

# NCE/17/00102 — 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.):**  
*Faculdade De Ciências (UL)*

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

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

**A4. Grau:**  
*Mestre*

### Perguntas A5 a A10

---

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

**A5. Main scientific area of the study programme:**  
*Science and Computer 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):**  
*481*

**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:**  
*462*

**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:**  
*<sem resposta>*

**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, 4 semestres*

**A8. Duration of the study programme (art.º 3 Decree-Law 63/2016, September 13th):**  
*2 years, 4 semesters*

**A9. Número máximo de admissões (artº 64º, Lei 62/2007 de 10 de Setembro):**  
*20*

**A10. Condições específicas de ingresso:**  
*1 — São admitidos como candidatos à inscrição neste curso os titulares de grau de licenciado ou equivalente legal, incluindo as possibilidades previstas nas alíneas b), c) e d) do n.º 1, do artigo 17º do Regime Jurídico dos Graus Académicos e Diplomas do Ensino Superior, publicado através do Decreto-Lei n.º 74/2006, de 24 de março, alterado e republicado Decreto-Lei n.º 63/2016, de 13 de setembro. Os candidatos detentores de habilitações obtidas em instituições estrangeiras deverão consultar os regulamentos em vigor.*  
*2 — Os candidatos devem demonstrar formação académica de base considerada suficiente para o acompanhamento do curso; caso contrário a Comissão de Científica do curso poderá determinar a realização de unidades curriculares complementares, existentes na FCUL.*  
*3- As normas de candidatura e critérios de seleção e de seriação constam do Regulamento do Ciclo de Estudos Conducente ao Grau de Mestre da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.*

**A10. Specific entry requirements:**  
*— Candidates must have an undergraduate degree according to the options listed in items b), c) and d) of n.º 1, from article 17º of the "Regime Jurídico dos Graus Académicos e Diplomas do Ensino Superior", published as Decree-Law n.º 74/2006, de 24 de Março, changed*

and re-published Decreto-Lei n.º 63/2016, de 13 de setembro. The candidates with degrees from foreign institutions should consult the regulations in place.

2 — The candidates must demonstrate basic academic training deemed sufficient for attending the course; otherwise the Scientific Commission may determine the enrolment in complementary curricular units, available at FC Ulisboa.

3 — The candidacy regulations and selection criteria are available in "Regulamento do Ciclo de Estudos Conducente ao Grau de Mestre da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa".

## 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)**

Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade de doutoramento:

Branch, option, specialization area of the master or speciality of the PhD:

<sem resposta>

## A12. Estrutura curricular

---

Mapa I -

**A12.1. Ciclo de Estudos:**

*Ciência de Dados*

**A12.1. Study Programme:**

*Data Science*

**A12.2. Grau:**

*Mestre*

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

<sem resposta>

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

<no answer>

**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**

Área Científica / Scientific Area	Sigla / Acronym	ECTS Obrigatórios / Mandatory ECTS	ECTS Mínimos Optativos* / Minimum Optional ECTS*
Ciência e Engenharia Informática	CEI (ECTS Opt 12-30)	78	12
Ciências Matemáticas	CMAT (ECTS Opt 12-30)	0	12
Qualquer Área	QA (ECTS Opt 0-18)	0	0
<b>(3 Items)</b>		<b>78</b>	<b>24</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:**

*Faculdade de Ciências da ULisboa*

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

*Faculty of Sciences - ULisboa*

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

[A15\\_Despacho n 15577\\_2014.pdf](#)

**A16. Observações:**

- A proposta é baseada em recomendações internacionais, nomeadamente o European Data Science Academy (ESDA, <http://edsa-project.eu/>), resultante de um projecto financiado a nível Europeu.

- Um exemplo de instanciação das recomendações do ESDA é o Mestrado em Ciência de Dados da Universidade de Southampton (UofS, <http://www.ecs.soton.ac.uk/programmes/msc-data-science>).

- Existe um conjunto abrangente de exemplos de universidades de referência com pós-graduações ou mestrados em Ciência de Dados. Exemplos a nível Europeu e Norte-Americano incluem os seguintes.

A. Na Europa, além da UofS, exemplos de universidades de referência com ofertas semelhantes:

A.1. University College London, [http://www.cs.ucl.ac.uk/degrees/msc\\_csml/](http://www.cs.ucl.ac.uk/degrees/msc_csml/).

A.2. Imperial College, <https://www.imperial.ac.uk/data-science/>.

A.3. University of Edinburgh, <http://www.ed.ac.uk/data-science>.

A.4. University of Cambridge, <http://www.bigdata.cam.ac.uk/>.

A.5. University of Oxford, <https://www.bdi.ox.ac.uk/>.

A.6. École Polytechnique Fédérale de Lausanne, EPFL

A.7. ETH Zürich, ETHZ

A.8. Technical University Munich

A.9. Humboldt-Universität zu Berlin

A.10. École Polytechnique Paris

A.11. Università degli Studi di Rom

A.12. Politécnico di Milano

A.13. Universidad Politécnica de Madrid

A.14. Barcelona GSE

A.15. Universitat Politècnica de Catalunya

A.16. Trinity College Dublin

A.17. University College Dublin

A.18. Kungliga Tekniska Högskolan, KTH

A.19. University of Leuven

A.20. Delft University of Technology

B. Nos EUA, exemplos de universidades de referência com ofertas semelhantes:

B.1. Carnegie Mellon University, CMU

B.2. University of California Berkeley

B.3. Stanford University

B.4. Massachusetts Institute of Technology, MIT

B.5. Harvard University

B.6. University of Texas Austin

B.7. University of Michigan Ann Arbor

B.8. University of Washington

B.9. University of Illinois Urbana-Champaign

B.10. University of Wisconsin Madison

B.11. University of Minnesota Twin Cities

B.12. Columbia University

B.13. New York University

B.14. Yale University

B.15. University of Colorado Boulder

Observações adicionais:

- Os grupos opcionais poderão incluir ainda outras UC, a fixar anualmente pela FCUL, sob proposta dos Departamentos responsáveis.

