. A problemática da ajuda à decisão.*

*Estratégias de intervenção: Do paradigma da otimização ao paradigma da aprendizagem. Análise de valor e utilidade. Decisão em Processo de Conferência.*

*Conceitos, modelos, técnicas e software para apoio à decisão:*

- 1. Árvores de decisão e diagramas de influência; casos de estudo; PRECISION TREE.*
- 2. Redes bayesianas; casos de estudo; NETICA.*
- 3. Modelação de probabilidades e análise de risco; casos de estudo; @RISK.*
- 4. Mapeamento Cognitivo; casos de estudo; DECISION EXPLORER.*

5. *Avaliação multicritério; casos de estudo; MACBETH.*

6. *Afetação de recursos e negociação; casos de estudo; PROBE e MACBETH.*

### 3.3.5. Syllabus:

*The decision making problematic: Definition of the decision problem. Importance of decision making in engineering and management. Characteristics of the decision context.*

*Decision making strategies. Uncertainty and complexity. Value and risk.*

*What is Decision Analysis (DA)? DA objectives. The seven fundamental steps of DA. DA schools of thought and theoretical foundations. The problem of decision aiding.*

*Intervention strategies: From optimization to the learning paradigm. Value and utility analysis. Decision conference and facilitation.*

*Concepts, models, techniques and software for decision support:*

1. *Decision trees and influence diagrams; case studies; PRECISION TREE.*

2. *Bayesian networks; case studies; NETICA.*

3. *Probabilities modeling and risk analysis; case studies; @RISK.*

4. *Cognitive mapping; case studies; DECISION EXPLORER.*

5. *Multiple criteria evaluation models; case studies; MACBETH.*

6. *Resource allocation and negotiation; case studies; PROBE and MACBETH.*

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

*Os conteúdos programáticos da unidade curricular estão organizados em duas partes que: apresentam as armadilhas e os conceitos-chave relevantes para a prática da engenharia de decisão; ensinam modelos, técnicas e ferramentas para aplicar em diferentes tipos de problemas de decisão, baseando-se em estudos de caso reais, na utilização de software de apoio à decisão e na resolução de exercícios de índole prática. Os tópicos destas duas partes relacionam-se*

*diretamente com os objetivos de aprendizagem, em particular, proporcionando aos alunos uma visão ampla das melhores práticas da engenharia de decisão e a familiarização com um amplo leque de ferramentas para apoiar decisores a estruturar e analisar decisões em múltiplos contextos.*

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

*The syllabus of the course is organized into two parts that: introduce students to decision traps and to key concepts relevant to the practice of decision engineering; and teach models, techniques and tools to address different types of decision problems, supported by real case studies, by software for decision support and by solving practical exercises. Topics from these two parts directly relate to the proposed learning outcomes, in particular providing students a wide view on the best practices in decision engineering and a familiarity with a wide range of tools for helping decision makers to structure and explore decisions in multiple contexts.*

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

*O ensino é predominantemente organizado por grupos de modelos, técnicas e software de apoio à decisão que poderão aplicar-se em diferentes tipos de problemas. Para cada tipo de problema de decisão, o ensino baseia-se na apresentação de métodos, modelos e técnicas para auxiliar a tomada de decisão, seguido da discussão de estudos de caso reais e de aspetos metodológicos chave, e na utilização de ferramentas de apoio à decisão. Para alguns tópicos os alunos também resolvem exercícios de índole prática.*

*A avaliação é efetuada através de dois trabalhos em grupo e de um exame individual. Num trabalho de grupo os alunos estruturam problemas caracterizados por incerteza, constroem modelos e implementam-nos em software apropriado; no outro trabalho de grupo os estudantes constroem um modelo multicritério de avaliação para auxiliar um decisor num problema real.*

### 3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):

*Teaching is mostly organized by groups of models, techniques and software for decision support that can assist different types of decision problems. For each type of decision problem, teaching is based on the presentation of methods, models and techniques to assist decision-makers, followed by a discussion of real world case studies and of key methodological aspects, and on the use of decision support tools. For some topics students also carry out practical exercises.*

*Evaluation is done through two groupwork assignments and one individual exam. In one groupwork students structure problems characterized by uncertainty, build models and implement them in appropriate software; in another groupwork students build a multicriteria evaluation model to assist a decision-maker in a real problem.*

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

*O ensino baseia-se na apresentação de métodos, modelos e técnicas para auxiliar a tomada de decisão em diferentes contextos, seguida da discussão de estudos de caso reais e pelo treino na utilização de software específico de apoio à decisão. Na avaliação de conhecimentos os alunos efetuam um exame individual e dois trabalhos em grupo onde têm de demonstrar as suas capacidades em problemas caracterizados por complexidade, incerteza e por múltiplos*

**objetivos. Estes métodos de ensino e de avaliação permitem que os alunos conheçam as melhores práticas em engenharia de decisão, adquiram uma visão geral de métodos, ferramentas e software, e desenvolvam as suas aptidões em modelação e análise de decisão.**

- 3.3.8. Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**  
*Teaching is based on the presentation of methods, models and techniques to assist decision-makers in different decision contexts, followed by a discussion of real world case studies and by the training on the use of decision support software. Within evaluation, students carry out one individual exam and two groupworks in which they work out different skills, for problems characterized by complexity, uncertainty and by multiple objectives. These teaching and evaluation methods enable students to have the opportunity to meet the best practices in decision engineering, to have an overview of methods, tools and software, as well as to develop their skills in decision analysis and modeling.*
- 3.3.9. Bibliografia principal:**
- *Making Hard Decisions with Decision Tools*, R.T. Clemen & T. Reilly, 2001, Duxbury Press
  - *Decision Analysis for Management Judgment*, P. Goodwin & G. Wright, 2003, John Wiley and Sons
  - *Multiple Criteria Decision Analysis*, Belton, V. & T. Stewart, 2002, Kluwer Academic Publishers
  - *Smart Choices: A Practical Guide to Making Better Decisions*, J.S. Hammond, R.L. Keeney & H. Raiffa, 1998, Harvard Business School Press

#### Mapa IV - Administração de Dados em Sistemas de Informação / Data Administration in Information Systems

- 3.3.1. Unidade curricular:**  
*Administração de Dados em Sistemas de Informação / Data Administration in Information Systems*
- 3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**  
*Bruno Emanuel da Graça Martins (63)*
- 3.3.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**  
*Helena Isabel de Jesus Galhardas (0)*
- 3.3.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**  
*A unidade curricular de Administração de Dados em Sistemas de Informação tem como objectivo dar aos alunos as competências necessárias para gerir, otimizar e usar eficazmente sistemas modernos para a gestão de grandes volumes de dados. Os alunos devem ser capazes de: 1. compreender os mecanismos internos de um Sistema de Gestão de Bases de Dados (SGBD) relacional, nomeadamente a gestão de armazenamento, a indexação, o processamento e optimização de interrogações, a gestão de transações, do controlo de concorrência e gestão de recuperação 2. compreender as tarefas envolvidas na administração de bases de dados 3. otimizar o acesso à informação em bases de dados que armazenam grandes quantidades de dados 4. adquirir conhecimento básico sobre as várias arquiteturas de bases de dados paralelas e distribuídas, incluindo sistemas convencionais (SQL) e não convencionais (NoSQL).*
- 3.3.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):**  
*The course on Data Administration in Information Systems aims at providing to students the skills needed to manage, optimize and effectively use modern database systems for managing large volumes of data. Students should be able to: 1. understand the internal mechanisms of a relational Database Management System (DBMS), including storage management, indexing, processing and optimizing queries, transaction management, concurrency control, and recovery management 2. understand the tasks involved in database administration 3. optimize information access in databases that store very large amounts of data 4. acquire basic knowledge about the various architectures of parallel and distributed databases, including conventional (SQL) and unconventional (NoSQL) database systems.*
- 3.3.5. Conteúdos programáticos:**
1. *Sistemas de armazenamento (tecnologias de armazenamento, replicação, arquiteturas)*
  2. *Algoritmos de indexação e organização de ficheiros (armazenamento de registos; gestão de buffers; acesso aos dados)*
  3. *Processamento de interrogações (planeamento; algoritmos; optimização)*
  4. *Controlo de concorrência (protocolos baseados em locking, timestamping e multi-versão)*
  5. *Recuperação de dados (logging; falhas de memória não volátil; cópias de segurança)*
  6. *Optimização de bases de dados (optimização do esquema; optimização de interrogações)*
  7. *Optimização de índices (clustering; índices de cobertura)*
  8. *Optimização do hardware e sistema operativo (threads, buffers e armazenamento; desempenho de bases de dados)*

- 9. Bases de dados paralelas e distribuídas (arquiteturas; particionamento; algoritmos; map-reduce)**  
**10. Bases de dados NoSQL (bases de dados chave-valor; bases de dados de documentos; bases de dados orientadas às colunas; bases de dados de grafos)**

### 3.3.5. Syllabus:

1. *Storage systems (storage technologies, replication, architectures)*
2. *Algorithms for indexing and organizing files (record storage, buffer management, data access)*
3. *Processing of questions (planning, algorithms, optimization)*
4. *Concurrency control (protocols based on locking, timestamping, multi-version)*
5. *Data recovery (logging, non-volatile memory failures, backups)*
6. *Optimization of databases (optimization of the scheme, optimization of queries)*
7. *Index optimization (clustering)*
8. *Optimization of the hardware and operating system (threads, buffers, and storage; performance of databases)*
9. *Parallel and distributed databases (architectures, partitioning, algorithms, map-reduce)*
10. *NoSQL databases (key-value databases, document databases, column-oriented databases, graph databases)*

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

*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 3.3.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos, descritos em 3.3.5, programáticos visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos*

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

*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the points syllabus (point 3.3.5) aim to equip students with the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 3.3.4.*

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

*Dois mini-projectos (MP1 e MP2) e exame.*

*Classificação final = (MP1 + MP2) \* 0,4 + Exame \* 0,6*

### 3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):

*Two mini-projects (MP1 and MP2) and exam.*

*Final grade = (MP1 + MP2) \* 0,4 + Exam \* 0,6*

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

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

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

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

### 3.3.9. Bibliografia principal:

*Database Management Systems 3rd edition : R. Ramakrishnan, J. Gehrke 2003 McGraw-Hill*

*Database Tuning: principles, experiments and troubleshooting techniques: D. Shasha, P. Bonnet 2002 Morgan Kaufmann*

## Mapa IV - Análise e Integração de Dados / Data Analysis and Integration

### 3.3.1. Unidade curricular:

*Análise e Integração de Dados / Data Analysis and Integration*

### 3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

*Helena Isabel de Jesus Galhardas (63)*

**3.3.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**

*Diogo Manuel Ribeiro Ferreira (0)*

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

*A disciplina de Análise e Integração de Dados pretende ensinar aos alunos os conceitos mais importantes de integração de dados sobre duas perspectivas diferentes: virtual, onde as fontes de dados podem ser consultadas através de uma arquitetura de mediação; e warehoused, onde um repositório de dados materializado (denominado armazém de dados ou data warehouse) é preenchido com dados provenientes das fontes. Adicionalmente, a disciplina ensinará as técnicas que podem ser utilizadas para explorar a informação: OLAP e reporting numa arquitetura warehoused, e sistemas de mash-up numa arquitetura virtual. Os processos de integração de dados destinam-se a fornecer, entre outras aplicações, uma visão uniforme sobre um conjunto de fontes de dados autónomas e heterogéneas, facilitando assim o seu acesso para análise e visualização. Os domínios de aplicação são diversificados, desde os sistemas empresariais (sistemas de business intelligence) ao da investigação científica (bioinformática).*

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

*The course on Data Analysis and Integration aims at teaching the students the most important concepts of data integration according to two different perspectives: virtual data integration, where the data sources can be accessed through a mediator-based architecture; and materialized data integration, where a materialized data repository (named data warehouse) is populated with data coming from the data sources. Additionally, the course will teach techniques that can be used to exploit information: OLAP (On-line Analytical Processing) and reporting in a warehoused architecture, and mash-up systems in a virtual architecture. The data integration processes aim at supplying, among other applications, a uniform view over a set of autonomous and heterogeneous data sources, making it easy the access to source data for analysis and visualization purposes. Their application domains are diverse, ranging from the Business Intelligence systems to scientific research systems (e.g., Bioinformatics).*

**3.3.5. Conteúdos programáticos:**

*Principais desafios dos processos de integração de dados; paradigmas de integração de dados. Fontes de dados heterogéneas: gestão e processamento de dados XML.*

*2.Fontes de dados heterogéneas: gestão e processamento de dados provenientes de sensores. Integração Virtual: wrappers-mediadores; manipulação de interrogações.*

*3.Execução de interrogações usando vistas; descrições de fonte.*

*4.Linguagens de mapeamento de esquemas; global-as-view e local-as-view; mapeamento e emparelhamento.*

*5. Wrappers: construção manual/automática.*

*6.Data warehousing: modelo multi-dimensional; data warehouses.*

*7.OLAP e ETL.*

*8.Caching e materialização parcial; reporting. Warehousing declarative.*

*9. Limpeza: uma taxonomia de problemas de qualidade nos dados; dimensões da qualidade dos dados.*

*10. Detecção de duplicados: algoritmos de emparelhamento de strings e algoritmos de emparelhamento de registos.*

*11. Fusão de dados. Mash-ups: motivação, criação e aplicação.*

*12. Proveniência de dados e aplicações.*

**3.3.5. Syllabus:**

*1.Main challenges of data integration processes; data integration paradigms. Heterogeneous data sources: XML data management and processing.*

*2.Heterogeneous data sources: (sensor) data stream management and processing. Virtual data integration: wrappers and mediators; query expression manipulation.*

*3.Query answering using views; source descriptions.*

*4.Schema mapping languages: global-as-view and local-as-view; schema mapping and matching.*

*5.Wrappers: manual and automatic construction.*

*6.Data warehousing: multi-dimensional modeling and data warehouse conception.*

*7.OLAP (Online-Analytical Processing) and ETL (Extraction-Transformation-Loading).*

*8.Caching and partial materialization; reporting. Data Exchange: declarative warehousing.*

*9.Data cleaning: taxonomy of data quality problems; data quality dimensions.*

*10.Approximate duplicate detection: string and data matching algorithms.*

*11.Data fusion.Mash-ups: motivation, creation and application.*

*12.Data Provenance and Applications*

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

*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 3.3.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos, descritos em 3.3.5, programáticos visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

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

*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the c onclusion that that all the points syllabus (point 3.3.5) aim to equip students with the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 3.3.4.*

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

*Classificação final =  $x \cdot E + (1-x) \cdot P$*

*em que:*

*E = nota do Exame*

*P = nota do Projeto*

*$x = 0.5 + |P-E|/20$*

### 3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):

*Final grade =  $x \cdot E + (1-x) \cdot P$*

*where*

*E = nota do Exame*

*P = nota do Projeto*

*$x = 0.5 + |P-E|/20$*

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

### 3.3.8. Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes: *The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the e xtensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.*

### 3.3.9. Bibliografia principal:

*Principles of Data Integration: Anhai Doan, Alon Halevy and Zachary Ives 2012 Morgan Kaufmann*

*Data Warehouse Systems: Design and Implementation: Alejandro Vaisman and Esteban Zimányi 2014 Springer*

## Mapa IV - Aprendizagem e Decisão Inteligente / Learning and Intelligent Decision-Making

### 3.3.1. Unidade curricular:

*Aprendizagem e Decisão Inteligente / Learning and Intelligent Decision-Making*

### 3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

*Francisco António Chaves Saraiva de Melo (63)*

### 3.3.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

*Esta UC é leccionada apenas por um docente.*

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

*1. Reconhecer os principais desafios envolvidos no desenvolvimento de sistemas inteligentes em cenários com incerteza e/ou adversariais 2. Conhecer e aplicar as principais técnicas de planeamento e aprendizagem neste tipo de cenários*

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

*1. Understand the main issues involved in decision-making both in uncertain and in adversarial scenarios 2. Be familiar with the main methods for planning and learning in such scenarios*

### 3.3.5. Conteúdos programáticos:

*1. Decisão face à incerteza. Teoria da decisão e optimização. Cadeias e processos de decisão de Markov. Valores de estado e estado-ação. Política óptima. Processos de decisão de Markov parcialmente observáveis. Crenças. Planeamento. Métodos baseados em pontos.*

*2. Decisão em sistemas adversos. Jogos na forma normal. Equilíbrio de Nash (EN). Jogos sequenciais. Jogos estocásticos. Cálculo de EN.*

3. **Aprendizagem. Inferência Bayesiana. Redes de Bayes. Algoritmo max-sum. Modelos sequenciais. Algoritmo de Baum-Welch. Aprendizagem de POMDPs.**
4. **Aprendizagem e decisão. Aprendizagem ativa e sequencial. Algoritmo weighted majority. Bandidos estocásticos. Algoritmo UCB. Garantias de desempenho. Bandidos adversos. Garantias de desempenho. Aprendizagem em processos de decisão de Markov. Aprendizagem por reforço baseada em modelos e em valor: TD-learning e Q-learning. Convergência.**
5. **Aplicações: TD-Gammon. Bandidos e planeamento. Algoritmo de Monte Carlo. Algoritmo UCT e aplicação ao jogo Go.**