\* (Ver Plano de Estudos - Opções Grupos 1, 2 e 3) Os alunos poderão inscrever-se em não mais de três UCs do Mestrado em Engenharia e Ciência de Dados (MCED) do Instituto Superior Técnico. As inscrições em UCs do MECED deverão ter a aprovação da coordenação do Mestrado em Ciência de Dados (MCD) da FCUL, por forma a corresponderem aos objetivos da formação. As UCs do MECED escolhidas pelos alunos não podem exceder uma UC relativamente a cada um dos grupos 1, 2, 3 e 4 do MCD.

\*\* (Ver Plano de Estudos - Opções Grupo 4) - A coordenação do Curso pode indicar disciplinas de 2º ciclo de outras áreas científicas, em vigor no plano de estudos de Ciclos da ULisboa, nos casos em que sejam consideradas necessárias para complementar a formação prévia do(a) candidato(a).

**A16. Observations:**

- The proposal is based on international recommendations, namely from the European Data Science Academy (ESDA, <http://edsa-project.eu/>), originating from a European-funded project.

- An example of instantiation of the recommendations of the ESDA is the MSc degree in Data Science from the University of Southampton (UofS, <http://www.ecs.soton.ac.uk/programmes/msc-data-science>).

- There exists a comprehensive set of examples of well-known universities with post-graduations and MSc degrees in Data Science. Examples at the EU level Examples in Europe and North America, include the following ones.

A. In Europe, besides UofS, examples of reference universities with similar offerings:

A.1. University College London, [http://www.cs.ucl.ac.uk/degrees/msc\\_csml/](http://www.cs.ucl.ac.uk/degrees/msc_csml/).

A.2. Imperial College, <https://www.imperial.ac.uk/data-science/>.

A.3. University of Edinburgh, <http://www.ed.ac.uk/data-science>.

A.4. University of Cambridge, <http://www.bigdata.cam.ac.uk/>.

A.5. University of Oxford, <https://www.bdi.ox.ac.uk/>.

A.6. École Polytechnique Fédérale de Lausanne, EPFL

A.7. ETH Zürich, ETHZ

A.8. Technical University Munich

A.9. Humboldt-Universität zu Berlin

A.10. École Polytechnique Paris

- A.11. *Università degli Studi di Rom*  
 A.12. *Politecnico di Milano*  
 A.13. *Universidad Politécnica de Madrid*  
 A.14. *Barcelona GSE*  
 A.15. *Universitat Politècnica de Catalunya*  
 A.16. *Trinity College Dublin*  
 A.17. *University College Dublin*  
 A.18. *Kungliga Tekniska Högskolan, KTH*  
 A.19. *University of Leuven*  
 A.20. *Delft University of Technology*  
 B. *In the USA, examples of universities with similar offerings:*  
 B.1. *Carnegie Mellon University, CMU*  
 B.2. *University of California Berkeley*  
 B.3. *Stanford University*  
 B.4. *Massachusetts Institute of Technology, MIT*  
 B.5. *Harvard University*  
 B.6. *University of Texas Austin*  
 B.7. *University of Michigan Ann Arbor*  
 B.8. *University of Washington*  
 B.9. *University of Illinois Urbana-Champaign*  
 B.10. *University of Wisconsin Madison*  
 B.11. *University of Minnesota Twin Cities*  
 B.12. *Columbia University*  
 B.13. *New York University*  
 B.14. *Yale University*  
 B.15. *University of Colorado Boulder*

*Additional observations:*

- *The optional groups may include other curricular units, to be decided each year by FC ULisboa, based on recommendation from the Departments in charge.*

\* *(See Study Plan - Optional groups 1, 2 and 3) - Students may enrol in no more than 3 curricular units from the MSc degree in Engineering and Data Science (MCED) offered by Instituto Superior Técnico. Enrolment in units from MECED must have approval from the coordination of the MSc degree in Data Science (MDS) of FCUL, to ensure the objectives of training are met. Any chosen units from MECED must not exceed one unit from groups 1, 2, 3 e 4 of MDS.*

\*\* *(See Study Plan - Optional group 4) The coordination of the course may indicate 2nd cycle units from other scientific areas, offered by ULisboa in case these are deemed necessary to complete the prior training of candidates.*

## Instrução do pedido

### 1. Formalização do pedido

---

#### 1.1. Deliberações

##### Mapa II - Conselho Científico da Faculdade de Ciências

###### 1.1.1. Órgão ouvido:

*Conselho Científico da Faculdade de Ciências*

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

[1.1.2.\\_Extrato Ata CC\\_5\\_2017.pdf](#)

##### Mapa II - Conselho Pedagógico da Faculdade de Ciências

###### 1.1.1. Órgão ouvido:

*Conselho Pedagógico da Faculdade de Ciências*

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

[1.1.2.\\_Deliberação Mestrado Data Science - CP.pdf](#)

##### Mapa II - Reitor da Universidade de Lisboa

###### 1.1.1. Órgão ouvido:

*Reitor 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 185-2017\\_Cr\\_Mest\\_Ciência de Dados.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.