### 3.3.5. Syllabus:

1. **Decision under uncertainty. Decision theory and optimization. Markov chains and decision processes. State and action-state values. Optimal policy. Partially observable Markov decision processes. Beliefs. Planning. Point-based methods.**
2. **Decision in adversarial systems. Games in normal form. Nash equilibria (NE). Sequential games. Stochastic games. Computation of NE.**
3. **Learning. Bayesian Inference. Bayes Networks. Max-sum algorithm. Sequential models. Baum-Welch algorithm. Learning from POMDPs.**
4. **Learning and decision. Active and sequential learning. Weighted majority algorithm. Stochastic bandits. UCB algorithm. Performance guarantees. Adverse bandits. Performance guarantees. Learning in Markov decision processes. Reinforcement learning based on models and value: TD-learning and Q-learning. Convergence.**
5. **Applications: TD-Gammon. Bandits and planning. Monte Carlo algorithm. UCT algorithm and application to Go.**

### 3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular: *Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 3.3.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos, descritos em 3.3.5, programáticos visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

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

*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that that all the points syllabus (point 3.3.5) aim to equip students with the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 3.3.4.*

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

*Dois testes, realizados em comum por todos os alunos. Durante época de exames, existirá uma data para a repescagem dos testes. Se um aluno se apresentar à repescagem, a nota obtida no respectivo teste será a melhor entre a nota da repescagem e a nota do teste respectivo. Trabalhos de laboratório (L), realizados em grupos de dois alunos e entregues quinzenalmente no final da aula de laboratório. Para obter aprovação na cadeira, as seguintes condições têm que ser cumulativamente verificadas: A média aritmética dos testes é superior ou igual a 8.0 valores; A média dos laboratórios, após retirada a pior nota, é superior ou igual a 9.5 valores; A média pesada das duas componentes de avaliação é superior ou igual a 9.5 valores. Nestas condições, a nota da cadeira é calculada por uma média ponderada da classificação obtida nas provas realizadas, com os seguintes pesos: Testes (T): 40% Laboratórios (L): 60% Todas as componentes da avaliação têm que ser realizadas no mesmo semestre lectivo.*

### 3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):

*Grading in the course will include two components:*

*Two individual tests, common to all students. During the exam season, there will be an opportunity for you to repeat one or both of the tests. If you decide to repeat a test, your grade will be the best between the first and second grades. Lab assignments (L), completed in groups of two and submitted by the end of the pre-specified lab classes. To pass the course, all conditions below must be simultaneously met:*

*The average grade of both tests is larger than or equal to 8.0/20.0;*

*The average grade of all except the worst lab assignments is larger than or equal to 9.5/20.0;*

*The weighted average of both components is larger than or equal to 9.5/20.0.*

*Your final grade is computed as the weighted average of both components with weights:*

*Tests (T): 40%*

*Lab assignments (L): 60%*

*All components used in grading (tests and lab assignments) must be completed in the same year.*

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

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

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

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

**3.3.9. Bibliografia principal:**

*Artificial Intelligence: A Modern Approach, 3rd Edition: S. Russel, P. Norvig 2010 Prentice-Hall  
Prediction, Learning and Games: N. Cesa Bianchi, G. Lugosi 2004 Cambridge University Press*

**Mapa IV - Bioinformática/ Bioinformatics****3.3.1. Unidade curricular:**

*Bioinformática/ Bioinformatics*

**3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**

*Ana Teresa Correia de Freitas (63)*

**3.3.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**

*Esta UC é leccionada apenas por um docente.*

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

*A Bioinformática desenvolve métodos computacionais e algoritmos para o processamento de dados biológicos e utiliza modelação matemática e estatística para definir hipóteses testáveis sobre entidades e processos biológicos. Esta disciplina introdutória pretende familiarizar os alunos com as metodologias computacionais e matemáticas que estão na base de muitas das abordagens que suportam os novos desenvolvimentos desta área. Adicionalmente, pretende-se desenvolver o espírito crítico através da leitura e análise de publicações científicas relevantes à disciplina. A componente prática da disciplina pretende dotar os alunos da capacidade de desenvolvimento de ferramentas de software para o tratamento e integração de dados biológicos e clínicos.*

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

*Bioinformatics aims at developing computational methods and algorithms to process biological data and uses mathematical and statistical modelling to generate testable hypotheses about biological entities and processes. The goal of this course is to introduce the basic techniques that support the most recent developments on this field. Additionally, it enables the development of the ability to critically assess research publications in this field. Practical assignments during the course aim at developing the student's ability to develop software for bioinformatics.*

**3.3.5. Conteúdos programáticos:**

*Conceitos básicos de algoritmos. Conceitos básicos de biologia molecular. Grafos e genética. Análise de sequências de DNA. Algoritmos para alinhamento simples. Algoritmos para alinhamento múltiplo. Algoritmos para pesquisa de motivos. Algoritmos para re-sequenciação. Modelos probabilísticos: modelos de Markov e HMMs. Análise da expressão genética. Algoritmos de Clustering e Biclustering. Métodos para análise de filogenia. Classificação usando árvores de decisão. Métodos Bayesianos. Análise de dados integrativa.*

**3.3.5. Syllabus:**

*Introduction. Molecular biology main concepts. Introduction to algorithms and complexity. Graphs and genetics. DNA sequence analysis. Pairwise alignment. Multiple Sequence alignment. Motif finding. NGS data, algorithms, and data structures. Probabilistic models. Gene expression data analysis. Data mining. Unsupervised Learning: Clustering and Biclustering. Molecular phylogenetics. Supervised Learning: Decision trees, Bayesian methods. Integrative data analysis.*

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

*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 3.3.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos, descritos em 3.3.5, programáticos visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

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

*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that that all the points syllabus (point 3.3.5) aim to equip students with the required knowledge and skills to reach the learning outcomes*

*described in point 3.3.4.*

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

***Avaliação contínua: • 4 Trabalhos de laboratório ao longo do semestre (20%) • 2 testes ou 1 exame (80%). Nota mínima na média dos testes ou exame para obter aprovação na disciplina: 8 valores***

***É obrigatório obter uma avaliação maior que zero nos 4 trabalhos de laboratório.***

***Os alunos do MEIC têm ainda de realizar uma apresentação de um artigo uma vez que a disciplina tem mais créditos para estes alunos.***

**3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):**

***• 4 laboratory work during the semester (20%) • 2 tests or 1 exam (80%). Minimum grade in the average of the tests or exam to be approved: 8***

***It is mandatory to be evaluated higher than zero in all 4 laboratory works.***

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

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

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

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

**3.3.9. Bibliografia principal:**

***An Introduction to Bioinformatics Algorithms: N. C. Jones and P. Pevzner 2005 MIT Press***

***Biological Sequence Analysis-Probabilistic models of proteins and nucleic acids:R.Durbin, S. Eddy,A.***

***Krogh,G.Mitchison 1998 Cambridge***

***Data Mining:Practical Machine Learning Tools and Techniques:Ian H.Witten,Eibe Frank,Mark A.Hall 2011***

***<http://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka/book.html>***

***Bioinformatics and Biomarker Discovery:"Omic" Data Analysis for Personalized Medicine:Francisco Azuage 2010 Wiley Blackwell***

***An Introduction to Bioinformatics Algorithms:N. C. Jones and P. Pevzner 2005 MIT Press***

***Biological Sequence Analysis-Probabilistic models of proteins and nucleic acids : R. Durbin, S. Eddy, A. Krogh, G.***

***Mitchison 1998 Cambridge***

***Data Mining:Practical Machine Learning Tools and Techniques :Ian H. Witten, Eibe Frank, Mark A. Hall 2011***

***<http://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka/book.html>***

***Bioinformatics and Biomarker Discovery:"Omic" Data Analysis for Personalized Medicine:Francisco Azuage 2010 Wiley Blackwell***

**Mapa IV - Computação em Nuvem e Virtualização / Cloud Computing and Virtualization**

**3.3.1. Unidade curricular:**

***Computação em Nuvem e Virtualização / Cloud Computing and Virtualization***

**3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**

***João Coelho Garcia (63)***

**3.3.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**

***Luís Manuel Antunes Veiga (0)***

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

***Deter uma perspectiva integradora da computação em nuvem e da virtualização, e da sua conjugação e síntese, no desenho dos sistemas modernos na computação distribuída em larga escala, com as suas tecnologias, mecanismos e algoritmos subjacentes. Compreender uma abordagem vertical às diversas tecnologias de virtualização e da computação em nuvem, que oferecem às aplicações e serviços maior flexibilidade, melhor utilização de recursos e eficiência económica, e maior escalabilidade e adaptabilidade. Ser capaz de desenvolver aplicações e sistemas, escaláveis e fiáveis, para computação em nuvem, sobre as infra-estruturas e plataformas de virtualização, e modelos***

**aplicacionais adoptados. Ser capaz de avaliar escolhas, soluções, e compromissos envolvidos no desenvolvimento, uso e gestão de infra-estruturas de virtualização para computação em nuvem.**

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

***Attain an integrated perspective of cloud computing and virtualization, with combined approaches for the design of modern large scale and distributed computing systems, and with their underlying mechanisms and algorithms. Understand a vertical approach to the various virtualization and cloud computing technologies, enhancing applications and services with improved flexibility, resource and economic efficiency, scalability and adaptability. To be able to develop reliable and scalable systems and applications, on cloud computing over current virtualization platforms and applications models. To be able to assess and evaluate solutions, given the alternatives and tradeoffs involved in the employment and management of virtualization infrastructure for cloud computing.***

**3.3.5. Conteúdos programáticos:**

***Introdução à Virtualização e Computação em Nuvem, Infrastructure-as-a-Service, Platform-as-a-Service, Software-as-a-Service. Virtualização de nível sistema: arquitectura de VM sistema, virtualização de CPU, núcleo, memória, entradas/saídas; suporte hardware para virtualização; 3 casos de estudo. Sistemas de computação em nuvem; escalonamento, migração e replicação de VMs; monitorização e escalabilidade. Virtualização de nível processo: especificação e arquitectura de referência da Java VM, modelo de segurança, gestão e tradução binária de código, compilação just-in-time e optimização, reciclagem de memória. Plataformas; máquinas virtuais distribuídas; monitorização e escalabilidade. Serviços de Dados e Armazenamento: blocos, ficheiros, chave-valor. Escalabilidade: Map-reduce, dataflows, streams, monitorização, elasticidade e optimização. Questões Transversais na Computação em Nuvem: eficiência energética, redimensionamento dinâmico, desenho na nuvem centrado na energia.***

**3.3.5. Syllabus:**

***Introduction to Virtualization and Cloud Computing, Infrastructure-as-a-Service, Platform-as-a-Service, Software-as-a-Service. System-level virtualization: system VM architecture, CPU virtualization, OS core, memory, I/O; hardware support for virtualization. Cloud computing systems; VM scheduling, migration and replication; monitoring and scalability. Process-level virtualization: Java VM specification and reference implementation, security model, code management and binary translation, just-in-time compilation and optimization, garbage collection, case studies. Cloud computing platforms; distributed virtual machines; monitoring & scalability. Data and Storage services: block storage, file storage, key-value store, tabular storage. Cloud computing scalability: Map-reduce, dataflows, streams, applications, monitoring, elasticity and optimization. Cloud computing cross-cutting concerns: virtualization energy efficiency, dynamic provisioning, energy centered cloud design.***

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

***Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 3.3.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos, descritos em 3.3.5, programáticos visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.***

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

***Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the c onclusion that that all the points syllabus (point 3.3.5) aim to equip students with the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 3.3.4.***

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

***Método Normal: Exame (40%), Projecto (45%), Apresentação de Artigo (10%) e Presença/Participação Aulas (5%).  
Método Trabalhadores-Estudantes: Exame (45%), Projecto (45%), Apresentação de Artigo (10%).  
Época Especial: Exame (50%), Projecto adaptado (50%) .***

***Nota mínima p/ Exame e Projecto: 8 valores.***

**3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):**

***Normal Method: Exam (40%), Project (45%), Paper Presentation (10%) and Attendance/Participation (5%).  
Student-Workers: Exam (45%), Project (45%), Paper Presentation (10%) .  
"Época Especial": Exam (50%), adapted Project (50%) .***

***Minimum grade for Exam and Project: 8 points.***

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

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

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

**3.3.9. Bibliografia principal:**

*Virtual Machines: Versatile Platforms for Systems and Processes: James Smith and Ravi Nair 2005 Morgan Kaufmann*  
*The Cloud at Your Service: Jothy Rosenberg and Arthur Mateos 2010 Manning Publications*  
*Programming Amazon Web Services: James Murty 2008 O'Reilly Media*  
*Hadoop: The Definitive Guide: Tom White 2012 O'Reilly Media*  
*Cloud Computing - Theory and Practice, Morgan Kaufmann: Dan C. Marinescu 2013 9780124046276*

**Mapa IV - Integração Empresarial / Enterprise Integration**

**3.3.1. Unidade curricular:**

*Integração Empresarial / Enterprise Integration*

**3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**

*José Manuel da Costa Alves Marques (63)*

**3.3.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**

*José Alberto Rodrigues Pereira Sardinha (0)*

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

*Fornecer uma visão abrangente dos conceitos, metodologias e tecnologias de integração, desde a integração de aplicações e serviços até à integração de processos inter-organizacionais. A disciplina está posicionada na interface entre as infraestruturas tecnológicas e os processos de negócio. Permitirá transmitir uma visão de como é possível desenvolver uma infraestrutura aplicacional distribuída e integrada. Os objetivos de aprendizagem estabelecidos são: 1. Adquirir uma visão abrangente dos principais conceitos e soluções tecnológicas existentes na área de integração; 2. Desenvolver uma visão sistemática e orientada aos processos sobre a forma de abordar problemas de integração; 3. Adquirir um conhecimento prático sobre as plataformas de integração actuais com base em guias e projeto laboratoriais; 4. Compreender o papel crucial que as soluções de integração têm no desenho e implementação de processos de negócio numa organização.*

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

*This course aims at providing a broad and in-depth view of the concepts, methodologies, and technologies associated with systems integration, including the integration of applications, services, and inter-organizational business processes. This course is positioned between the application infrastructure and the business processes in an organization. The course will provide insight into how it is possible to devise a distributed and integrated application infrastructure. Detailed goals: 1. Provide an in-depth view of the main concepts and integration solutions in the field of integration; 2. Develop a systematic and process-oriented vision of how integration problems should be addressed; 3. Acquire a practical knowledge of the state-of-the-art integration platforms, based on lab projects; 4. Understand the critical role that integration solutions have in the design and implementation of business processes.*

**3.3.5. Conteúdos programáticos:**

*1. Evolução dos sistemas de informação. 2. Introdução às plataformas de integração. 3. Sistemas de mensagens. 4. Mediadores de mensagens. 5. Adaptadores. 6. Serviços e SOA. 7. Orquestrações de Serviços. 8. Integração interorganizacional. 9. Internet das Coisas.*

**3.3.5. Syllabus:**

*1. Evolution of information systems. 2. Introduction to integration platforms. 3. Messaging systems. 4. Message Mediators. 5. Adapters. 6. Services and SOA. 7. Service Orchestrations. 8. Interorganizational integration. 9. Internet of Things.*

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

*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 3.3.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos, descritos em 3.3.5, programáticos visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

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

*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that that all the points syllabus (point 3.3.5) aim to equip students with the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 3.3.4.*

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

*Exame escrito + projecto de integração.*

**3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):**

*Written examination + integration project.*

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

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

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

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

**3.3.9. Bibliografia principal:**

*Enterprise Integration: Beth Gold-Bernstein, William Ruh 2004 Addison-Wesley - ISBN 978-0321223906*

**Mapa IV - Análítica de Dados para Redes Inteligentes / Data Analytics for Smart Grids****3.3.1. Unidade curricular:**

*Análítica de Dados para Redes Inteligentes / Data Analytics for Smart Grids*

**3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**

*Pedro Manuel Santos de Carvalho (63)*

**3.3.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**

*Esta UC é leccionada apenas por um docente.*

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

*Dotar os alunos da capacidade para conceber e desenvolver soluções de análise de dados capazes de explorar conjuntos de dados de grande dimensão obtidos em múltiplos contextos de operação das redes inteligentes. Compreender a relação entre disponibilidade de dados e a informação extraível desses dados, assim como o impacto dos erros da informação sobre a validade da análise de redes subjacente. Desenvolver capacidade crítica sobre os requisitos de aquisição e armazenamento de dados e perspectivar avanços realistas na operação de redes inteligentes.*

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

*Provide students with the ability to design and develop data-analytics solutions capable of exploring large datasets obtained in multiple intelligent network operation contexts. Understand the relationship between data availability and the extractable information of such data, as well as the impact of information errors on the validity of the underlying network analysis. Develop critical capacity on data acquisition and storage requirements and anticipate realistic advances in the operation of smart grids.*

**3.3.5. Conteúdos programáticos:**

- 1. Redes físicas, sistemas de energia eléctrica e tecnologias operacionais: fiabilidade, trânsito de energia e estimação de estado.*
- 2. Oportunidades no sistema de energia eléctrica das tecnologias de informação (TI): bases de dados de eventos e incidentes, medidas de contadores inteligentes.*
- 3. Interação entre problemas físicos em análise de redes; requisitos e possibilidades das IT.*
- 4. Métodos estatísticos: redução de dimensionalidade; classificação, clustering e regressão; cadeias de Markov.*
- 5. Algoritmos: gestão de activos; redução de dimensionalidade de registos de eventos e incidentes; previsão de*

*incidentes; otimização da eficiência operacional apoiada no trânsito de energia; modelização dinâmica de dados de contadores; supervisão situacional apoiada na estimação de estado; problemas inversos com dados de contadores.*  
**6. Perspectivas sobre futuras aplicações, big data e requisitos de armazenamento.**

### 3.3.5. Syllabus:

*Physical networks, electrical energy systems, and operational technologies: reliability, energy transit, and state estimation.*

**2. Opportunities of the information technologies (IT) in power system: databases of events and incidents, measures of smart meters.**

**3. The interaction between physical problems in network analysis; requirements and possibilities of IT.**

**4. Statistical methods: dimensionality reduction; classification, clustering, and regression; Markov chains.**

**5. Algorithms: asset management; reduction of dimensionality of events and incident records; prediction of incidents; optimization of the operational efficiency supported in the transit of energy; dynamic modeling of meter data; situational supervision based on state estimation; inverse problems with counter data.**

**6. Perspectives on future applications, big data, and storage requirements.**

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

*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 3.3.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos, descritos em 3.3.5, programáticos visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

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

*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the c onclusion that that all the points syllabus (point 3.3.5) aim to equip students with the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 3.3.4.*

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

*Projecto e exame.*

### 3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):

*Project and exam.*

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

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

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

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

### 3.3.9. Bibliografia principal:

- *Smart Grid Handbook: C-C Liu, S. McArthur, S-J Lee, 2016, vol. 2, Wiley.*
- *The Elements of Statistical Learning: T. Hastie, J. Tibshirani and R. Friedman, 2009, Springer.*
- *Data Mining, The Textbook: C. Aggarwal, 2015, Springer.*
- *Big Data over Networks: S. Cui, A. Hero III, J. Moura, 2016, Cambridge University Press.*

## Mapa IV - Computação de Alto Desempenho / High Performance Computing

### 3.3.1. Unidade curricular:

*Computação de Alto Desempenho / High Performance Computing*

### 3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

*Nuno Filipe Valentim Roma (63)*

### 3.3.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

*Pedro Filipe Zeferino Tomás*

**Aleksandar Ilic**

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

*Compreender os princípios de desenvolvimento de programas paralelos escaláveis, de forma a tirar partido das capacidades de computação dos sistemas heterogéneos modernos (ex: APUs, CPU+GPU, CPU+KNL ou CPU+FPGA). Adquirir competências de índole prática na aceleração de aplicações reais em diferentes ambientes paralelos e heterogéneos, com especial ênfase na utilização de modelos de programação e APIs modernos (ex: CUDA e OpenCL), na otimização de aplicações, e no escalonamento e distribuição do trabalho pelos diversos elementos de computação. Familiarizar com as tendências mais recentes de computação paralela, com tecnologias emergentes de memória, e com técnicas avançadas para a gestão eficiente, o processamento e a análise de aplicações que operam sobre grandes volumes de dados.*

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

*To understand the principles of scalable parallel programs and take advantage of computing capabilities of modern heterogeneous systems (e.g. APUs, CPU + GPU, CPU + KNL or CPU + FPGA). Acquire practical skills in accelerating real applications in different parallel and heterogeneous environments, with particular emphasis on the use of modern programming models and APIs (eg CUDA and OpenCL), application optimisation, and scaling and distribution of work by computational elements. Familiarize with the latest trends in parallel computing, with emerging memory technologies, and advanced techniques for the efficient management, processing, and analysis of applications that operate on large volumes of data.*

**3.3.5. Conteúdos programáticos:**

- 1. Análise, caracterização e modelação do desempenho: métricas, modelos de desempenho e de consumo energético.*
- 2. Hierarquia de memória, modelos de consistência e de memória transacional.*
- 3. Técnicas para otimização numa unidade central de processamento com múltiplos cores: a) Identificação e extracção de paralelismo. b) Exploração de instruções vectoriais. c) Otimização da hierarquia de memória. d) Técnicas para processamento de grandes volumes de dados.*
- 4. Arquitecturas de processamento massivo: Modelos de computação e de memória, Programação de sistemas de processamento massivo, aplicações em diferentes aceleradores e coprocessadores (GPU e KNL).*
- 5. Técnicas para sistemas de processamento heterogéneos: Distribuição e balanceamento do trabalho; Cooperação entre elementos de processamento; Contenção e interferência de aplicações.*
- 6. Técnicas para otimização do desempenho, consumo de potência e energia de aplicações de computação intensiva.*

**3.3.5. Syllabus:**

- 1. Analysis, characterization, and modeling of the application performance.*
- 2. Memory hierarchy, consistency models, and transactional memory.*
- 3. Techniques for optimising performance in a central parallel processing unit: a) Identification and extraction. b) Exploration of vector instructions. c) Optimization at the level of the memory hierarchy. d) Techniques for processing large volumes of data.*
- 4. Introduction to mass-processing architectures: Computing and memory models, Programming of massive processing systems, techniques for different accelerators and coprocessors, e.g., GPU and KNL.*
- 5. Techniques for exploiting heterogeneous processing systems: a) Distribution and balancing. b) Cooperation between processing elements. c) Containment and interference of applications in heterogeneous systems.*
- 6. Techniques for optimization of power consumption and energy in compute-intensive applications with large data volumes.*

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

*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 3.3.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos, descritos em 3.3.5, programáticos visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

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

*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the c onclusion that that all the points syllabus (point 3.3.5) aim to equip students with the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 3.3.4.*

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

*Projecto e Exame*

**3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):**

*Project and Exam.*

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

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

**3.3.9. Bibliografia principal:**

- *Programming Massively Parallel Processors: A Hands-on Approach: D. Kirk and W. Hwu, 2016, Morgan Kauffmann.*
- *Heterogeneous Computing with OpenCL 2.0: D. Kaeli, P. Mistry, D. Schaa, D. Zhang, 2015, Elsevier.*
- *The CUDA Handbook: A Comprehensive Guide to GPU Programming: N. Wilt, 2013, Addison-Wesley*
- *High Performance Heterogeneous Computing: J. Dongarra and A. Lastovetsky, 2009, Wiley.*

#### Mapa IV - Computação Inteligente / Intelligent Computation

**3.3.1. Unidade curricular:**

*Computação Inteligente / Intelligent Computation*

**3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**

*Nuno Cavaco Gomes Horta (63)*

**3.3.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**

*João Paulo Carvalho (0),*

*Rui Neves (0)*

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

*Os métodos heurísticos de procura e optimização são utilizados na solução de problemas complexos num amplo conjunto de aplicações (bioinformática, microelectrónica, energia, finanças, etc.), sempre que a formulação analítica não é possível ou é extremamente complexa. Os métodos heurísticos permitem de uma forma eficiente e prática aproximar soluções óptimas, apresentando mecanismos para evitar mínimos locais. A maioria destes métodos tem a vantagem de permitir um elevado grau de paralelização, com ganhos de eficiência bastante significativos na abordagem de problemas de larga escala. Esta UC aborda técnicas de computação inteligente, com ênfase nos métodos de procura e optimização para problemas complexos em espaços de elevada dimensão e problemas multi-objectivo. São ainda discutidas metodologias de validação e comparação das diferentes técnicas estudadas, bem como a sua implementação eficiente no tratamento de problemas com grande volume de dados.*

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

*Heuristic search and optimization methods are used to solve complex problems in a wide range of applications (bioinformatics, microelectronics, energy, finance, etc.) whenever the analytical formulation is not possible or extremely complex. Heuristic methods allow an efficient and practical approach to obtaining approximate solutions, presenting mechanisms to avoid local minima. Most of these methods have the advantage of allowing a high degree of parallelization, with significant efficiency gains in approaching large-scale problems. This course addresses intelligent computing techniques, with an emphasis on search and optimization methods for complex problems in high-dimensional spaces and multi-objective problems. Also discussed are methodologies for validation and comparison of the different techniques studied, as well as their efficient implementation in the treatment of problems with large data volumes.*

**3.3.5. Conteúdos programáticos:**

- 1. Introdução e conceitos fundamentais da Computação Inteligente.*
- 2. Formulação dos problemas: análise de complexidade; tipos de objetivos (simples, múltiplos, funções objetivo variáveis no tempo e espaço).*
- 3. Métodos heurísticos para procura e optimização (GA, AC, SA, PSO, TS, DE, etc.).*
- 4. Optimização multi-objectivo (NSGA-II, MOGA, MOPSO, MOSA, etc.).*
- 5. Optimização multi-objectivo com restrições.*
- 6. Metodologias de comparação de algoritmos (BP, CDF, etc.).*
- 7. Computação inteligente de elevado desempenho: paralelização e Cloud Computing.*

## 8. Aplicações a diferentes domínios.

### 3.3.5. Syllabus:

1. *Introduction and fundamental concepts of Intelligent Computing.*
2. *Problem formulation: complexity analysis; types of objectives (simple, multiple, variable objective functions in time and space).*
3. *Heuristic methods for search and optimization (GA, AC, SA, PSO, TS, DE, etc.).*
4. *Multi-objective optimization methods (NSGA-II, MOGA, MOPSO, MOSA, etc.).*
5. *Multi-objective optimization with constraints.*
6. *Methodologies for the comparison of algorithms (BP, CDF, etc.).*
7. *High-performance intelligent computing: parallelization and cloud computing.*
8. *Applications to different domains.*

3.3.6. **Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 3.3.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos, descritos em 3.3.5, programáticos visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

3.3.6. **Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**  
*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that that all the points syllabus (point 3.3.5) aim to equip students with the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 3.3.4.*

3.3.7. **Metodologias de ensino (avaliação incluída):**  
*Projecto + Exame.*

3.3.7. **Teaching methodologies (including assessment):**  
*Project + Exam.*

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

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

3.3.9. **Bibliografia principal:**  
*Multiobjective Optimization: Interactive and Evolutionary Approaches: J. Branke, K. Deb, K. Miettinen, and R. Słowiński, 2008, Springer.*

*Fundamentals of Computational Intelligence: Neural Networks, Fuzzy Systems, and Evolutionary Computation: J. Keller, D. Liu, and D. Fogel, 2016, Wiley.*

## Mapa IV - Comunicação de Audio e Video / Audio and Video Communications

3.3.1. **Unidade curricular:**  
*Comunicação de Audio e Video / Audio and Video Communications*

3.3.2. **Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**  
*Fernando Manuel Bernardo Pereira (63)*

3.3.3. **Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**  
*Esta UC não tem outros docentes.*

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

*Estudo dos principais sistemas de comunicação de áudio e vídeo com particular incidência nos métodos de codificação usados nos serviços mais relevantes tais como videotelefonia, videoconferência, gravação de vídeo e televisão digital*

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

*Study of the major audiovisual communication systems with special emphasis on the coding methods for the most relevant services such as videotelephony, videoconference, video storage and digital television.*

**3.3.5. Conteúdos programáticos:**

*Considerações gerais sobre comunicações de áudio e vídeo. Os sistemas auditivo e visual humanos. Importância da análise subjectiva para a avaliação final da qualidade de áudio e vídeo. TV analógica monocromática e policromática. Digitalização de áudio e vídeo. Conceitos básicos associados à representação digital de áudio e vídeo. Redundância e irrelevância. Telecópia - Codificação de imagens bi-nível. As normas de telecópia -grupos 3 e 4. Imagem fotográfica a cores - Codificação de imagens fotográficas digitais. A norma ISO/JPEG para a codificação de imagem fotográfica multi-nível ou a cores.*

**3.3.5. Syllabus:**

*General considerations on audiovisual communications. The human visual and auditory systems. Importance of subjective testing for the final evaluation of audiovisual quality. Black and white and color analogue TV. Audio and video digitalization. Basic concepts related to the digital representation of audio and video. Redundancy and irrelevancy. Facsimile. Coding of bi-level images. Facsimile standards – groups 3 and 4. Coding of still picture. JPEG standard. Videotelephony and videoconferencing systems. Coding of moving images. ITU-T H.261 and H.263 standards.*

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

*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 3.3.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos, descritos em 3.3.5, programáticos visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

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

*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that that all the points syllabus (point 3.3.5) aim to equip students with the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 3.3.4.*

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

*A avaliação poderá ser feita segundo dois modos: 1) apenas exame final 2) exame final e trabalho de pesquisa • A nota mínima do exame é, para ambos os modos, de 9,5 valores. • Os alunos que desejarem seguir o modo 2), deverão indicá-lo na primeira semana de aulas. • Para o modo 2), ter-se-á: - os trabalhos de pesquisa serão realizados em grupos de 2 alunos; - o peso do trabalho de pesquisa será de 50 %; - o trabalho de pesquisa não tem nota mínima;*

**3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):**

*The assessment can be done in two modes: 1) only final exam 2) final exam and research work. The minimum grade of the exam is, for both modes, 9.5 values. Students who wish to follow mode 2) must indicate it in the first week of classes. For mode 2), the research work will be carried out in groups of 2 students, the weight of the research work will be 50%, and the research work has no minimum grade.*

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

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

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

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

**3.3.9. Bibliografia principal:**

*Digital Pictures – Representation, Compression and Standards: A.Netravali, B.Haskell 1995 Plenum Press  
Multimedia Systems, Standards, and Networks: A. Puri & T. Chen 2000 Marcel Dekker, Inc.,  
MPEG Video Compression Standard: J.Mitchell, W. Pennebaker, C. Fogg, D. LeGall 1996 Chapman & Hall*

**Videoconferencing and Videotelephony** : R. Schaphorst 1996 Artech House  
**JPEG: Still Image Data Compression Standard**: W. Pennebaker, J. Mitchell 1993 Kluwer Academic Publishers  
**Fax - Digital Facsimile Technology & Applications** : K.McConnel, D.Bodson, R.Schaphorst 1992 Artech House  
**Broadcast Television Fundamentals**: M.Tancock, 1991 Pentech Press  
**Digital Pictures – Representation, Compression and Standards**: A.Netravali, B.Haskell 1995 Plenum Press

#### Mapa IV - Criptografia e Segurança das Comunicações / Cryptography and Communications Security

##### 3.3.1. Unidade curricular:

*Criptografia e Segurança das Comunicações / Cryptography and Communications Security*

##### 3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

*Carlos Nuno da Cruz Ribeiro (63)*

##### 3.3.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

*Esta UC é leccionada apenas por um docente.*

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

*A disciplina tem por objectivos os seguintes itens operacionais: 1. Obtencao dos fundamentos de primitivas e servicos criptograficos. Experiencia nos algoritmos de cifra mais usados. 2. Conhecimento da estrutura e principais mecanismos de defesa contra programas maliciosos. 3. Aquisicao de conhecimentos sobre seguranca em redes de computadores.*

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

*Two course addresses three operational items: 1. Aquisition of primitives and cryptographic service fundamentals. Experimentation on most widely-used ciphers. 2. Knowledge on the structure and mais defense mechanisms against malicious programs. 3. Knowledge aquisition about computer network security.*

##### 3.3.5. Conteúdos programáticos:

*1.Cifras1.1Definicoes basicas.1.2Bases matematicas: teoria de numeros, algebra abstracta e curvas elipticas.1.3Cifra simetrica por blocos AES. Cifras por fluxo de chaves LFSR e RC4. Cifra assimetricas: acordo de chaves Diffie-Hellman, cifra RSA e criptosistema ECMV.1.4 Integridade: funcao de dispersao SHA, ataque por data de nascimento, assinaturas digitais.1.5Autenticacao: por senha e por desafio, certificados X509, protocolos de conhecimento nulo.2Programas maliciosos 21Introducao ao Assembly 86.2.2Arquitectura e codigo de um virus em MS-DOS.2.3 Ataque por transbordo de memoria.2.4Negacao de servico e deteccao de intrusoes.2.5 Ferramentas AV e AS, Firewalls.3.Seguranca em protocolos de comunicacoes 3.1Seguranca na camada de aplicacao-protocolo SSH. 3.2Seguranca na camada de transporte-protocolo TLS. 3.3Seguranca na camada de ligacao-protocolo IPsec. 3.4Determinacao de seguranca por verificacao de modelos Promela. Identificacao da falha de seguranca no protocolo Needham-Schroeder.*