*Prof. João Marques da Silva; Profª Maria Isabel Fraga Alves e Prof. Tiago João Vieira Guerreiro*

## 2. Plano de estudos

---

### Mapa III - - 1º ano, 1º semestre/ 1st year, 1st semester

**2.1. Ciclo de Estudos:***Ciência de Dados***2.1. Study Programme:***Data Science***2.2. Grau:***Mestre***2.3. Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento (se aplicável):**

&lt;sem resposta&gt;

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

&lt;no answer&gt;

**2.4. Ano/semestre/trimestre curricular:***1º ano, 1º semestre/ 1st year, 1st 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)
Fundamentos de Ciência de Dados/Foundations of Data Science	CEI	Semestral	84	T: 21	3	
Seminário em Ciência de Dados/Seminar of Data Science	CEI	Semestral	84	S: 14	3	
Aprendizagem Automática/Machine Learning	CEI	Semestral	168	T: 28; TP: 21	6	
Tecnologia de Bases de Dados/Database Technology	CEI	Semestral	168	T: 28; TP: 21	6	
Opção do Grupo 1/Group 1 Option	CMAT	Semestral	168	Variável	6	Optativa
Opção do Grupo 1, 2, 3, ou 4/ Group 1, 2, 3, or 4 Option	QA	Semestral	168	Variável	6	Opt.;no 1ºAno o aluno terá obrigatoriamente de escolher 1 UC do Grupo 1, 1 do Grupo 2, 1 do Grupo 3

(6 Items)

**Mapa III - - 1º ano, 2º semestre/1st year, 2nd semester****2.1. Ciclo de Estudos:***Ciência de Dados***2.1. Study Programme:***Data Science***2.2. Grau:***Mestre***2.3. Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento (se aplicável):**

&lt;sem resposta&gt;

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

&lt;no answer&gt;

**2.4. Ano/semestre/trimestre curricular:***1º ano, 2º semestre/1st year, 2nd 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)
Opção do Grupo 2/Group 2 Option	CEI	Semestral	168	Variável	6	Optativa
Opção do Grupo 3/Group 3 Option	QA	Semestral	168	Variável	6	Optativa
Opção do Grupo 1, 2, 3, ou 4/ Group 1, 2, 3, or 4 Option	QA	Semestral	168	Variável	6	Opt.;no 1ºAno o aluno terá obrigatoriamente de escolher 1 UC do Grupo 1, 1 do Grupo 2, 1 do Grupo 3
Opção do Grupo 1, 2, 3, ou 4/ Group 1, 2, 3, or 4 Option	QA	Semestral	168	Variável	6	Opt.;no 1ºAno o aluno terá obrigatoriamente de escolher 1 UC do Grupo 1, 1 do Grupo 2, 1 do Grupo 3

Opção do Grupo 1, 2, 3, ou 4/ QA  
Group 1, 2, 3, or 4 Option

Semestral 168

Variável

6

Opt.;no 1ºAno o aluno terá obrigatoriamente de  
escolher 1 UC do Grupo 1, 1 do Grupo 2, 1 do  
Grupo 3

(5 Items)

**Mapa III - - 2º ano/ 2nd year****2.1. Ciclo de Estudos:***Ciência de Dados***2.1. Study Programme:***Data Science***2.2. Grau:***Mestre***2.3. Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento (se aplicável):**

&lt;sem resposta&gt;

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

&lt;no answer&gt;

**2.4. Ano/semestre/trimestre curricular:***2º ano/ 2nd year***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)
Introdução à Investigação em Ciência de Dados/Introduction to Research in Data Science	CEI	Semestral	168	TP: 14; OT: 14	6	
Dissertação/Projeto/Estágio em Ciência de Dados/Dissertation/Project/Internship in Data Science	CEI	Anual	1512	OT: 56	54	

(2 Items)

**Mapa III - - 1º Ano-Opções do Grupo 1/ 1st Year-Group 1 Options****2.1. Ciclo de Estudos:***Ciência de Dados***2.1. Study Programme:***Data Science***2.2. Grau:***Mestre***2.3. Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento (se aplicável):**

&lt;sem resposta&gt;

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

&lt;no answer&gt;

**2.4. Ano/semestre/trimestre curricular:***1º Ano-Opções do Grupo 1/ 1st Year-Group 1 Options***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)
Modelos Estatísticos/Statistical Models	CMAT	Semestral	168	T: 28; TP:14	6	Optativa
Estatística Bayesiana/Bayesian Statistics	CMAT	Semestral	168	T: 28; PL: 14	6	Optativa
Processos de Previsão e Decisão/Prediction and Decision Processes	CMAT	Semestral	168	T: 28; TP:14	6	Optativa
Amostragem e Análise de Dados/Sampling and Data Analysis	CMAT	Semestral	168	T: 21; TP: 28	6	Optativa
Métodos Computacionais para Estatística e Investigação Operacional/Computational Meth. for Statist. and O. R.	CMAT	Semestral	168	T: 21 PL: 21	6	Optativa
Métodos Estatísticos/Statistical Methods	CMAT	Semestral	168	T: 28; TP: 21	6	Optativa
Probabilidade e Estatística/Probability and Statistics	CMAT	Semestral	168	T: 42; TP: 14	6	Optativa
Opção MCED*/Option MCED*	-	-	168	-	6	Optativa IST* - ver

(8 Items)

**Mapa III - - 1º Ano-Opções do Grupo 2/ 1st Year-Group 2 Options****2.1. Ciclo de Estudos:***Ciência de Dados***2.1. Study Programme:***Data Science***2.2. Grau:***Mestre***2.3. Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento (se aplicável):**

&lt;sem resposta&gt;

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

&lt;no answer&gt;

**2.4. Ano/semestre/trimestre curricular:***1º Ano-Opções do Grupo 2/ 1st Year-Group 2 Options***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)
Visualização de Dados/Data Visualization	CEI	Semestral	168	T: 28; TP: 21	6	Optativa
Tecnologias de Processamento de Dados/Data Processing Technologies	CEI	Semestral	168	T: 28; TP: 21	6	Optativa
Aplicações na Web/Web Applications	CEI	Semestral	168	T: 28; TP: 21	6	Optativa
Computação em Nuvem/Cloud Computing	CEI	Semestral	168	T: 28; TP: 21	6	Optativa
Deteção e Tolerância a Intrusões/Intrusion Detection and Tolerance	CEI	Semestral	168	T: 28; TP: 21	6	Optativa
Programação para Cluster e Multicore/Cluster and Multicore Programming	CEI	Semestral	168	T: 28; TP: 21	6	Optativa
Opção MCED*/Option MCED*	-	-	168	-	6	Optativa IST* - ver pergunta A16/see A16

(7 Items)

**Mapa III - - 1º Ano-Opções do Grupo 3/ 1st Year-Group 3 Options****2.1. Ciclo de Estudos:***Ciência de Dados***2.1. Study Programme:***Data Science***2.2. Grau:***Mestre***2.3. Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento (se aplicável):**

&lt;sem resposta&gt;

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

&lt;no answer&gt;

**2.4. Ano/semestre/trimestre curricular:***1º Ano-Opções do Grupo 3/ 1st Year-Group 3 Options***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)
Prospecção de Dados/Data Mining	CEI	Semestral	168	T: 28; TP:21	6	Optativa
Complementos de Aprendizagem Automática/Complements of Machine Learning	CEI	Semestral	168	T: 28; TP:21	6	Optativa
Fundamentos da Web Semântica/Semantic Web Foundations	CEI	Semestral	168	T: 28; TP:21	6	Optativa

Desenho e Análise de Algoritmos/Algorithms Design and Analysis	CEI	Semestral	168	T: 28; TP:21	6	Optativa
Modelação em Física e Engenharia/Modelling in Physics and Engineering	ETFIS	Semestral	168	T: 28; PL: 28	6	Optativa
Métodos Quantitativos em Biologia de Sistemas/Quantitative Methods in Systems Biology	CVIDA	Semestral	168	T: 28; TP:21	6	Optativa
Opção MCED*/Option MCED*	-	-	168	-	6	Optativa IST* - ver pergunta A16/see A16

(7 Items)

**Mapa III - - 1º Ano-Opções do Grupo 4/ 1st Year-Group 4 Options****2.1. Ciclo de Estudos:***Ciência de Dados***2.1. Study Programme:***Data Science***2.2. Grau:***Mestre***2.3. Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento (se aplicável):**

&lt;sem resposta&gt;

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

&lt;no answer&gt;

**2.4. Ano/semestre/trimestre curricular:***1º Ano-Opções do Grupo 4/ 1st Year-Group 4 Options***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)
Bioinformática/Bioinformatics	CEI	Semestral	168	T: 28; TP: 21	6	Optativa
Internet das Coisas//Internet of Things	CEI	Semestral	168	T: 28; TP: 21	6	Optativa
Física Estatística Complementar/Complementary Statistical Physics	CFIS	Semestral	168	T: 28; TP: 28	6	Optativa
Análise de Dados em Ciências da Vida/Data Analysis in Life Sciences	CVIDA	Semestral	168	S: 28	6	Optativa
Abordagens "Ómicas" em Biomedicina e Biotecnologia/Omics Approaches in Biomedicine and Biotechnology	CVIDA	Semestral	168	T: 28; TP: 21	6	Optativa
Matemática Computacional /Computational Mathematics I	CMAT	Semestral	168	T: 28; TP: 21	6	Optativa
Tópicos de Matemática/Topics in Mathematics	CMAT	Semestral	168	T: 28; TP: 21	6	Optativa
Outra**/Other**	QA	Semestral	168	-	6	Optativa ** ver pergunta A16/See A16

(8 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:**

*Este ciclo de estudos visa proporcionar formação complementar nas áreas das Ciências e Engenharia, na área da Ciência de Dados, incluindo a aquisição de um elenco de competências, capacidades e conhecimentos essenciais, quer para a actividade de investigação científica nas áreas referidas quer para a aplicação da formação adquirida em nichos de crescente empregabilidade para profissionais qualificados em Ciências de Dados.*

*A importância da Ciência de Dados é confirmada pelo relevo crescente de profissionais em grandes empresas e instituições, a nível internacional mas também a nível nacional, com competências em ciência de dados, incluindo análise de dados, processamento de dados, e prospecção de dados, entre outros. A ciência de dados representa uma área de conhecimento ubíqua na sociedade da informação actual, sendo expectável que a sua importância e relevo continue a crescer nos próximos anos.*

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

*This cycle of study aims to provide complementary training in the areas of science and engineering, in the area of data science, including the acquisition of a range of essential competencies, capacities and knowledge, either for research activity or for application in niches of high employability for professionals with training in data science.*

*The importance of Data Science is confirmed by the growing role of these professionals in large companies and institutions, internationally but also nationally, including the analysis of data, the processing of data, the mining of data, among others. Data science represents a field*



*of knowledge that is now ubiquitous in the modern information society, being expected that its importance and relevancy will continue to grow in the near future.*

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

*Este ciclo de estudos tem os seguintes objetivos de aprendizagem:*

*- conhecimentos em fundamentos da ciência de dados, incluindo aprendizagem automática, prospecção de dados, tecnologias de suporte à ciência de dados, fundamentos matemáticos essenciais a profissionais na área da ciência de dados, e formação em área de relevo relacionadas com a ciência de dados.*

*- aptidão principal: "aprender como pensar e como fazer Ciência de Dados".*

*- competências nas tecnologias e nas disciplinas de saber que suportam a ciência de dados.*

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

*This cycle of study has the following objective of learning:*

*- knowledge in the foundations of data science, including machine learning, data mining, technologies supporting data science, mathematical foundations essential to professionals in the area of data science, and training in relevant areas related with data science.*

*- main aptitude: "to learn to think and do Data Science".*

*- competencies in the technologies and fields of knowledges supporting data science.*