##### 3.3.5. Syllabus:

*1. Cryptography 1.1 Basic definitions. 1.2 Mathematic basis review: number theory, abstract algebra and elliptic curves. 1.3 Block symmetric cipher AES. Keystream ciphers LFSR and RC4. Asymmetric ciphers: Diffie-Hellman key agreement, RSA and ECMV cryptosystem. 1.4 Integrity: SHA hash function, birthday attack, digital signature. 1.5 Authentication: by password and by challenge, X509 certificates, zero knowledge protocols. 2. Malicious Programs 2.1 Assembly 86 introduction. 2.2 MS-DOS virus architecture and code. 2.3 Buffer overflow attack. 2.4 Service denial and intrusion detection. 2.5 AV and AS tools, Firewalls. 3. Security at communication protocols 3.1 Security at application layer-SSH protocol. 3.2 Security at transport layer-TLS protocol. 3.3 Security at link layer-IPsec protocols. 3.4 Security determination with Promela model checker. Identification at security flaws in Needham-Schroeder protocol.*

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

*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 3.3.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos, descritos em 3.3.5, programáticos visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

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

*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that that all the points syllabus (point 3.3.5) aim to equip students with the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 3.3.4.*

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

**[5 valores] 5 de 6 Laboratórios**  
**[5 valores] Projeto+Seminário**  
**[10 valores] Um exame.**

**3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):**

**[5 points] 5 of 6 Labs**  
**[5 points] Projet+Seminar**  
**[10 points] Exame.**

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

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

**3.3.9. Bibliografia principal:**

*Cryptography and Network Security: William Stallings 5th edition; Prentice-Hall*

**Mapa IV - Detecção Remota / Remote Sensing**

**3.3.1. Unidade curricular:**

*Detecção Remota / Remote Sensing*

**3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**

*Pedro Miguel Berardo Duarte Pina (63)*

**3.3.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**

*Esta UC é leccionada apenas por um docente.*

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

*Dotar os alunos da capacidade de manipular imagens digitais de detecção remota de variadas características de superfícies planetárias. O aluno deverá ser capaz de através de várias etapas de processamento e análise de imagem de detecção remota proceder à identificação e classificação dos itens presentes.*

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

*Provide students with the ability to manipulate digital images of remote sensing of different characteristics of planetary surfaces. Students should be able to, through various stages of image processing and analysis of remote sensing, proceed to the identification and classification of items of interest in an image.*

**3.3.5. Conteúdos programáticos:**

*Fundamentos de detecção remota e sua perspectiva histórica. Radiação electromagnética. Espectro electromagnético Interacções com a atmosfera e com a superfície terrestre. Comportamento espectral da água, dos solos, das rochas, da vegetação e de outras coberturas. Sensores passivos e activos. Características das imagens digitais. Resoluções espacial, espectral, radiométrica e temporal. Tipos de plataformas e de sensores e suas características. Sensores multiespectrais e hiperespectrais. Sensores térmicos. Sensores e imagens radar. Imagens radar de abertura sintética (SAR) e técnicas de processamento. Correções geométricas e georreferenciação. Técnicas de pré-processamento de imagem. Segmentação de imagens e definição de objecto. Tipos de descritores e sua extracção. Métodos de classificação supervisionada e não supervisionada. Aplicações e casos de estudo.*

**3.3.5. Syllabus:**

*Basics of remote sensing. Electromagnetic radiation. Electromagnetic spectrum. Interactions with the atmosphere and the Earth surface. Spectral reflectance of water, soil, rocks, vegetation and other covers. Passive and active sensors. Characteristics of digital images. Spatial, spectral, radiometric and temporal resolutions. Types of platforms and sensors and their characteristics. Multi and hyperspectral sensors. Thermal sensors. Radar sensors and images.*

**Synthetic Aperture Radar (SAR) and processing techniques. Geometrical corrections and georeferencing. Image pre-processing techniques. Image segmentation and object definition. Types of features and its extraction. Methods of supervised and non-supervised classification. Applications areas and case studies.**

**3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular: *Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 3.3.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos, descritos em 3.3.5, programáticos visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.***

**3.3.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes: *Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that that all the points syllabus (point 3.3.5) aim to equip students with the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 3.3.4.***

**3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída): *Discussão de relatório elaborado pelo aluno sobre um caso de estudo.***

**3.3.7. Teaching methodologies (including assessment): *Discussion and detailed report on a case study.***

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

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

**3.3.9. Bibliografia principal:**

- *Remote Sensing and Image Interpretation: Thomas M. Lillesand, Ralph W. Kiefer, Jonathan Chipman 2008 (6th edition)Wiley.*
- *Image Analysis, Classification and Change Detection in Remote Sensing: Morton J. Canty 2010 (2nd edition) CRC Press.*
- *Object-Based Image Analysis: Spatial Concepts for Knowledge-Driven Remote Sensing Applications: Thomas Blaschke, Stefan Lang, Geoffrey Hay, 2008, Springer.*

#### **Mapa IV - Estatística Computacional / Computational Statistics**

**3.3.1. Unidade curricular: *Estatística Computacional / Computational Statistics***

**3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular: *Isabel Maria Alves Rodrigues (56)***

**3.3.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**  
*Maria da Conceição Esperança Amado (0)*  
*Maria do Rosário de Oliveira Silva (0)*

**3.3.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes): *Compreender e ser capaz de aplicar pelo menos quatro dos seguintes métodos estatísticos que necessitam do uso intensivo do computador: algoritmos do tipo Newton-Raphson, Monte Carlo, algoritmo EM, reamostragem e MCMC***

**3.3.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students): *To understand and apply computational intensive statistical techniques in applied contexts, with emphasis on sampling and statistical inference for large and complex datasets.***

*The student should develop the ability to correctly apply: multiple hypothesis tests, Monte Carlo methods via Markov chains, resampling methods, parametric and non-parametric estimation of covariance matrices and their application in principal component analysis and outlier detection.*

### 3.3.5. Conteúdos programáticos:

*Métodos de otimização em estatística: algoritmos de gradiente, Newton-Raphson e variantes. Método de Monte Carlo: revisão sobre geração de números aleatórios, inferência estatística, delineamento de estudos de simulação, técnicas de redução da variância. Método EM. Métodos de reamostragem: validação cruzada; jackknife, correcção de enviesamentos, jackknife generalizado; Bootstrap, Bootstrap ideal, Bootstrap por Monte Carlo. Métodos de Monte Carlo baseados em Cadeias de Markov (MCMC): algoritmos Gibbs e Metropolis-Hastings. Aplicações.*

### 3.3.5. Syllabus:

1. *Sampling and experimental design (extraction of representative samples from large and complex datasets).*
2. *Statistical inference methods (maximum likelihood, multiple hypothesis testing, false discovery rate).*
3. *Bayesian methods (Monte Carlo methods via Markov chains, prediction, diagnostic techniques).*
4. *Resampling methods (bootstrap and Jackknife, permutation tests).*
5. *Covariance and correlation matrix estimation. Principal component analysis (parametric and non-parametric estimation, robustness, sparse and nonlinear principal components, detection of outliers).*

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

*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 3.3.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos, descritos em 3.3.5, programáticos visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

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

*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that that all the points syllabus (point 3.3.5) aim to equip students with the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 3.3.4.*

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

**METODOLOGIAS DE ENSINO: Projectos computacionais.**

**AVALIAÇÃO Exame e Trabalhos.** A nota final é a média ponderada das notas dos trabalhos (60%) e do exame (40%). A nota de trabalho é a média aritmética simples dos 3 trabalhos (1 para cada parte do programa). A nota do exame não pode ser inferior a 7.

### 3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):

**TEACHING METHODOLOGIES: Computational projects.**

**Assessment: Exam and projects.** The final grade is the weighted average of the project grade (60%) and the exam (40%). The project grade is the arithmetic mean of the 3 projects. The exam grade cannot be less than 7.

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

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

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

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

### 3.3.9. Bibliografia principal:

- *Davison, A.C. and Hinkley, D.V. (1997). Bootstrap Methods and Their Application. Cambridge University Press.*
- *Gamerman, D. (1997). Markov Chain Monte Carlo: Stochastic Simulation for Bayesian Inference. CRC Press.*
- *Gentle, J.E. (1998). Random Number Generation and Monte Carlo Methods. Springer-Verlag.*
- *Nocedal, J. and Wright, S.J. (1999). Numerical Optimization. Springer-Verlag.*
- *Paulino, C.D., Turkman, M.A.A. e Murteira, B. (2003). Estatística Bayesiana. Fundação Calouste Gulbenkian.*
- *Tanner, M.A. (1996). Tools for Statistical Inference. 3rd. ed., Springer.*
- *Efron, B. (1982). The jackknife, the bootstrap, and other resampling plans. SIAM.*

- *Gilks, W.R., Richardson, S. and Spiegelhalter, D.J. (1996). Markov Chain Monte Carlo in Practice. Chapman and Hall.*
- *McLachlan, G.J. and Krishnan, T. (1996). The EM Algorithm and Extensions. Wiley.*
- *Ripley, B.D. and Venables, W.N. (1999). Modern Applied Statistics with S-plus. Springer-Verlag*

#### Mapa IV - Geostatística / Geostatistics

##### 3.3.1. Unidade curricular:

*Geostatística / Geostatistics*

##### 3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

*Amílcar de Oliveira Soares (70)*

##### 3.3.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

*Maria João Correia Colunas Pereira (0)*

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

*Com esta disciplina o aluno terá capacidade para caracterizar a dispersão espacial e a incerteza de grandezas físicas e químicas ligadas aos recursos minerais e/ou petróleoos*

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

*With this course the student will be able to characterize the spatial dispersion and uncertainty of internal properties of mineral resources and oil resources.*

##### 3.3.5. Conteúdos programáticos:

*Modelos de Recursos Naturais no Quadro do Formalismo Probabilístico. Modelos Geoestatísticos. Análise do padrão de Continuidade Espacial de Recursos Naturais: Variograma e Covariância Espacial. Estimção Geoestatística. Modelo Probabilístico do Estimador Linear Geoestatístico. Krigagem da Média em Áreas Locais. Krigagem Simples. Prática de Krigagem. Aplicações da Geoestatística às ciências da Terra. Classificação de Reservas. Método SPE. Estimção de recursos. Funções de Densidade de Probabilidade para : “Gross Rock Volumes”, Porosidade, ratio “Net to Gross”/G ratio, saturação em óleo, factores “oil/gas formation volume”, “oil-in-place” ou volume de poros, factores de recuperação. Operadores de funções de distribuição de probabilidades. Acesso à incerteza. Simulação e Métodos de re-amostragem (Monte Carlo, Latin Hypercube). Análise de risco. Avaliação de Prospectos.*

##### 3.3.5. Syllabus:

*Natural Resources Models in the Framework of Probabilistic Formalism. Geostatistical models. Analysis of spatial continuity pattern of Natural Resources: Variogram and Spatial Covariance. Geostatistical Estimation. Geostatistical Linear Estimator Probabilistic Model. Kriging of Mean in Local Areas. Simple Kriging. Practice of Kriging. Application of Geostatistics to Earth sciences. Classification of Reserves. SPE method. Estimation of resources. Probability Density Functions for: Gross Rock Volumes, Porosity, Net to Gross / G ratio, oil saturation, oil/gas formation volume factors, oil-in-place or pore volume, recovery factors. Probability distribution functions operators. Access to the uncertainty. Simulation and re-sampling methods (Monte Carlo, Latin Hypercube). Risk analysis. Evaluation of Prospects.*

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

*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 3.3.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos, descritos em 3.3.5, programáticos visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

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

*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that that all the points syllabus (point 3.3.5) aim to equip students with the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 3.3.4.*

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

*Exame + projecto*

##### 3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):

**Exam + project**

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

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

**3.3.9. Bibliografia principal:**

*Geostatística para as Ciências da Terra e do Ambiente: Amilcar Soares 2006 IST Press*

*An Introduction to Applied Geostatistics: The Petroleum Society of the Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum 1994 Petroleum Society Monograph Number 1*

**Mapa IV - Problemas Inversos em Equações Diferenciais e Imagiologia Médica/**

**3.3.1. Unidade curricular:**

*Problemas Inversos em Equações Diferenciais e Imagiologia Médica/*

**3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**

*Carlos José Santos Alves (56)*

**3.3.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**

*Ana Leonor Mestre Vicente Silvestre (0)*

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

*Conceitos e técnicas matemáticas para o tratamento de problemas inversos em equações diferenciais da física-matemática e em aplicações em engenharia - em particular imagiologia biomédica.*

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

*To learn concepts and mathematical techniques for inverse problems arising in engineering with an emphasis on biomedical imaging.*

**3.3.5. Conteúdos programáticos:**

*Problemas Inversos em Equações Diferenciais - Aplicações. Distribuições e Filtros. Métodos de Optimização.*

*Problemas mal postos. Esquemas de Regularização. Tomografia de Raio-X. Transformação de Radon. Problemas inversos em Teoria do Potencial. Problemas inversos em Difraccção de Ondas. Transformação Dirichlet-Neumann.*

*Funcional de reciprocidade de Caldéron. Operador Amplitude Limite. Aproximação de Born. Derivação de Fréchet em Domínios e método de Newton-Kantorovich.*

**3.3.5. Syllabus:**

*Inverse Problems in Differential Equations and its applications. Distributions and Filters. Optimization Methods. Ill posed problems. Regularization schemes. X-Ray and Radon Transform. Inverse problems in Potential and Scattering Theory. Dirichlet-Neumann Functional. Reciprocity (Caldéron) functional. Far field Operator. Born approximation. Domain Fréchet derivative and Newton-Kantorovich method.*

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

*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 3.3.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos, descritos em 3.3.5, programáticos visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

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

*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that that all the points syllabus (point 3.3.5) aim to equip students with the required knowledge and skills to reach the learning outcomes*

*described in point 3.3.4.*

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

*Trabalhos computacionais e exame final*

**3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):**

*Computational projects and final exam*

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

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

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

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

**3.3.9. Bibliografia principal:**

- *Inverse Problems for Partial Differential equations: V. Isakov, 1998, Springer-Verlag.*
- *Inverse acoustic and electromagnetic scattering theory: D. Colton, R. Kress, 1998, Springer-Verlag.*
- *Inverse Problem Theory and Methods for Model Parameter Estimation: A. Tarantola, 2004, SIAM.*
- *An introduction to the mathematical theory of Inverse Problems: A. Kirsch, 1996, Springer-Verlag.*
- *Point-sources and Multipoles in Inverse Scattering: R. Potthast, 2001, Chapman & Hall.*

**Mapa IV - Introdução à Matemática Financeira / Introduction to Mathematical Finance**

**3.3.1. Unidade curricular:**

*Introdução à Matemática Financeira / Introduction to Mathematical Finance*

**3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**

*Cláudia Rita Ribeiro Coelho Nunes Philippart (56)*

**3.3.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**

*António Manuel Pacheco Pires (0)*

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

*O estudo de conceitos básicos de matemática financeira e de processos estocásticos associados.*

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

*The study of mathematical finance problems and associated stochastic processes.*

**3.3.5. Conteúdos programáticos:**

*1. Conceitos preliminares a. Conceitos básicos de finanças (taxas de juro, obrigações, acções, dividendos); b. Produtos derivados: futuros, opções swaps; c. Arbitragem: avaliação de futuros, paridade de call-put, futuros de taxa de juro; d. Hedging. 2. Modelos discretos a. Modelo binomial: avaliação por arbitragem/valor esperado b. Árvore binomial e avaliação por arbitragem; c. Modelo trinomial: mercados incompletos; 3. Modelos contínuos a. Processos estocásticos contínuos; b. Movimento Browniano e modelo Log-Browniano; c. Integral de Itô; d. Soluções explícitas de Equações Diferenciais Estocásticas; e. Cálculo de Itô; f. Teorema de Girsanov; g. Estratégias de Hedging; h. Modelo de Black-Scholes. 4. Outros tópicos complementares a. Modelos de Taxa de Juro (modelo de Heath-Jarrow-Morton) b. Produtos dependentes de taxa de câmbio, quantos; c. Modelos de risco de crédito.*

**3.3.5. Syllabus:**

*1. Preliminary concepts a. Basic definitions of finance (return rates, bonds, stocks, payoffs) b. Derivatives: futures, options, swaps; c. Arbitrage: futures evaluation, call-put parity, interest rate futures; d. Hedging. 2. Discrete Models a. Binomial model: arbitrage and expectation pricing; b. Binomial tree model; c. Trinomial model: incomplet markets. 3. Continuous Models a. Stochastic process; b. Brownian motion and Log-Brownian model; c. Itô's integral; d. Explicit*

*solutions of stochastic differential equations; e. Itô's calculus; f. Girsanov's theorem; g. Hedging strategies; h. Black-Scholes model. 4. Other topics a. Interest rate derivatives (Heath-Jarrow-Morton model) b. Foreign currency interest rate models, quantos; c. Credit models.*

**3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 3.3.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos, descritos em 3.3.5, programáticos visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