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

*O Mestrado em Ciência de Dados enquadra-se naturalmente no projecto educativo, científico e cultural da Faculdade de Ciências. A formação oferecida é multi-disciplinar, fortemente alicerçada na oferta educativa já existente na Faculdade de Ciências, mas que viabiliza fortes sinergias com a área emergente da Ciência de Dados. A oferta do Mestrado em Ciência de Dados enquadra-se na actividade de investigação de vários docentes da Faculdade de Ciências, pertencentes a essencialmente todos os seus departamentos. Finalmente, a formação oferecida contribuirá para a dinâmica de intercâmbio científico e tecnológico com o tecido empresarial.*

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

*The MSc degree in Data Science fits naturally with the educational, scientific and cultural projects of the Faculty of Sciences (FC). The training is multi-disciplinary, strongly rooted in the educational offer already existing at FC, but which enables strong synergies with the emerging discipline of Data Science. The offering of the MSc degree in Data Science also fits with the research activity of many lecturers of FC, from essentially all of FC's departments. Finally, the training provided will contribute to increase the scientific and technologic interchange with companies.*

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

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

*A missão da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa é expandir os limites do conhecimento científico e da tecnologia, transferir esse conhecimento para a sociedade e promover a educação dos seus estudantes através da prática da investigação. Para cumprir esta missão, em termos de oferta pedagógica, Ciências oferece formação numa grande diversidade de áreas nos domínios das ciências matemáticas, das ciências e tecnologias físicas, das ciências e tecnologias químicas, das ciências da vida, das ciências da Terra, da ciência e engenharia informática, das ciências da energia e do ambiente, e da história e filosofia das ciências e da tecnologia. Ciências oferece 15 Licenciaturas (2 em conjunto com outras escolas da ULisboa), 3 Mestrados Integrados, 39 Mestrados (6 em conjunto com outras escolas da ULisboa e 3 em associação com outras instituições de ensino superior), 24 Doutoramentos (2 são em conjunto com outras escolas da ULisboa e 6 em associação com outras instituições de ensino superior) e formação não conferente de grau (Minors, Cursos de Pós-graduação, Cursos Livres e outros).*

*Esta diversidade, bem como a grande dimensão de Ciências (cerca de 450 docentes e investigadores e de 5500 alunos), gera um ambiente estimulante para os que aqui trabalham que propicia interações entre pessoas de domínios científicos diferentes, abrindo novos caminhos e novas visões. A intensidade da atividade laboratorial, logo a partir das licenciaturas, é uma das marcas de Ciências. Embora dispendiosa, esta opção é indispensável para garantir o selo de qualidade transportado por muitos dos nossos ex-alunos, que hoje se espalham por muitas empresas e instituições, públicas e privadas, em Portugal e no estrangeiro. No caso de mestrados e doutoramentos, a formação baseia-se essencialmente em atividades de investigação científica e tecnológica. Investigar significa não apenas procurar e encontrar respostas mas também formular novas perguntas. É através deste ciclo infinito de pergunta-resposta-pergunta que permanentemente reconstruímos o nosso mundo e melhoramos a nossa qualidade de vida e o nosso bem-estar.*

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

*The mission of the Faculty of Sciences (FC) of the Universidade de Lisboa (ULisboa) is to expand the limits of scientific and technologic knowledge, to transfer that knowledge to society and promote the education of its students through the practice of research. To fulfil this mission, and with respect to its pedagogical offer, FC provides training in a wide range of areas in the domains of mathematical sciences, the physical sciences and technologies, and chemical sciences and technologies, the life sciences, and Earth sciences, and informatics science and engineering, the sciences of energy and environment, and the history and philosophy of sciences and technology. FC offers 15 BSc degrees (2 in collaboration with other faculties of ULisboa), 3 integrated MSc degrees, 39 MSc degrees (6 in collaboration with other faculties of ULisboa and 3 in collaboration with other higher education institutions), 24 PhD degree (2 in collaboration with other faculties of ULisboa, and 6 in collaboration with other higher education institutions) and training not providing a degree (Minors, Pos-Graduation courses, free courses, and others).*

*This diversity, as as as the large dimension of FC (around 450 lecturers and researchers and 5500 students), creates a stimulating environment to those that work at FC, and promotes interactions between research from different scientific backgrounds, opening new paths and visions. The intensity of the laboratorial activity, starting with the BSc degrees, is a trademark of the faculty of sciences. Although with unavoidable cost, this option is essential to ensure the quality of training characteristic of our students, which leave their mark in many companies and institutions, public and private, in Portugal and abroad. In the case of MSc and PhD degrees, the training is mostly based on activities of scientific and technologic research. The activity of research means not only to seek and find answers, but also to formulate new questions. It is through this never-ending cycle of question-answer-question that we permanently rebuild our world and improve our quality of life and well-being.*

### 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:

*O Mestrado em Ciência de Dados enquadra-se naturalmente no projecto educativo, científico e cultural da Faculdade de Ciências. A formação oferecida é multi-disciplinar, fortemente alicerçada na oferta educativa já existente na Faculdade de Ciências, mas que viabiliza fortes sinergias com a área emergente da Ciência de Dados. A oferta do Mestrado em Ciência de Dados enquadra-se na actividade de investigação de vários docentes da Faculdade de Ciências, pertencentes a essencialmente todos os seus departamentos. Finalmente, a formação oferecida contribuirá para a dinâmica de intercâmbio científico e tecnológico com o tecido empresarial.*

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

*The MSc degree in Data Science (MDS) fits naturally in the educational, scientific and cultural project of the Faculty of Sciences (FC) of ULisboa. The training is multi-disciplinary, deeply rooted in the educational offer already in place at FC, but which enables strong synergies with the emerging area of Data Science. The MDS reflects naturally the research activity of several lecturers of the Faculty of Sciences, from essentially all of its departments. Finally, the training provided to the students will contribute to increase the scientific and technologic exchanges with companies.*

**3.3. Unidades Curriculares****Mapa IV - Fundamentos de Ciência de Dados/Foundations of Data Science****3.3.1. Unidade curricular:**