**3.3.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**  
*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that that all the points syllabus (point 3.3.5) aim to equip students with the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 3.3.4.*

**3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**  
*Avaliação contínua e/ou exame final.*

**3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):**  
*Continuous assessment and/or final exam.*

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

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

**3.3.9. Bibliografia principal:**  
•*Financial Calculus : An Introduction to Derivative: M. Baxter and A. Rennie 1996 Cambridge University Press, Cambridge*  
*Options, Futures and Other Derivatives: J. Hull 2008 Prentice Hall, New York*

#### Mapa IV - Processamento e Recuperação de Informação / Information Processing and Retrieval

**3.3.1. Unidade curricular:**  
*Processamento e Recuperação de Informação / Information Processing and Retrieval*

**3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**  
*Bruno Emanuel da Graça Martins (63)*

**3.3.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**  
*Pável Pereira Calado (0)*

**3.3.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**  
*Proporcionar uma introdução completa e atualizada aos conceitos-chave,tecnologias,e mecanismos de processamento de dados utilizados nas áreas da Recuperação de Informação (inf),Filtragem de Inf.,e Extração de Inf.Os alunos aprenderão os conceitos teóricos fundamentais nestas áreas, adquirindo as competências teóricas e práticas necessárias para:1Projetar soluções modernas para o processamento,gestão e interrogação de grandes volumes de inf.não estruturada ou semi-estruturada;2Classificar e agrupar automaticamente conjuntos de recursos (e.g.,grandes conjuntos de documentos de texto)através de características descritivas;3Conceber sistemas para a recuperação e filtragem da inf.relevante existem em grandes coleções,com base em termos chave,com base em exemplos, ou com base em perfis dos utilizadores; 4Conceber sistemas para a extração de inf.desde documentos de texto, ou desde a Web5Avaliar comparativamente diferentes sistemas para a extração,filtragem e recuperação de inf. relevante.*

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

*technologies used for data processing in the areas of Information Retrieval (IR), Information filtering (IF) and Information Extraction (IE). Students of this course will learn the basic theoretical concepts and acquire the practical skills needed to: 1. Design modern solution for processing, managing and querying large volumes of information; 2. Classify and group automatically sets of resources (e.g. large sets of textual documents); 3. Design search and filtering mechanisms for large collections; 4. Design systems to extract information from text and/or the Web; 5. Evaluate empirically such systems.*

### 3.3.5. Conteúdos programáticos:

1. *Introdução.*
2. *Modelos para dados não estruturados: modelos booleanos; ponderação de termos e o modelo do espaço vectorial; redução de dimensionalidade; modelos probabilísticos e modelos de linguagem*
3. *Processamento de texto: classificação e agrupamento de documentos*
4. *Métricas de avaliação; coleções de referência; validação cruzada*
5. *Modelos para dados semi-estruturados*
6. *Processamento de informação semi-estruturada e extração de dados da Web*
7. *Análise de hiperligações e recuperação de informação na Web*
8. *Indexação e consulta de informação não estruturada*
9. *Pesquisa por itens similares e pesquisa por similaridade em dados multi-dimensionais*
10. *Sistemas de recomendação*
11. *Técnicas de processamento*
12. *Aplicações*

### 3.3.5. Syllabus:

1. *Introduction.*
2. *Models for unstructured data: Boolean models; term weighting and the vector space model; dimensionality reduction; probabilistic models, and language models*
3. *Text processing: sorting and grouping of documents*
4. *Evaluation metrics; reference collections; cross-validation*
5. *Models for semi-structured data*
6. *Semi-structured information processing and web data extraction*
7. *Analysis of hyperlinks and information retrieval on the Web*
8. *Indexing and Querying Unstructured Information*
9. *Search for similar items and search for similarity in multi-dimensional data*
10. *Recommendation systems*
11. *Processing techniques*
12. *Applications*

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

*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 3.3.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos, descritos em 3.3.5, programáticos visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

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

*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that that all the points syllabus (point 3.3.5) aim to equip students with the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 3.3.4.*

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

*Exame (individual) = 60%; nota mínima = 9.5*  
*Projeto(s) (grupo) = 40%; nota mínima = 9.5*

### 3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):

*Final exam (individual) = 60%; minimum grade = 9.5*  
*Project(s) (group) = 40%; minimum grade = 9.5*

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

*A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objectivos como*

*auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.*

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

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

**3.3.9. Bibliografia principal:**

- *Modern Information Retrieval, the concepts and technology behind search - 2nd edition: Ricardo Baeza-Yates and Berthier Ribeiro-Neto 2011 Addison-Wesley Professional*
- *Web Data Mining: Exploring Hyperlinks, Contents and Usage Data - 2nd edition : Bing Liu 2011Springer*
- *Introduction to Information Retrieval: Christopher D. Manning, Prabhakar Raghavan and Hinrich Schütze 2008 Cambridge University Press*
- *Mining of Massive Datasets: Anand Rajaraman, Jure Leskovec and Jeffrey D. Ullman 2013Cambridge University Press*
- *Managing Gigabytes: Compressing and Indexing Documents and Images - 2nd edition : Ian H. Witten, Alistair Moffat, Timothy C. Bell 2000 Morgan Kaufmann*
- *The Fourth Paradigm: Data-Intensive Scientific Discovery: Tony Hey, Stewart Tansley, and Kristin Tolle 2009 <http://research.microsoft.com/en-us/collaboration/fourthparadigm/> (FREE PDF)*

**Mapa IV - Redes Complexas / Complex Networks**

**3.3.1. Unidade curricular:**

*Redes Complexas / Complex Networks*

**3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**

*Francisco João Duarte Cordeiro Correia dos Santos (63)*

**3.3.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**

*Alexandre Paulo Lourenço Francisco (0)*

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

*Esta disciplina tem como objecto de estudo as redes complexas, com foco nos algoritmos, modelos e aplicações quer para redes artificiais quer para redes reais, tais como redes sociais, redes de informação, a Internet, e redes biológicas. Os grafos inerentes a estas redes partilham algumas características recorrentes: grande dimensão; esparsos; scale-free; small-world and clustering effect; comunidades; etc. Neste contexto, interessa tanto o desenvolvimento de algoritmos e estruturas de dados escaláveis para que seja possível um análise efectiva destas redes complexas, como a elaboração de modelos teóricos capazes de descrever os padrões encontrados empiricamente. As aplicações são inúmeras, indo desde motores de pesquisa, difusão de informação na internet, nas redes sociais, nos blogs, ao marketing viral, tolerância das redes a eventos destrutivos, fenómenos epidemiológicos em redes, biologia computacional, com ligações às ciências sociais, à física e à economia.*

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

*This course focuses the study of complex networks, including algorithms, models and applications to both artificial and real networks, such as social networks, information networks, the internet and biological networks. The graphs underlying these networks share some prevailing characteristics: massive datasets; mostly sparse; free-scale; small-world and clustering effects; communities; etc. In this context, we are interested in the development of scalable algorithms and data structures so that we are able to effectively study such large networks, but also in the creation of theoretical models capable of describing empirically observed patterns. The number of applications is huge, ranging from web search engines, information diffusion on Internet, social networks and blogs, to viral marketing, network resilience, network-driven phenomena in epidemiology and computer viruses, networks dynamics, with connections in the social sciences, physics, computational biology, and economics.*

**3.3.5. Conteúdos programáticos:**

*Introdução ao estudo de redes e sistemas complexos. Teoria e conceitos básicos. Redes de grande dimensão e propriedades. Caracterização de redes complexas: redes biológicas, sociais e tecnológicas. Grafos aleatórios. Estruturas de dados sucintas. Desenho e análise de algoritmos escaláveis para a análise de redes de grande dimensão: algoritmos aleatórios, ranking e amostragem. Análise de caminhos aleatórios. Detecção de comunidades e partição de grafos. Renomeação de vértices. Efeitos causados pela estrutura das redes, ligações a eventos económicos, sociais e biológicos. Sistemas dinâmicos em redes. Introdução à descrição de processos estocásticos e simulações multi-agente em larga escala. Propagação de doenças em redes e tolerância a eventos destrutivos. Influência social e*

*modelos de formação de opiniões em redes. Teoria de jogos e dinâmica de populações. Cooperação, dinâmicas de reputações e problemas de bem público. Processos de decisão em redes estáticas e dinâmicas.*

### 3.3.5. Syllabus:

*Introduction to complex systems and network science. Characterization of biological, social and technological networks. Network models and random graphs. Efficient representation of large (sparse) networks. Succinct data-structures. Design of efficient and scalable algorithms for large networks. Sampling and randomization techniques. Databases and distributed platforms for the analysis of large networks. Link analysis and random walks. Community finding and graph partitioning. Ranking algorithms. Vertex relabeling. Dynamical processes on complex networks. The role of network structure on economical, social and biological dynamical systems. Introduction to stochastic processes, Monte-Carlo simulations and large-scale multi-agent simulations. Disease spreading and tolerance to attacks. Models of peer-influence and opinion formation. Game theory and population dynamics. Public goods problems and reputation dynamics. Decision-making on (static and adaptive) networks.*

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

*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 3.3.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos, descritos em 3.3.5, programáticos visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

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

*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that that all the points syllabus (point 3.3.5) aim to equip students with the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 3.3.4.*

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

*Projeto desenvolvido por grupos de 2 a 3 alunos (50%) e exame final (50%)*

### 3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):

*The course includes one project (50%) to be developed by groups of 2 or 3 students, and a final exam (50%).*

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

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

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

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

### 3.3.9. Bibliografia principal:

*Dynamical Processes on Complex Networks: Barrat, M. Barthelemy & A. Vespignani 2008 Cambridge University Press  
Algorithms on strings Trees, and Sequences: Dan Gusfield 1997 Cambridge press*

## Mapa IV - Séries Temporais / Time Series Analysis

### 3.3.1. Unidade curricular:

*Séries Temporais / Time Series Analysis*

### 3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

*Manuel Gonzalez Scotto (63)*

### 3.3.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

*António Pacheco Pires (0)*

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

***Neste curso serão apresentados modelos e técnicas estatísticas usadas no estudo de séries temporais. O objectivo é fornecer aos alunos métodos e ferramentas computacionais necessárias para analisar dados temporais, com particular ênfase em dados relativos à economia e às finanças.***

- 3.3.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):**  
***This course examines models and statistical techniques used to study time series data. The main objective is to equip students with the methods and software tools they need for carrying out state-of-the-art empirical research on time series, with emphasis on applications in economics and finance.***
- 3.3.5. Conteúdos programáticos:**  
***Aspectos básicos dos métodos de análise de dados ao longo do tempo e da frequência. Estimção dos parâmetros, selecção de modelos, diagnóstico, e previsão. Modelos ARMA e ARIMA, sazonais. Metodologia de Box-Jenkins para modelos SARIMA. Análise espectral. Cálculo de previsões para diversos modelos lineares e não-lineares. Modelos ARCH/GARCH. Modelos de risco. Modelos espaciais; Filtro de Kalman. Simulação de Monte Carlo.***
- 3.3.5. Syllabus:**  
***Basics aspects of time-domain and frequency-domain methods, methods for model-based estimation, model selection, diagnostics, forecasting, and computing as they relate to time series analysis. ARMA and seasonal ARIMA models, the Box-Jenkins approach for SARIMA modelling, spectral analysis, computing forecast for a variety of linear methods and models, nonlinear models, ARCH/GARCH models, risk models, state space models and the Kalman Filter, Monte Carlo simulation and other advanced topics if time permitted.***
- 3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
***Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 3.3.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos, descritos em 3.3.5, programáticos visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.***
- 3.3.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**  
***Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that that all the points syllabus (point 3.3.5) aim to equip students with the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 3.3.4.***
- 3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**  
***Exame final ou testes. Projectos com relatório e apresentação oral.***
- 3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):**  
***Final Exam or Tests + Projects with written reports + Oral presentations.***
- 3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
***A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.***
- 3.3.8. Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**  
***The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.***
- 3.3.9. Bibliografia principal:**  
***Statistics and Data Analysis for Financial Engineering: Ruppert D. 2001 Springer, New York***  
***Time Series Analysis and its Applications: with R Examples: Shumway, Robert H., Stoffer, David S. 2011 3rd Edition. Springer, New York***

#### **Mapa IV - Sistemas de Informação e Bases de Dados / Information Systems and Data Bases**

- 3.3.1. Unidade curricular:**  
***Sistemas de Informação e Bases de Dados / Information Systems and Data Bases***

**3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**

*Mário Jorge Costa Gaspar da Silva (63)*

**3.3.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**

*Pável Pereira Calado (0)*

*José Alberto Rodrigues Pereira Sardinha (0)*

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

*A cadeira tem como objectivo ensinar os fundamentos dos Sistema de Informação e Base de Dados, focando-se na prática de concepção, desenho e implementação destes sistemas. Assim, os aluno devem aprender a: Especificar e caracterizar os requisitos de um Sistemas de Informação Desenvolver Sistemas de Informação simples, baseado em ambientes integrados, como o Access ou outro a escolher.*

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

*The goal is to teach knowledge regarding the design and implementation of Information Systems and Data Bases. The courses focus on practical aspects required to develop actual systems based on complete environments such as SQL server. Students should learn how to: Specify and Information Systems Requirements Design and develop simple information systems based on integrated environments.*

**3.3.5. Conteúdos programáticos:**

*Técnicas de modelação de Base de Dados. Desenho de Forms Modelo Relacional. Linguagem SQL. Concorrência e Transacções Arquitectura de Sistemas de Informação Cliente Servidor Desenvolvimento de Sistemas de Informação em ambientes integrados Os alunos deverão ter conhecimentos mínimos de programação. A programação usada será de Forms e SQL, ambas implicando apenas noções elementares de programação.*

*Programa (EN):The program consists of: Data Base modelling techniques. Forms Design Relational Model. SQL Language. Concurrency and Transactions. Client Server IS Architecture. Development of Information Systems in integrated environment*

**3.3.5. Syllabus:**

*The program consists of: Data Base modelling techniques. Forms Design Relational Model. SQL Language. Concurrency and Transactions. Client Server IS Architecture. Development of Information Systems in integrated environments.*

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

*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 3.3.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos, descritos em 3.3.5, programáticos visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

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

*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the c onclusion that that all the points syllabus (point 3.3.5) aim to equip students with the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 3.3.4.*

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

*Exame (60%) + Projecto (40%)*

**3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):**

*Exam (60%) + Project (40%)*

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

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

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

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

**3.3.9. Bibliografia principal:**

- *Database System Concepts: K. Silberchatz and S. Korth, 2005, McGraw Hill.*
- *Database Management Systems : R. Ramakrishnan and J. Gehrke, 2002, McGraw Hill.*
- *Fundamentals of Database Systems: N. Elmasri, 2011, Pearson.*
- *Database Systems: The Complete Book: Garcia-Molina, Ullman, and Widom, 2009, Pearson.*

#### Mapa IV - Sistemas de Medida de Grande Escala / Big Data Measuring Systems

##### 3.3.1. Unidade curricular:

*Sistemas de Medida de Grande Escala / Big Data Measuring Systems*

##### 3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

*Pedro Manuel Brito da Silva Girão (63)*

##### 3.3.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

*Esta UC é leccionada apenas por um docente.*

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

*O objetivo é fornecer uma visão da ligação entre a observação do mundo e a atuação atribuindo a cada objeto, dispositivo ou sistema propriedades que podem ser quantificadas. Este é um dos conceitos subjacentes à Internet das Coisas (IoT), onde toda uma infra-estrutura está estreitamente ligada às tecnologias de informação e comunicação; onde a monitoração e a gestão inteligentes podem ser alcançados através do uso de dispositivos embutidos em rede. Neste sistema dinâmico, os dispositivos são interligados para transmitir informações de medição úteis e instruções de controle através de redes de sensores distribuídos. Este curso proporciona aos alunos a capacidade de interagir com especialistas na concepção e implementação de sistemas que adquiram dados experimentais e de compreender as características dos dados para processá-los utilizando os algoritmos e técnicas mais adequadas e eficientes para obter informação útil.*

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

*The objective is to provide a view of the connection between world observation and action by assigning to each object, device or system properties that can be quantified. This is one of the concepts underlying the Internet of Things (IoT), where an entire infrastructure is closely linked to information and communication technologies; where intelligent monitoring and management can be achieved through the use of embedded devices in a network. In this dynamic system, the devices are interconnected to transmit useful measurement information and control instructions through distributed sensor networks. This course provides students with the ability to interact with specialists in the design and implementation of systems that acquire experimental data and to understand the characteristics of the data to process them using the most appropriate and efficient algorithms and techniques to obtain useful information.*

##### 3.3.5. Conteúdos programáticos:

*(1) Sistemas de medição (sistemas de aquisição de dados/sistemas embutidos): interface com o mundo real: sensores e atuadores; Transdução elétrica; Sinal elétrico - conversão de dados brutos; processamento básico de dados; armazenamento e transmissão de dados. (2) Telemetria. (3) Equipamento e software de fontes de dados experimentais: sensores inteligentes, RFID, sistemas e redes distribuídos com fios e sem fios (redes sem fios de sensores, redes de área do corpo, etc.). (4) Sistemas e computação ubíquos. (5) Exemplos de aplicação: monitorização ambiental, monitoração de saúde, fisioterapia assistida, medição de energia e qualidade de energia, agricultura inteligente, etc..*

##### 3.3.5. Syllabus:

*Measurement systems (data acquisition / embedded systems): real-world interface: sensors and actuators; Electrical conduction; Electrical signal - conversion of raw data; basic data processing; storage and transmission of data. (2) Telemetry. (3) Experimental data source equipment and software: intelligent sensors, RFID, wired and wireless distributed systems and networks (wireless sensor networks, body area networks, etc.). (4) Ubiquitous systems and computing. (5) Examples of application: environmental monitoring, health monitoring, assisted physiotherapy, energy measurement and quality of energy, intelligent agriculture, etc.*

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

*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 3.3.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos, descritos em 3.3.5, programáticos visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

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

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

*syllabus (point 3.3.5) aim to equip students with the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 3.3.4.*

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

*Projecto e Exame.*

**3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):**

*Project and exam*

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

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

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

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

**3.3.9. Bibliografia principal:**

*• Advanced Data Acquisition and Intelligent Data Processing. Applications in Monitoring, Measuring and Diagnostics Systems: V. Haasza and K. Madani, 2014, River Publishers.*

**Mapa IV - Visualização de Informação / Information Visualization**

**3.3.1. Unidade curricular:**

*Visualização de Informação / Information Visualization*

**3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**

*Daniel Jorge Viegas Gonçalves (63)*

**3.3.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**

*Sandra Pereira Gama (0)*

*Joaquim Armando Pires Jorge (0)*

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

*Dar aos alunos os conhecimentos da área de visualização(V) de dados e informação que lhes permitam conceber e executar V de grande impacto como veículo privilegiado para transmitir informação quantitativa e qualitativa. Será introduzida a área de V de Informação após o que será ensinada uma metodologia para a análise de domínio e conceção de V eficazes. Conhecida esta, serão discutidos os vários tipos de variáveis (contínuas, nominais, rácio, etc), dados (tabulares, redes, texto, etc.) e padrões a visualizar. Descrição dos os vários factores fisiológicos e psicológicos (memória, processamento visual, etc) relevantes para a criação de uma boa V. Tipos de V de informação mais comuns e adequados para vários tipos de informação (grafos, séries temporais, etc.) e as técnicas de interação possíveis (focus+context, overview+detail, panning+zoom, brushing). Uma vez introduzida a área, as tarefas nela desempenhadas, e os problemas encontrados, veremos quais as abordagens mais correctas para avaliar aplicações de V de Informação.*

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

*The main goal is to provide students with knowledge in the area of Information Visualization(V), that allows them to design and develop high-impact V of data and information, to effectively transmit qualitative and quantitative data. The area of Information V will be introduced, after which we'll teach a methodology for analyzing problema domains and conceiving effective V. Afterwards, we'll discuss the different kinds of variables (continuous, nominal, ratio, etc.), data (tabular, networks, text, etc.) and patterns to visualize. Next, we'll describe the different relevant physiological and psychological factors (memory, visual processing, etc.) relevant for the creation of good V. We'll study the most common kinds of V adequate for different information types (graphs, time series, etc.) and interaction techniques (focus+context, overview+detail, panning+zoom, brushing, etc). Finally we'll address issues related with the evaluation of the effectiveness of InfoVis applications.*

**3.3.5. Conteúdos programáticos:**

*1. Introdução 2. Metodologia de Desenho 3. Datasets e variáveis 4. Factores Humanos na Visualização de Informação 5.*

**Tipos de Visualização 6. Técnicas de Visualização 7. Visualizações dinâmicas e animações 8. Redução de Itens e Atributos 9. Legibilidade e Fidelidade nas Visualizações 10. Avaliação de Soluções de Visualização de Informação 11. Aplicações**

**3.3.5. Syllabus:**

**1. Introduction 2. Design Methodology 3. Datasets and variables 4. Human Factors in InfoVis 5. Visualization Types 6. Visualization Techniques 7. Dynamic visualizations and animations 8. Item and Attribute reduction 9. Legibility and fidelity of visualizations 10. Evaluation of InfoVis Solutions 11. Applications**

**3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular: *Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 3.3.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos, descritos em 3.3.5, programáticos visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.***

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

***Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that that all the points syllabus (point 3.3.5) aim to equip students with the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 3.3.4.***

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

***Componentes de Avaliação:***

***Exame – 30%***

***Projeto – 70%***

***Nota mínima de 9.5 valores (não arredondados) em cada uma das componentes.***

***Laboratórios: A disciplina possuirá uma componente laboratorial, ao longo da qual irá sendo desenvolvido o projeto, uma visualização de um conjunto de dados que os alunos poderão escolher. No laboratório irão sendo desenvolvidos e apresentados (para receber feedback) as várias etapas de desenho, desde a escolha dos dados a visualizar, à preparação dos dados para a visualização, conceção de esboços/propostas de visualização, protótipos sucessivos e avaliação da solução obtida com utilizadores.***

**3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):**

***Evaluation Components:***

***Exam – 30%***

***Project – 70%***

***Minimum passing grade of 9.5 (non-rounded) in each component.***

***Labs: There will be lab classes during the semester where support for the development of the project will be provided. Additionally, a number of classes will work as project checkpoints that will allow us to give timely feedback on the evolution of the projects.***

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

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

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

**3.3.9. Bibliografia principal:**

***Visualization Design and Analysis: Abstractions, Principles, and Methods: Tamara Munzner 2014 AK Peters - (Draft version: <http://www.cs.ubc.ca/~tmm/courses/533-11/book/>)***

**3.3.1. Unidade curricular:**

*Gestão Logística e de Operações / Logistics Management and Operations*

**3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**

*Ana Paula Ferreira Dias Barbosa Póvoa (63)*

**3.3.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**

*Esta UC é leccionada apenas por um docente.*

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

*As cadeias de abastecimento são sistemas complexos que envolvem múltiplas organizações com objectivos, operações e actividades logísticas diferentes. Um desafio constante destes sistemas é o apoio à tomada de decisão de forma integrada. O objectivo desta unidade curricular é fornecer aos alunos os fundamentos em Gestão de Operações, Logística e Gestão de Cadeias de Abastecimento e com base nestes os alunos sejam capazes de conceptualizar e estruturar os problemas associados. Após a definição e estruturação dos problemas os alunos deverão, com base em métodos analíticos, ser capazes de, implementar os métodos de resolução adequados de forma a conduzir a tomada de decisão e melhorar o desempenho das organizações numa era caracterizada por enormes quantidades de dados.*

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

*Supply chains are complex systems that involve multiple organizations with different objectives, operations and logistics. A constant challenge in these systems is to support decision-making in an integrated way. This curricular unit aims to provide students with the fundamentals of Operations Management, Logistics and Supply Chain Management.*

**3.3.5. Conteúdos programáticos:**

*A Gestão Logística e as Operações. Estratégia operacional. Desenvolvimento e Produto. Projecto e Selecção de Processos. O projecto da cadeia Logística: estratégia logística, gestão de capacidade, produção simplificada, o just-in-time. O processo de planeamento: planeamento agregado, plano director de produção, escalonamento. Gestão de Inventário. Produção Sincronizada e a teoria das restrições. A logística e a Distribuição. A coordenação da cadeia logística.*

**3.3.5. Syllabus:**

*Logistics Management and Operations. Operational Strategy. Product Development. Design and Process Selection. Logistics Chain Design: logistics strategy, capacity management, lean production, just-in-time. The planning process: aggregated plan, master production scheduling, scheduling. Inventory management. Synchronous manufacturing and the theory of constraints. Logistics and Distribution. Logistics Chain Coordination.*

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

*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 3.3.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos, descritos em 3.3.5, programáticos visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

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

*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that that all the points syllabus (point 3.3.5) aim to equip students with the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 3.3.4.*

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

*Projecto e Exame.*

**3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):**

*Project and Exam.*

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

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

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

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

### 3.3.9. Bibliografia principal:

- ***Designing and managing the Supply Chain: Concepts, Strategies and Case Studies: D. Simchi-Levi, P. Kaminsky, E. Simchi-Levi, McGrawHill, 2007.***
- ***Operations Management: N. Slack, A. Brandon-Jones, R. Johnston, Pearson, 7th Edition, 2013.***
- ***Supply Chain Network Design: Applying Optimization and Analytics to the Global Supply Chain: S. Lewis, P. Cacioppi, J. Jayaraman, Pearson FT Press, 1st edition, 2012.***
- ***Supply Chain Analytics: A Multipart Case in Sourcing, Logistics, Warehouse Location, and Inventory Planning: (2011) F. Robert Jacobs, Amazon Digital Services LLC, 1st edition, 2011.***
- ***Business Analytics: Data Analysis & Decision Making: S. Christian Albright, W. Winston, South-Western College Pub, 5th edition, 2012.***

## Mapa IV - Dissertação/Dissertation

### 3.3.1. Unidade curricular:

***Dissertação/Dissertation***

### 3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

***Coordenador do ciclo de estudos***

### 3.3.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

***Não aplicável; trata-se da dissertação de mestrado.***

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

***A dissertação tem como objectivo realização de um trabalho que integra e aplica os conhecimentos adquiridos no curso***

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

***The thesis main objective is to develop a project that integrates and applies the knowledge acquired during the degree***

### 3.3.5. Conteúdos programáticos:

***Cada dissertação tem um programa proposto pelo orientador***

### 3.3.5. Syllabus:

***Each thesis has a program proposed by the supervisor***

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

***Não aplicável; trata-se da dissertação de mestrado.***

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

***Not applicable; this is the master dissertation.***

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

***Não aplicável; trata-se da dissertação de mestrado.***

### 3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):

***Not applicable; this is the master dissertation.***

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

***Não aplicável; trata-se da dissertação de mestrado.***

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

***Not applicable; this is the master dissertation.***

**3.3.9. Bibliografia principal:**

*Não aplicável; trata-se da dissertação de mestrado.*

**Mapa IV - Aplicação de Engenharia e Ciência de Dados / Applications of Data Science and Engineering****3.3.1. Unidade curricular:**

*Aplicação de Engenharia e Ciência de Dados / Applications of Data Science and Engineering*

**3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**

*Mário Alexandre Teles de Figueiredo (21)*

**3.3.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**

*Rosário Oliveira (21)*

*Francisco Santos (21)*

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

*Dotar os alunos da capacidade para aplicar as os conceitos e métodos aprendidos nas outras unidades curriculares para a abordagem e resolução de problemas com dados reais. Cada um destes problemas será colocado por um parceiro não-académico ou por um parceiro académico de outra área científica e que tenha da Engenharia e Ciência de Dados uma perspectiva de utilizador (por exemplo, biologia, medicina, ciências sociais, outros ramos da engenharia e afins).*

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

*Provide students with the ability to apply the concepts and methods learned in other curricular units to formulate and solve problems with real data. Each of these problems will be proposed by a non-academic partner or academic partner from another scientific area (eg biology, medicine, social sciences, or another engineering area).*

**3.3.5. Conteúdos programáticos:**

*Esta unidade curricular, naturalmente, não tem programa.*

**3.3.5. Syllabus:**

*Esta unidade curricular, naturalmente, não tem programa.*

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

*Não aplicável, dada a natureza desta unidade curricular.*

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

*Not applicable, given the nature of this curricular unit.*

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

*Não aplicável, dada a natureza desta unidade curricular.*

**3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):**

*Not applicable, given the nature of this curricular unit.*

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

*Não aplicável, dada a natureza desta unidade curricular.*

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

*Not applicable, given the nature of this curricular unit.*

**3.3.9. Bibliografia principal:**

*Não aplicável.*

## 4. Descrição e fundamentação dos recursos docentes do ciclo de estudos

### 4.1 Descrição e fundamentação dos recursos docentes do ciclo de estudos

#### 4.1.2 Equipa docente do ciclo de estudos

##### D4.1.2. Equipa docente / Teaching staff

Nome / Name	Categoria / Category	Grau / Degree	Especialista / Specialist	Área científica / Scientific Area	Regime de tempo / Employment link	Informação / Information
Aleksandar Ilic	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Engenharia Electrotécnica e de Computadores	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Alexandre Paulo Lourenço Francisco	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		ENGENHARIA INFORMATICA E DE COMPUTADORES	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Amílcar de Oliveira Soares	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor		ENGENHARIA DE MINAS	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Ana Teresa Correia de Freitas	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor		ENG. ELECTROTECNICA E DE COMPUTADORES	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Ana Maria Santos Ferreira Gorjão Henriques	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Matemática	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Ana Paula Ferreira Dias Barbosa Póvoa	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor		ENGENHARIA INDUSTRIAL	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Andreas Miroslaus Wichert	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		INFORMATICA	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
António Manuel Pacheco Pires	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor		MATEMATICA APLICADA	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Bruno Emanuel da Graça Martins	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		INFORMATICA	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Carlos José Santos Alves	Professor Associado ou equivalente	Doutor		MATEMATICA	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Carlos António Bana e Costa	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor		ENGENHARIA DE SISTEMAS	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Carlos Manuel Costa Lourenço Caleiro	Professor Associado ou equivalente	Doutor		MATEMATICA	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Carlos Nuno da Cruz Ribeiro	Professor Associado ou equivalente	Doutor		ENGENHARIA INFORMATICA E DE COMPUTADORES	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Cláudia Martins Antunes	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		ENGENHARIA INFORMATICA E DE COMPUTADORES	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Cláudia Rita Ribeiro Coelho Nunes Philippart	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		MATEMATICA	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Maria da Conceição Esperança Amado	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		MATEMATICA	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Daniel Jorge Viegas Gonçalves	Professor Associado ou equivalente	Doutor		ENGENHARIA INFORMATICA E DE COMPUTADORES	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Diogo Manuel Ribeiro Ferreira	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		ENG. ELECTROTECNICA E DE COMPUTADORES	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Francisco António Chaves Saraiva de Melo	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		ENG. ELECTROTECNICA E DE COMPUTADORES	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Giovani Loiola da Silva	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		MATEMATICA	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Helena Isabel de Jesus Galhardas	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		INFORMATICA	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Isabel Maria Alves Rodrigues	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		MATEMATICA	100	<a href="#">Ficha submetida</a>

Isabel Maria Martins Trancoso	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	ENG. ELECTROTECNICA E DE COMPUTADORES	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
João Paulo Baptista de Carvalho	Professor Associado ou equivalente	Doutor	ENG. ELECTROTECNICA E DE COMPUTADORES	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
João Paulo Salgado Arriscado Costeira	Professor Associado ou equivalente	Doutor	ENG. ELECTROTECNICA E DE COMPUTADORES	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
João Coelho Garcia	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	DOCTORATE_DEGREE	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
João Manuel de Freitas Xavier	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	ENG. ELECTROTECNICA E DE COMPUTADORES	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Joaquim Armando Pires Jorge	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	Computer Science	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Jorge dos Santos Salvador Marques	Professor Associado ou equivalente	Doutor	ENG. ELECTROTECNICA E DE COMPUTADORES	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
José Manuel da Costa Alves Marques	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	INFORMATICA	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
José Félix Gomes da Costa	Professor Associado ou equivalente	Doutor	MATEMATICA	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
José Carlos Alves Pereira Monteiro	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	ENG. ELECTROTECNICA E DE COMPUTADORES	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
José Alberto Rosado dos Santos Victor	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	ENG. ELECTROTECNICA E DE COMPUTADORES	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
José Alberto Rodrigues Pereira Sardinha	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	INFORMATICA	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Juha Hans Videman	Professor Associado ou equivalente	Doutor	MATEMATICA	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Ana Leonor Mestre Vicente Silvestre	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	MATEMATICA	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Luís Manuel Marques Custódio	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	ENG. ELECTROTECNICA E DE COMPUTADORES	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Luís Jorge Brás Monteiro Guerra e Silva	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	ENGENHARIA INFORMATICA E DE COMPUTADORES	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Luís Manuel Silveira Russo	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	ENGENHARIA INFORMATICA E DE COMPUTADORES	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Luís Manuel Antunes Veiga	Professor Associado ou equivalente	Doutor	ENGENHARIA INFORMATICA E DE COMPUTADORES	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Maria Luísa Torres Ribeiro Marques da Silva Coheur	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	ENGENHARIA INFORMATICA E DE COMPUTADORES	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Manuel João Cabral Morais	Professor Associado ou equivalente	Doutor	MATEMATICA	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Manuel Gonzalez Scotto	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Estatística e Investigação Operacional (Probabilidades e Estatística)	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Maria Margarida Campos da Silveira	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	ENG. ELECTROTECNICA E DE COMPUTADORES	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Mário Jorge Costa Gaspar da Silva	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	ENG. ELECTROTECNICA E DE COMPUTADORES	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Nuno Cavaco Gomes Horta	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	ENG. ELECTROTECNICA E DE COMPUTADORES	100	<a href="#">Ficha submetida</a>