*Fundamentos de Ciência de Dados/Foundations of Data Science*

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

*Sara Alexandra Cordeiro Madeira - T: 10.5*

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

*Tiago João Vieira Guerreiro - T: 10.5*

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

*Esta UC fornece uma visão alargada e introdutória sobre as ciências de dados. Aborda os fundamentos das ciências de dados; recolha e gestão de dados; fundamentos de estatística, prospecção de dados e aprendizagem automática; visualização de dados; e tópicos de investigação em ciência de dados. No final da UC o aluno deverá demonstrar um conhecimento alargado da ciência de dados, incluindo fundamentos, ferramentas e cenários de aplicação.*

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

*This course provides a broad and introductory view on data science. Covers the foundations of data science; data collection and management; fundamentals of statistics, data mining, and machine learning; data visualization; and research topics in data science. At the end of this course, the student should demonstrate a broad knowledge of data science, including fundamentals, tools and application scenarios.*

**3.3.5. Conteúdos programáticos:**

- 1. Fundamentos de ciência de dados: introdução, aplicações, data science toolkit.*
- 2. Recolha e gestão de dados: fontes e tipos de dados, recolha e processamento de dados; gestão e segurança de dados; big data e dados na web.*
- 3. Fundamentos de estatística, prospecção de dados e aprendizagem automática.*
- 4. Visualização de dados 5. Tópicos de investigação em ciência de dados.*

**3.3.5. Syllabus:**

- 1. Foundations of data science: introduction, applications the data science toolkit.*
- 2. Data collection and management: data sources and types, data gathering and pre-processing; data management and security; big data and data in the web.*
- 3. Fundamentals of statistics, data mining, and machine learning.*
- 4. Data visualization 5. Research topics in data science.*

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

*O programa da UC é abrangente por forma a cobrir o grande leque de tópicos e áreas envolvidas na ciência dos dados com o objectivo de oferecer aos alunos uma visão holística da área de estudo. Os tópicos seguem as recomendações da EDSA-European Data Science Academy (Data Science Curricula).*

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

*The UC contents are broad in order to cover the wide range of topics and areas involved in data science aiming at offering the students a holistic view on data science. The topics follow the recommendations of EDSA-European Data Science Academy (Data Science Curricula).*

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

*Método de Ensino - 1.5T Método de Avaliação - Avaliação Contínua + Projecto/Exame*

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

*Teaching - 1.5T Evaluation - Continuous evaluation + Project/Exam*

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

*Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa utiliza sistematicamente quatro tipos diferentes de aulas: i) Teóricas (T): aulas essencialmente expositivas por parte do docente, nas quais os conceitos e métodos são explicados e exemplificados aos alunos; ii) Teórico-Práticas (TP): aulas de exercícios cuidadosamente seleccionados de modo a consolidar a aquisição dos conceitos e/ou trabalho computacional, nas quais os alunos trabalham individualmente com apoio dos docentes. Embora a participação nas aulas teóricas seja encorajada, nas aulas teórico-práticas os alunos, divididos em turmas mais pequenas, têm um papel mais activo, colaborando na resolução dos problemas e/ou trabalho computacional, colocando questões e tentando clarificar as suas dúvidas; iii) Práticas (PL): aulas de laboratório nas quais os alunos realizam actividades experimentais consideradas formativas (individualmente ou em grupo) com o apoio dos docentes; iv) Orientação Tutorial (OT): sessões de esclarecimento de dúvidas para um ou mais alunos. Nesta disciplina são utilizadas 1.5TP por se considerar que esta é a combinação mais conveniente para atingir os objectivos da unidade curricular tendo em atenção os seus conteúdos.*

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

*The Faculty of Sciences of the University of Lisbon systematically uses four different types of classes: i) Teóricas (T): essentially expository lectures by professors, in which the concepts and methods are explained and exemplified; ii) Teórico-Práticas (TP): during these sessions students work individually, with teaching staff support, solving selected exercises in order to consolidate the relevant concepts, frequently including computational work. Although student participation is encouraged during theoretical (T) classes, TP's have a much smaller number of students per class, allowing them to have a much more active role while solving problems, asking questions and trying to clarify their doubts; iii) Práticas (PL): laboratory classes in which students carry out (individually or in groups) formative experimental activities, with teaching staff support; iv) Tutoriais (OT): sessions used for more personalized student support. This course uses 1.5 T hours per week because this is the optimal combination to achieve the course objectives for the selected syllabus.*

### 3.3.9. Bibliografia principal:

*- The Data Science Handbook, F. Cady, Wiley, 2017- Data Science from Scratch: First Principles with Python, Joel Grus, O'Reilly, 2015- Doing Data Science, Rachel Schutt and Cathy O'Neil, O'Reilly, 2014*

## Mapa IV - Seminário em Ciência de Dados/Seminar of Data Science

### 3.3.1. Unidade curricular:

*Seminário em Ciência de Dados/Seminar of Data Science*

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

*Tiago João Vieira Guerreiro - S:14h*

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

*---*

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

*Esta disciplina oferece uma visão geral da ciência dos dados, com foco nas suas áreas aplicacionais, através do exposição de temas por parte de especialistas. Estes seminários, com oradores da academia e da indústria, oferecem uma perspetiva complementar à formação introdutória em ciência dos dados, que se prevê oferecer uma visão da larga abrangência e impacto do curso. Serão realizados seminários em áreas fundamentais e tecnológicas bem como nas áreas de aplicação da saúde, biologia, finanças, lazer (jogos), transportes, comunicação, farmacêutica, entre outras.*

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

*This course offers an overview of data science, with a focus in its application areas, based on presentations by area experts. These seminars, with invited speakers from academia and industry, offer a complementary introductory formation to data science, that is likely to provide an overview on the course large width and impact. Seminars in fundamental and technological areas are foreseen, as well as more application-grounded sessions, in the areas of health, finance, biology, gaming, transportation, communication, pharmaceutical, among others.*

### 3.3.5. Conteúdos programáticos:

*Não aplicável.*

### 3.3.5. Syllabus:

*Not applicable.*

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

*Não aplicável.*

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

*Not applicable.*

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

*Os seminários serão realizados semanalmente, com a duração de 1h. Estes seminários contemplam uma exposição por parte de um especialista de aproximadamente 40 minutos, seguida de 20 minutos de perguntas e discussão do tema. A avaliação é contínua e consiste na realização de uma exposição escrita sobre os temas apresentados.*

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

*The seminars happen weekly, with a duration of 1h. These seminars are composed of a presentation by an expert (40min), followed by 20 minutes of q&a and theme discussion. The evaluation is continuous and consist of written essays about the presented themes.*

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

*Sendo uma disciplina de exposição de temas, que tem como objectivo oferecer uma visão mais prática da área da ciência dos dados, o método de avaliação procura fomentar o aprofundamento desses temas por parte dos alunos, de uma forma pouco estruturada, encorajando a descoberta e dando espaço para preferências individuais.*

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

*As a theme exposition course, with the goal of offering a practical view of data science, the evaluation method tries to foster the deepening of those themes, in a loosely structured way, encouraging discovery and giving space for individual preferences.*

### 3.3.9. Bibliografia principal:

*Not applicable.*

## 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:***João Paulo Marques da Silva - T:28; TP 14***3.3.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:***Sara Alexandra Cordeiro Madeira - TP:7***3.3.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):***A unidade curricular oferece formação nos fundamentos da aprendizagem automática.***3.3.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):***The course offers an in-depth and in-breadth coverage of machine learning topics.***3.3.5. Conteúdos programáticos:**

1. *Fundamentos de aprendizagem automática;*
2. *Aprendizagem de conceitos;*
3. *Modelos em árvore: árvores de decisão;*
4. *Modelos com regras: listas de regras, conjuntos de regras;*
5. *Modelos lineares: regressão linear, perceptrão e backpropagation, introdução às support vector machines;*
6. *Modelos baseados em distância: classificação com k-nearest neighbours, clustering com K-means;*
7. *Modelos probabilísticos: naive Bayes, gaussian mixture models, expectation-maximization;*
8. *Atributos: tipos, selecção de atributos;*
9. *Tópicos adicionais: ensembles, random forests, graphical models, computação evolutiva.*

**3.3.5. Syllabus:**

1. *Fundamentals of machine learning;*
2. *Concept learning;*
3. *Tree models: decision trees;*
4. *Rule models: rule lists, rule sets;*
5. *Linear models: linear regression, perceptron and backpropagation;*
6. *Distance-based models: k-nearest neighbors classification;*
7. *Probabilistic models: naive Bayes, gaussian mixture models, expectation-maximization;*
8. *Features: types, feature selection, etc;*
9. *Additional topics: ensembles, random forests, graphical models, evolutionary computation.*

**3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:***As opções feitas ao nível da leccionação e avaliação adequam-se a unidades curriculares do 2º ciclo, privilegiando a iniciativa dos alunos, quer nas aulas quer nos projectos. As aulas teóricas apresentam os conceitos principais, sendo complementadas por aulas-teórico-práticas e/ou prático-laboratoriais.***3.3.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:***The options made in terms of teaching and assessment are adequate to 2nd cycle courses, promoting the student's initiative, either in the lectures or in the labs. The lectures serve to present the main concepts, and are complemented by practicals and or lab sessions.***3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):***Aulas de exposição da matéria, aulas de resolução de exercícios e/ou laboratoriais. Componentes de avaliação: contínua + projecto(s) + exame***3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):***Lectures to present the course topics, practicals and/or lab sessions. Grading components: continuous assessment + project(s) + exam***3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:***As escolhas feitas para a pedagogia adotada nesta UC (Unidade Curricular) seguem o espírito de Bolonha fomentando a iniciativa e participação ativa e dinâmica dos alunos (caso das apresentações orais com discussão entre todos e das apresentações públicas dos projectos). Os projectos de programação fomentam a aprendizagem de um conjunto de paradigmas e seus algoritmos. O concurso de data-mining aumenta a motivação. As aulas teórico-práticas são em geral em Laboratório.***3.3.8. Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:***The choices made for the pedagogy of this discipline and UC follow the spirit of Bologna, promoting the active participation and initiative of students and the pushing of learning at large (the case of oral presentations with discussions and public projects presentations). The programming projects foster learning of a set of paradigms and their core algorithms. The Data-mining contest increases motivation. The theorico-practical lectures are mostly inside the lab.***3.3.9. Bibliografia principal:**

1. *P. Flach, "Machine Learning", CUP, 2012*
2. *C. Bishop, "Pattern Recognition and Machine Learning", Springer, 2006*
3. *T. Hastie et al., "The Elements of Statistical Learning", Springer, 2009*

**Mapa IV - Tecnologia de Bases de Dados/Database Technology****3.3.1. Unidade curricular:***Tecnologia de Bases de Dados/Database Technology*

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

*Cátia Luísa Santana Calisto Pesquita - T:28; TP:21*

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

---

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

*A disciplina apresenta os conceitos e tecnologias que constituem as fundações dos sistemas de gestão de bases de dados (SGBDs), com ênfase nos SGBDs relacionais e também nas novas tecnologias NoSQL. Os SGBDs são dos sistemas mais complexos e abrangentes da Informática, sendo muitas das suas técnicas largamente empregues no desenvolvimento de muitos outros sistemas e aplicações. No final da disciplina os estudantes devem saber: Aplicar e afinar técnicas de implementação de SGBDs; Compreender, desenvolver e avaliar técnicas para SGBDs de alto desempenho; Identificar e distinguir alternativas de SGBDs para diferentes tipos de dados, contextos e aplicações.*