Nuno João Neves Mamede	Professor Associado ou equivalente	Doutor	ENG. ELECTROTECNICA E DE COMPUTADORES	100	Ficha submetida
Maria João Correia Colunas Pereira	Professor Associado ou equivalente	Doutor	ENGENHARIA DE MINAS	100	Ficha submetida
Mónica Duarte Correia de Oliveira	Professor Associado ou equivalente	Doutor	INVESTIGACAO OPERACIONAL	100	Ficha submetida
Nuno Filipe Valentim Roma	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	ENG. ELECTROTECNICA E DE COMPUTADORES	100	Ficha submetida
Paulo Jorge Fernandes Carreira	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	ENGENHARIA INFORMÁTICA	100	Ficha submetida
Paulo Alexandre Carreira Mateus	Professor Associado ou equivalente	Doutor	MATEMATICA	100	Ficha submetida
Paulo José de Jesus Soares	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	MATEMATICA	100	Ficha submetida
Pável Pereira Calado	Professor Associado ou equivalente	Doutor	CIENCIA DA COMPUTACAO	100	Ficha submetida
Pedro Filipe Zeferino Tomás	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Eng. Electrotecnica e de Computadores	100	Ficha submetida
Pedro Manuel Santos de Carvalho	Professor Associado ou equivalente	Doutor	ENG. ELECTROTECNICA E DE COMPUTADORES	100	Ficha submetida
Pedro Manuel Brito da Silva Girão	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	ENG. ELECTROTECNICA E DE COMPUTADORES	100	Ficha submetida
Rui Fuentecilla Maia Ferreira Neves	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	ENG. ELECTROTECNICA E DE COMPUTADORES	100	Ficha submetida
Sandra Pereira Gama	Professor Auxiliar convidado ou equivalente	Doutor	Computação Gráfica e Multimédia - Visualização de Informação	100	Ficha submetida
David Manuel Martins de Matos	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	ENGENHARIA INFORMATICA E DE COMPUTADORES	100	Ficha submetida
João Filipe Quintas dos Santos Rasga	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	MATEMATICA	100	Ficha submetida
Pedro Miguel Berardo Duarte Pina	Professor Associado convidado ou equivalente	Doutor	ENGENHARIA DE MINAS	100	Ficha submetida
Fernando Manuel Bernardo Pereira	Professor Associado ou equivalente	Doutor	ENG. ELECTROTECNICA E DE COMPUTADORES	100	Ficha submetida
Francisco João Duarte Cordeiro Correia dos Santos	Professor Associado ou equivalente	Doutor	ENGENHARIA INFORMÁTICA	100	Ficha submetida
Mário Alexandre Teles de Figueiredo	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	ENG. ELECTROTECNICA E DE COMPUTADORES	100	Ficha submetida
Maria do Rosário de Oliveira Silva	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	MATEMATICA	100	Ficha submetida
				<b>6600</b>	

<sem resposta>

## 4.2. Dados percentuais dos recursos docentes do ciclo de estudos

### 4.2.1. Corpo docente próprio do ciclo de estudos

#### 4.2.1. Corpo docente próprio do ciclo de estudos \* / Full time teaching staff \*

<b>Corpo docente próprio / Full time teaching staff</b>	<b>ETI / FTE</b>	<b>Percentagem / Percentage</b>
Nº de docentes do ciclo de estudos em tempo integral na instituição / No. of full time teachers:	66	100

#### 4.2.2. Corpo docente do ciclo de estudos academicamente qualificado

##### 4.2.2. Corpo docente do ciclo de estudos academicamente qualificado \* / Academically qualified teaching staff \*

<b>Corpo docente academicamente qualificado / Academically qualified teaching staff</b>	<b>ETI / FTE</b>	<b>Percentagem / Percentage</b>
Docentes do ciclo de estudos com o grau de doutor (ETI) / Teaching staff with a PhD (FTE):	66	100

#### 4.2.3. Corpo docente do ciclo de estudos especializado

##### 4.2.3. Corpo docente do ciclo de estudos especializado / Specialized teaching staff

<b>Corpo docente especializado / Specialized teaching staff</b>	<b>ETI / FTE</b>	<b>Percentagem* / Percentage*</b>	
Docentes do ciclo de estudos com o grau de doutor especializados nas áreas fundamentais do ciclo de estudos (ETI) / Teaching staff with a PhD, specialized in the main areas of the study programme (FTE):	66	100	66
Especialistas, não doutorados, de reconhecida experiência e competência profissional nas áreas fundamentais do ciclo de estudos (ETI) / Specialists, without a PhD, of recognized professional experience and competence, in the main areas of the study programme (FTE):	0	0	66

#### 4.2.4. Estabilidade do corpo docente e dinâmica de formação

##### 4.2.4. Estabilidade do corpo docente e dinâmica de formação / Teaching staff stability and training dynamics

<b>Estabilidade e dinâmica de formação / Stability and training dynamics</b>	<b>ETI / FTE</b>	<b>Percentagem* / Percentage*</b>	
Docentes do ciclo de estudos em tempo integral com uma ligação à instituição por um período superior a três anos / Full time teaching staff with a link to the institution for a period over three years:	66	100	66
Docentes do ciclo de estudos inscritos em programas de doutoramento há mais de um ano (ETI) / Teaching staff registered in a doctoral programme for more than one year (FTE):	0	0	66

#### 4.3. Procedimento de avaliação do desempenho

##### 4.3. Procedimento de avaliação do desempenho do pessoal docente e medidas para a sua permanente atualização:

*A avaliação do desempenho do pessoal docente do IST assenta no sistema multicritério definido no “Regulamento de Avaliação de Desempenho dos Docentes do Instituto Superior Técnico” (Despacho Reitoral nº 4576/2010, DR 2ª Série, nº 51 de 15 de Março), sendo aplicado a cada docente, individualmente e é aplicado nos períodos estipulados por Lei. Permite a avaliação quantitativa da actuação do pessoal docente nas diferentes vertentes, e reflecte-se nomeadamente sobre a distribuição de serviço docente regulamentada a pelo Despacho Reitoral n.º 8985/2011 (DR, 2ª Série, N.º 130 de 8 de Julho).*

*Paralelamente, a avaliação das actividades pedagógicas é feita recorrendo ao Sistema de Garantia da Qualidade das Unidades Curriculares. Este sistema baseia-se na realização de inquéritos pedagógicos aos alunos, na avaliação por parte de coordenadores de curso e delegados de curso, na realização de auditorias de qualidade e na elaboração de códigos de boas práticas.*

*A avaliação do desempenho do pessoal docente, incidindo sobre todas as vertentes da sua atividade, far-se-á de acordo as normas regulamentares Universidade de Lisboa e da Escola Naval, em sintonia com orientações definidas no âmbito da Política de Garantia de Qualidade das respetivas Instituições, designadamente no que diz respeito a referenciais e a procedimentos comuns de recolha de informação e de tratamento de dados como os que resultam, por exemplo, da aplicação, no final de cada semestre, de inquéritos de satisfação aos alunos das diferentes unidades curriculares. Com base nos resultados destes inquéritos mas também noutros indicadores, como planificações e materiais de apoio produzidos, haverá certamente lugar, em sede de coordenação científico-pedagógica do curso, à apreciação do trabalho de leccionação, enquanto o trabalho de investigação terá nas publicações e nas comunicações*

*em encontros científicos em que se traduzir o principal suporte da sua avaliação. Deverá ser a base de dados no website do mestrado onde constam as fichas curriculares dos docentes, abertas a uma permanente atualização. Os resultados da avaliação serão publicados a cada novo ciclo avaliativo.*

#### 4.3. Teaching staff performance evaluation procedures and measures for its permanent updating:

*Performance assessment of IST teaching-staff relies on the multicriterion system defined in the “Regulations of Performance of IST Teaching-staff” (Rectoral Order 4576/2010, Government Journal 2nd Series, No. 51 of 15 March), which is applied to each professor individually and for periods established under the law. It allows for the quantitative assessment of the performance of the teaching staff in different strands and is reflected particularly on the allocation of the teaching tasks, which is governed by the Rectory Order 8985/2011 (Government Journal, 2nd Series, No. 130 of 8th July). In parallel, the teaching activities evaluation is performed using the Quality Guarantee System of the curricular units. This system is based on pedagogic surveys to the students, on the performance evaluation implemented by the course coordinators and delegates and on quality audits and elaboration of good practice codes.*

*Evaluation of the staff’s performance will be made from the assessment of all components in their activity and according to the regulations of the University of Lisbon and of Naval School, and in agreement with guidelines defined within the Policies of Quality Warranty of both institutions, namely in what concerns common referential and procedures of information collection and data treatment as the ones resulting, e.g., from questionnaires to the students on satisfaction levels at the end of each semester and for each curricular unit. Based on the results obtained from these questionnaires but also from other indicators such as session planning material and class support material produced, the lecturing work will be assessed by the scientific-pedagogical coordination of the course. The research work shall be assessed from publications and paper presentation in scientific meetings. Data with the staff’s curricula at the course website will be improved, and his ready for permanent update. Results of the evaluation process are to be published for each new evaluation cycle.*

## 5. Descrição e fundamentação de outros recursos humanos e materiais

### 5.1. Pessoal não docente afeto ao ciclo de estudos:

*O Instituto Superior Técnico (IST) não afeta pessoal não docente a um único curso. Os vários serviços (administrativos, gestão, biblioteca, académicos, laboratórios, apoio e auxiliares) funcionam prestando serviço aos vários intervenientes nas atividades dos cursos. Não estão previstas novas contratações de pessoal não docente para afetar ao curso. Os concursos previstos destinam-se ao normal funcionamento das instituições.*

### 5.1. Non teaching staff allocated to the study programme:

*Instituto Superior Técnico does not assign non-faculty staff to particular courses. The various services it integrates (in administration, management, library, academic services, labs, general support and service people) work at the service of the different elements in the activities of all courses. No particular hiring process is predicted for non-faculty personnel for this particular study cycle. Whatever openings will be to provide for the regular functioning of the whole institutions.*

### 5.2. Instalações físicas afetadas e/ou utilizadas pelo ciclo de estudos (espaços letivos, bibliotecas, laboratórios, salas de computadores, etc.):

*Instituto Superior Técnico não afeta recursos materiais a um único curso em particular, rentabilizando e flexibilizando a sua utilização. Salas de aula, de estudo e de informática, biblioteca, salas equipadas com meios audiovisuais e instalações gerais são geridas em conformidade com as necessidades que possam emergir do funcionamento do curso. Esta gestão é otimizada pelo facto de várias disciplinas do curso serem oferecidas também a outros ciclos de estudos no Instituto Superior Técnico.*

### 5.2. Facilities allocated to and/or used by the study programme (teaching spaces, libraries, laboratories, computer rooms, etc.):

*Instituto Superior Técnico does not affect material resources to a particular course, maximizing their use. Classrooms, study and computer rooms, library, classrooms equipped with audiovisual resources and general facilities are to be managed in accordance with the needs that may emerge from the course. This management is optimized by the fact that several courses in the program are offered to other study programme at Instituto Superior Técnico.*

### 5.3. Indicação dos principais equipamentos e materiais afetados e/ou utilizados pelo ciclo de estudos (equipamentos didáticos e científicos, materiais e TICs):

*Computadores, equipamento de projecção de imagens digitais, retroprojector e fotocopiadora, salas de aula e*

*biblioteca, no Instituto Superior Técnico.*

**5.3. Indication of the main equipment and materials allocated to and/or used by the study programme (didactic and scientific equipments, materials and ICTs):**

*Computers, digital images projection equipment, overhead projector, copiers, classrooms and library, at Instituto Superior Técnico.*

## 6. Atividades de formação e investigação

**Mapa VI - 6.1. Centro(s) de investigação, na área do ciclo de estudos, em que os docentes desenvolvem a sua Atividade científica**

**6.1. 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 the teachers develop their scientific activities**

Centro de Investigação / Research Centre	Classificação (FCT) / Mark (FCT)	IES / Institution	Observações / Observations
IT - Instituto de Telecomunicações	Excelente	Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa	Laboratório Associado
INESC-ID - Instituto de Engenharia de Computadores e Sistemas em Lisboa	Muito Bom	Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa	Laboratório Associado
CEMAT - Center for Computational and Stochastic Mathematics	Muito Bom	Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa	
LARSyS - Laboratório de Robótica e Sistemas de Engenharia	Excelente	Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa	Laboratório Associado

### Perguntas 6.2 e 6.3

**6.2. Mapa resumo de publicações científicas do corpo docente do ciclo de estudos, na área predominante do ciclo de estudos, em revistas internacionais com revisão por pares, nos últimos cinco anos (referenciação em formato APA):**

<http://www.a3es.pt/si/iportal.php/cv/scientific-publication/formId/9ce99ef2-a326-1bfa-6b31-59c4ed6190ae>

**6.3. 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:**

*Listam-se apenas alguns exemplos relevantes:*

*Análise Estocástica e Aproximações Numéricas em Matemática Financeira, CMU-Portugal, 2011-2014*

*Applied Computing in Engineering & Science, Tempus, 2013-2017*

*Detection of World-scale Traffic Redirection Attacks, FCT, 2016-2018*

*Mathematical and Computational Modeling of Human Physiology, FCT, 2013-2017*

*Machine Sensing Training Network, EC (H2020), 2014-2019*

*Deep Structured Prediction in Natural Language Processing, EC (ERC), 2018-2023*

*Personalizing cancer therapy through integrated modeling and decision, FCT, 2016-2019*

*Stochastic Dynamics of Collective Action, FCT, 2016-2019*

*Accelerating progress toward a new era of precision medicine, FCT, 2016-2019*

*Fast-track ELIXIR Implementation and drive early user exploitation across life-sciences, EC, 2015-2019*

*Innovative Training Network on Autonomous Unmanned Aerial Systems for Marine Monitoring, EC (H2020), 2015-2019*

*Tracing Gastric Cancer using Quantitative Bioimaging, FCT, 2016-2019*

### 6.3. List of the main projects and/or national and international partnerships, integrating the scientific, technological, cultural and artistic activities developed in the area of the study programme:

*A few relevant examples:*

*Stochastic Analysis and Numerical Approximations in Mathematical Finance, CMU-Portugal, 2011-2014*

*Applied Computing in Engineering & Science, Tempus, 2013-2017*

*Detection of World-scale Traffic Redirection Attacks, FCT, 2016-2018*

*Mathematical and Computational Modeling of Human Physiology, FCT, 2013-2017*

*Machine Sensing Training Network, EC (H2020), 2014-2019*

*Deep Structured Prediction in Natural Language Processing, EC (ERC), 2018-2023*

*Personalizing cancer therapy through integrated modeling and decision, FCT, 2016-2019*

*Stochastic Dynamics of Collective Action, FCT, 2016-2019*

*Accelerating progress toward a new era of precision medicine, FCT, 2016-2019*

*Fast-track ELIXIR Implementation and drive early user exploitation across life-sciences, EC, 2015-2019*

*Innovative Training Network on Autonomous Unmanned Aerial Systems for Marine Monitoring, EC (H2020), 2015-2019*

*Tracing Gastric Cancer using Quantitative Bioimaging, FCT, 2016-2019*

## 7. Atividades de desenvolvimento tecnológico e artísticas, prestação de serviços à comunidade e formação avançada

### 7.1. Descreva estas atividades e se a sua oferta corresponde às necessidades do mercado, à missão e aos objetivos da instituição:

*No âmbito da suas actividades, os três departamentos que contribuem para oferecer este grau (e os centros de investigação associados) desenvolvem ampla actividade de parceria com instituições privadas e serviços do estado, incluindo transferência de conhecimento, consultadoria e formação avançada. O ciclo de estudos proposto deve ser entendido como uma mais-valia para o país, pelo seu carácter interdisciplinar e valor sinérgico, contribuindo assim para a transferência de conhecimento para a sociedade, sendo potenciadora de novas ofertas de mercado numa área vital, actualmente com grande procura de profissionais.*

### 7.1. Describe these activities and if they correspond to the market needs and to the mission and objectives of the institution:

*As part of its activities, the three departments contributing to this degree (and the associated research centers) have developed extensive partnerships with private institutions and government services, including knowledge transfer, consultancy, and advanced training. The proposed study cycle should be understood as an added value for the country, due to its interdisciplinary nature and synergetic value, it will contribute to the transfer of knowledge to society and will be a source of new market offers in a vital area that is currently in high demand.*

## 8. Enquadramento na rede de formação nacional da área (ensino superior público)

### 8.1. Avaliação da empregabilidade dos graduados por ciclos de estudos similares com base nos dados do Ministério que tutela o emprego:

*Não existindo ainda pessoas em Portugal formadas em Engenharia e Ciência de Dados, é impossível quantificar a empregabilidade de graus similares usando dados oficiais. No entanto, é sabido que o interesse das empresas e organizações (privadas e públicas) pela ciência de dados está a crescer exponencialmente. O tecido empresarial conhece bem o enorme valor económico da informação como elemento diferenciador entre competidores. São cada*

*vez em maior número as oportunidades de trabalho nesta área, tanto no estrangeiro como em Portugal. Empresas como a Amazon, Ebay, IBM, Google, Facebook, LinkedIn, Microsoft contratam grandes números de especialistas em ciência de dados. Esta tendência é seguida em Portugal quer por grandes empresas, quer por um número crescente de startups. Tendo em conta que a empregabilidade de todos os formados pelo IST está acima de 90% e o enorme interesse por esta área, pode prever-se que os graduados por este ciclo terão elevadíssima empregabilidade.*

**8.1. Evaluation of the graduates' employability based on Ministry responsible for employment data:**

*As there are still no people in Portugal graduated in Engineering and Data Science, it is impossible to quantify the employability of similar degrees using official data. However, it is well known that the interest of companies and organizations (private and public) for data science is growing exponentially. Companies are well aware of the enormous economic value of information as a differentiating element between competitors. There are increasing opportunities for work in this area, both abroad and in Portugal. Companies like Amazon, Ebay, IBM, Google, Facebook, LinkedIn, Microsoft hire large numbers of data scientists. This trend is followed in Portugal by large companies and by a growing number of startups. Given that the employability of all IST graduates is above 90% and the enormous interest in this area, it can be expected that graduates from this cycle will have very high employability.*

**8.2. Avaliação da capacidade de atrair estudantes baseada nos dados de acesso (DGES):**

*Dado que se trata de um novo ciclo de estudos, não há ainda dados referentes à avaliação da sua capacidade para atrair estudantes. Contudo, com base na experiência passada do IST pode antecipar-se que o curso venha a conhecer uma procura significativa, e que a totalidade das vagas oferecidas (30 na sua primeira edição) seja preenchida.*

*É convicção dos proponentes que este Mestrado permitirá, pela sua excelência, recrutar estudantes não só a nível nacional mas também internacional, em Países Europeus e também em Países de Língua Portuguesa. Pelo que a sua divulgação será efetuada através de portais de divulgação de ofertas formativas nacionais e internacionais e as aulas serão lecionadas em inglês.*

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

*Since this is a new course of study, there is no data concerning the assessment of its ability to attract students. However, based on past experience of IST can be expected that the course will have a significant demand, and that all the places offered (30 in the first edition) will be filled.*

*The proponents are convinced that this Master will recruit students not only at national but also international level in European countries and in Portuguese-speaking countries. The disclosure will be made through dissemination portals of national and international training offers and the classes will be taught in English.*

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

*Os alunos podem realizar até 3 unidades curriculares opcionais escolhidas entre as unidades curriculares oferecidas no Mestrado em Data Science da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, mediante aprovação da coordenação deste ciclo de estudos.*

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

*Students may hold up to 3 optional curricular units chosen from the curricular units offered in the Master's Degree in Data Science of the Faculty of Sciences of the University of Lisbon, with the approval of the coordination of this cycle of studies.*

## **9. Fundamentação do número de créditos ECTS do ciclo de estudos**

**9.1. 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 Decreto-Lei 63/2016, de 13 de setembro):**

*De acordo com o n.º 1 do art. 18.º do Decreto-Lei n.º 63/2016, de 13 de setembro, um ciclo de estudos conducente ao grau de Mestre deve ter 90 a 120 créditos e uma duração normal compreendida entre três e quatro semestres curriculares de trabalho dos alunos.*

*Este novo 2º ciclo de estudos em Engenharia e Ciência de Dados conducente ao grau de Mestre em Engenharia e Ciência de Dados tem 120 unidades de crédito ECTS, com 90 ECTS distribuídos igualmente por três semestres, sendo os restantes 30 ECTS correspondentes a trabalho científico/estágio profissional individual e original a realizar durante o quarto semestre (30 ECTS) que conduzirá a uma dissertação a apresentar e defender publicamente.*

**9.1. Justification of the total number of ECTS credits and of the duration of the study programme, based on articles no.8 or**

9 (1st cycle), 18 (2nd cycle), 19 (integrated master) and 31 (3rd cycle) of Decree-Law 63/2016, of September 13th):

*According to No.1 of article 18° of DecreeLaw 63/2016 of September 13, the study programme leading to a MSc degree must encompass between 90 and 120 credits and a normal duration between three to four academic semesters. This new 2nd study programme in Engineering and Data Science, leading to a Master's degree in Engineering and Data Science has*

*a total of 120 credit units ECTS, with 90 ECTS evenly distributed by three academic semesters being the remaining 30 ECTS related to the realization of an individual and unique scientific work/traineeship, to be performed during the fourth semester (30 credits) and leading to a dissertation to be presented and publicly defended.*

9.2. Metodologia utilizada no cálculo dos créditos ECTS das unidades curriculares:

*O número de ECTS atribuídos a cada Unidade Curricular foi definido tendo por base as linhas de orientação estabelecidas pelo Decreto Lei N° 42/2005, bem como as discussões havidas nos órgãos científicos e pedagógicos do IST acerca da implementação dessas linhas gerais.*

*Desse modo, foi adotado como padrão 1 ECTS = 28 horas de trabalho. O rácio contacto efetivo / horas totais de trabalho depende da tipologia das aulas (práticas, teóricas, laboratoriais, seminários ou orientação tutorial), do nível da formação e da área científica específica.*

9.2. Methodology used for the calculation of the ECTS credits of the curricular units:

*The ECTS number awarded to each Curricular Unit was defined on the basis of the guidelines established by Decree Law*

*42/2005 and on the discussions held by the scientific and pedagogical bodies of IST regarding the implementation of those general guidelines.*

*Therefore, it was adopted as pattern 1, ECTS = 28 working hours. The effective contact time/total working time ratio depends on the type of class (theory, laboratory, seminar or tutorial), on the level of training and on the specific scientific area.*

9.3. Forma como os docentes foram consultados sobre a metodologia de cálculo do número de créditos ECTS das unidades curriculares:

*Foram ouvidos os órgãos representativos dos docentes e discentes. No primeiro caso todo o processo de criação da proposta resultou do esforço orgânico do corpo de doutores e das Unidades do IST representadas no seu Conselhos Científicos. No caso dos discentes foram ouvidos os órgãos em que eles estão representados, nomeadamente os Conselhos Pedagógicos.*

9.3. Process used to consult the teaching staff about the methodology for calculating the number of ECTS credits of the curricular units:

*All representative organs of students and faculty have been consulted. In the case of the latter, the whole process of creating this MSc resulted from the combined effort of all Professors and units of IST represented in its Scientific Boards. In the case of the students, all organs in which they are represented were consulted, namely the Pedagogical Boards.*

## 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:

*Master in Data Science - ETH Zurich, Suíça.*

*<https://www.inf.ethz.ch/studies/master/master-ds.html>*

*Master in Data Science - Ludwig-Maximilians-Universität, Munique, Alemanha.*

*<http://www.m-datascience.mathematik-informatik-statistik.uni-muenchen.de/index.html>*

*Master in Data Science - University of Helsinki, Helsínquia, Finlândia.*

*<https://www.helsinki.fi/en/programmes/master/data-science>*

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

*Master in Data Science - ETH, Zurich, Switzerland.*

*<https://www.inf.ethz.ch/studies/master/master-ds.html>*

*Master in Data Science - Ludwig-Maximilians-Universität, Munich.*

*<http://www.m-datascience.mathematik-informatik-statistik.uni-muenchen.de/index.html>*

**Master in Data Science - University of Helsinki, Helsinki, Finland.**  
<https://www.helsinki.fi/en/programmes/master/data-science>

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

*À semelhança do ciclo de estudos proposto neste documento (suportado nos departamentos de Matemática, Engenharia Electrotécnica e de Computadores e de Informática, do IST), os programas acima indicados também se organizam em estruturas multidisciplinares envolvendo vários departamentos:*

*ETH-Zurique: Departamento de Matemática, Departamento de Tecnologias de Informação e Engenharia Electrotécnica.*

*LMU-Munique: Departamento de Estatística e Instituto de Informática.*

*Universidade de Helsínquia: Departamento de Ciência da Computação, Departamento de Matemática e Estatística e Departamento de Física.*

*Tal como nesses outros ciclos de estudos, o programa aqui proposto envolverá os estudantes na abordagem de problemas práticos, em colaboração interdisciplinar com um parceiro não-académico ou com um parceiro académico de outra área científica. Este objetivo é concretizado através de uma unidade curricular desenhada para o efeito (Aplicação de Engenharia e Ciência de Dados).*

*As estruturas curriculares são também semelhantes. Cada estudante deve completar um conjunto de unidades curriculares, escolhidas de uma lista variada cobrindo diferentes áreas científicas (nomeadamente estatística, informática e engenharia electrotécnica). Garante-se assim uma formação eminentemente multidisciplinar, sendo possível desenhar um perfil de formação individualizado para cada estudante. Esta estratégia é também seguida pelos ciclos de estudos acima referidos.*

*Finalmente, estes ciclos de estudos preparam também os estudantes para uma possível carreira de investigação, quer em ambiente académico, quer em grupos de investigação e desenvolvimento em engenharia e ciência de dados, cada vez mais comuns em empresas de várias dimensões.*

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

*Similar to the programme proposed in this document (which is supported by the departments of Mathematics, Electrical and Computer Engineering, and Computer Science, of IST), the programmes indicated above are also organized in multidisciplinary structures involving several departments:*

*ETH-Zurich: Department of Mathematics, Department of Information Technologies and Electrical Engineering.*

*LMU-Munich: Department of Statistics and Institute for Informatics.*

*University of Helsinki: Department of Computer Science, Department of Mathematics and Statistics and Department of Physics.*

*As in those other programmes, the programme herein proposed will involve students in approaching practical problems, in interdisciplinary collaboration with a non-academic partner or with an academic partner from another scientific area. This objective is achieved through a curricular unit designed for this purpose (Engineering and Data Science Application).*

*The curricular structures are also similar. Each student must complete a set of curricular units, chosen from a wide list covering different scientific areas (namely statistics, computer science, and electrical engineering). This guarantees a strong multidisciplinary training, and it is possible to design an individualized training profile for each student. This strategy is also followed by the above programmes.*

*Finally, these programmes also prepare students for a possible research career, whether in an academic setting or in research and development groups in data engineering and science, increasingly common in companies of various dimensions.*

## **11. Estágios e/ou Formação em Serviço**

## 11.1. e 11.2 Locais de estágio e/ou formação em serviço (quando aplicável)

---

Mapa VII - Protocolos de Cooperação

Mapa VII - Protocolos de Cooperação

11.1.1. Entidade onde os estudantes completam a sua formação:

<sem resposta>

11.1.2. Protocolo (PDF, máx. 150kB):

<sem resposta>

Mapa VIII. Plano de distribuição dos estudantes

11.2. Mapa VIII. Plano de distribuição dos estudantes pelos locais de estágio e/ou formação em serviço demonstrando a adequação dos recursos disponíveis.(PDF, máx. 100kB).

<sem resposta>

## 11.3. Recursos próprios da Instituição para acompanhamento efetivo dos seus estudantes nos estágios e/ou formação em serviço.

---

11.3. Recursos próprios da Instituição para o acompanhamento efetivo dos seus estudantes nos estágios e/ou formação em serviço:

<sem resposta>

11.3. Resources of the Institution to effectively follow its students during the in-service training periods:

<no answer>

## 11.4. Orientadores cooperantes

---

Mapa IX. Normas para a avaliação e seleção dos elementos das instituições de estágio e/ou formação em serviço responsáveis por acompanhar os estudantes

11.4.1 Mapa IX. 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>

Mapa X. 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:

- *A riqueza e diversidade de oferta lectiva já existente na instituição que é relevante para a áreas deste ciclo de estudos;*
- *A intensa e relevante actividade de investigação nas áreas do ciclo de estudos que é levada a cabo por docentes da instituição, a qual conta no seu corpo docente com vários especialistas internacionalmente reconhecidos em várias destes áreas;*
- *A forte ligação do IST a potenciais empregadores, desde grandes empresas com as quais o IST tem um rico historial de colaboração, até startups tecnológicas, muitas das quais criadas por alumni do IST.*

#### 12.1. Strengths:

- *The richness and diversity of existing courses that are relevant to the areas of this study programme;*
- *The intense and relevant research activity in the study programme areas that is carried out by faculty members of the institution, which counts with several specialists internationally recognized in several of these areas;*
- *IST's strong link with potential employers, from large companies with whom IST has a rich history of collaboration, to technological startups, many of which are created by IST alumni.*

#### 12.2. Pontos fracos:

- *O carácter fortemente multidisciplinar deste CE pode dificultar a criação de uma identidade clara para os estudantes com o conclum;*
- *A expectável heterogeneidade de origem e formação de base dos alunos deste CE coloca desafios à concepção da estrutura curricular do curso, em particular à sua coerência temática.*

#### 12.2. Weaknesses:

- *The strongly multidisciplinary nature of this study programme may hinder the creation of a clear identity for students with the EC;*
- *The expected heterogeneity of origin and basic training of the students of this study programme poses challenges to the design of the curricular structure of the course, in particular to its thematic coherence.*

#### 12.3. Oportunidades:

- *A importância real e a visibilidade pública da Engenharia e Ciência de Dados têm crescido exponencialmente na última década e o seu impacto tem alastrado a um número cada vez maior de áreas de atividade; estes factos tornarão este CE extremamente atractivo.*
- *São cada vez em maior número as oportunidades de trabalho para profissionais com formação na área deste CE, tanto no estrangeiro como em Portugal, tanto em grandes como em pequenas empresas, nomeadamente startups de natureza tecnológica*

#### 12.3. Opportunities:

- *The real importance and public visibility of Data Engineering and Data Science has grown exponentially in the last decade and its impact has spread to an increasing number of areas of activity; these facts will make this EC extremely attractive.*
- *There are increasing numbers of job opportunities for professionals with training in this study programme's area, both abroad and in Portugal, both in large and small companies, namely technological startups.*

#### 12.4. Constrangimentos:

- *Existe uma crescente oferta lectiva (quer a nível de mestrado, quer doutoramento) na área deste ciclo de estudos, nas melhores escolas da Europa e dos Estados Unidos da América. A competição com estas escolas, quer pelo recrutamento dos melhores alunos, quer pelos graduados por este CE no mercado de trabalho é um desafio.*

#### 12.4. Threats:

- *There is an increasing number of schools (both master's and doctoral) in the study programme's area, in the best schools in Europe and the United States. Competition with these schools, whether for the recruitment of the best students or the graduates of this EC in the labor market, is a challenge.*

#### 12.5. CONCLUSÕES:

- *A observação crucial é que o IST se encontra numa situação privilegiada para oferecer um mestrado na área da*

**Engenharia e Ciência de Dados, e que este é o momento certo para o fazer, pelos seguintes motivos:**

**(i) A riqueza e diversidade de oferta lectiva, já existente no IST, relevante para a área, permite construir um CE essencialmente sem criação de novas unidades curriculares.**

**(ii) A intensa e relevante actividade de investigação em tópicos que integram o universo da Engenharia e Ciência de Dados, levada a cabo no IST, o qual conta no seu corpo docente e investigador com especialistas reconhecidos em vários destes tópicos, garantem o prestígio e a qualidade deste CE.**

**(iii) A forte ligação do IST a potenciais empregadores, desde várias grandes empresas com as quais o IST tem um rico historial de colaboração, até a várias startups tecnológicas, muitas das quais criadas por alumni do IST, colocam a escola numa posição privilegiada para formar profissionais nesta área que sejam altamente atractivos para o tecido empresarial e que contribuam para a sua modernização.**

**(iv) A importância real e a visibilidade pública da Engenharia e Ciência de Dados têm crescido exponencialmente na última década e o seu impacto tem alastrado a um número cada vez maior de áreas de atividade; estes factos tornarão este CE extremamente atractivo e competitivo no mercado de trabalho.**

#### **12.5. CONCLUSIONS:**

**The crucial observation is that IST is in a privileged position to offer a master's degree in the area of Engineering and Data Science, and that this is the right time to do so, for the following reasons:**

**(i) The richness and diversity of the already existing IST's courses relevant to the area, allows the construction of a study programme, essentially without the creation of new curricular units.**

**(ii) The intense and relevant research activity in topics that are part of the Engineering and Data Science universe, carried out at IST, which counts on its faculty and researcher with specialists recognized in several of these topics, guarantee the prestige and the quality of this study programme.**

**(iii) IST's strong link with potential employers, from several large companies with which IST has a rich history of collaboration, to several technology startups, many of which are created by IST alumni, put the school in a privileged position to train professionals in this area, that are highly attractive to the labor market and contribute to its modernization.**

**(iv) The real importance and public visibility of Engineering and Data Science has grown exponentially in the last decade and its impact has been increasing in an expanding number of activity areas; these developments will make this study programme extremely attractive and competitive in the labor market.**