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

*The database technology course presents the core concepts and technologies of database management systems (DBMSs), with emphasis on relational DBMSs and the new emerging NoSQL approaches. DBMSs are one of the most complex types of systems and employ many of the basic concepts in computer science. Many of the used techniques and solutions are prevalent in the development of many other systems and computer applications. By the end of the course students will know: Apply and tune implementation techniques for DBMSs; Understand, develop and evaluate techniques for high performing DBMSs; Identify and distinguish DBMSs alternatives for different types of data, contexts and applications.*

**3.3.5. Conteúdos programáticos:**

*Componentes de um sistema de gestão de bases de dados. Diferentes tipos de bases de dados: relacionais, documentos, grafos, colunas, chave-valor, e conhecimento. Organização física de dados e métodos de acesso. Processamento de interrogações, realização de operadores relacionais, e afinação de desempenho. Gestão de transações. Controlo de concorrência e recuperação de faltas. Segurança de informação em bases de dados relacionais. Bases de dados paralelas e distribuídas.*

**3.3.5. Syllabus:**

*Components of a database management system. Different database types: relational, document, graph, column, key-value, and knowledge. Physical data organisation and access methods. Query processing, evaluation of relational operators, and performance tuning. Transaction management. Concurrency control and crash recovery. Information security in relational databases. Parallel and distributed databases.*

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

*Os conteúdos programáticos cobrem os tópicos de relevo que constituem as fundações dos sistemas de gestão de bases de dados (SGBDs), dando aos estudantes uma visão abrangente sobre os SGBDs, com ênfase numa comparação dos diferentes tipos de bases de dados e aprofundamento das diferentes técnicas de afinação dos SGBDs para alto desempenho.*

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

*The syllabus covers relevant topics in database management systems (DBMSs) foundations, giving students a broad view of DBMSs, with emphasis on comparing different database types and a deeper understanding of techniques for high performance of DBMSs.*

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

*Nas aulas teóricas, serão explorados os diferentes tópicos do conteúdo programático, com leituras recomendadas ao longo do semestre que serão discutidas nas aulas. Estas são complementadas com aulas práticas e de laboratório onde os alunos desenvolvem e afinam uma base de dados relacional, bem como uma base de dados NoSQL. Existe um método de avaliação: projeto (35%), exame (55%), e participação (10%). O projeto é avaliado em etapas distintas durante o semestre. Os alunos com estatuto de trabalhador-estudante podem substituir a participação nas aulas por respostas a questões semanais.*

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

*The lectures will explore the different topics of the syllabus, with recommended readings being discussed throughout the semester. These are complemented by practical and laboratory classes, where students develop and tune a relational database and a NoSQL database. There is one evaluation method: project (35%), final exam (55%), and class participation (10%). The project is evaluated in distinct stages over the semester. Students who are also workers can replace class participation with answers to weekly questions.*

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

*A dissecação das componentes de um SGBD moderno efetuada nas aulas teóricas é acompanhada de exemplos concretos baseados no SGBD que os alunos utilizam nos laboratórios. A boa aplicação de conceitos teóricos e teórico-práticos no projeto semestral de desenvolvimento e afinação de um sistema de informação permite obter maior eficiência computacional, que é valorizada pelo mercado de trabalho. Ao explorar diferentes tipos de bases de dados, é também dada resposta à necessidade emergente de novos paradigmas de bases de dados.*

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

*The theoretical dissection of the components of a modern DBMS is accompanied by concrete examples from the DBMS that students use in laboratories. A good application of theoretical and practical concepts to the development and tuning of an information system, which takes place during the entire semester, allows for greater computational efficiency, which is valued by the labor market. By exploring different types of databases, we also address the growing need for new database paradigms.*

**3.3.9. Bibliografia principal:**

*Ramakrishnan, R., & Gehrke, J. (2003). Database management systems (3rd ed.). Boston: McGraw-Hill. Feuerstein, S. (2009). Oracle PL/SQL programming (5th ed.). Sebastopol, CA: O'Reilly & Associates. Gray, J., & Reuter, A. (1993). Transaction processing: Concepts and techniques. San Mateo, Calif.: Morgan Kaufmann. Sadalage, P. J., & Fowler, M. (2012). NoSQL distilled. AddisonWesley Professional.*

**3.3.1. Unidade curricular:***Modelos Estatísticos/Statistical Models***3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:***Maria Salomé Esteves Cabral - T:28; TP:14***3.3.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**

----

**3.3.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):***Pretende-se habilitar os alunos a saber usar os vários modelos de regressão para analisar dados de natureza variada. O aluno deve ser capaz de utilizar software adequado (em particular o R) para modelar e interpretar correctamente os resultados obtidos. Pretende-se também complementar conhecimentos obtidos noutras disciplinas.***3.3.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):***Upon completion of this course, the students must have the ability to build the appropriate models for different study designs. They should be able to choose, apply, and interact with statistical software (in particular R) for the several models.***3.3.5. Conteúdos programáticos:***Módulo 1 – Modelos de Regressão Linear Revisão de conhecimentos sobre modelo de regressão linear; análise de variância como caso especial do modelo de regressão linear; métodos de selecção de variáveis e de diagnóstico do modelo. Módulo 2 – Modelos Lineares Generalizados Definição de um modelo linear generalizado; modelos para respostas contínuas; modelos para respostas binárias, modelos para respostas ordinais e modelos para contagens; sobredispersão; inferência nos MLG, selecção de variáveis e métodos de diagnóstico; aplicações Módulo 3 – Extensões dos Modelos Lineares Generalizados Necessidade da extensão dos MLG para contemplar heterogeneidade, dependência, medições repetidas; não linearidade. Modelos de efeitos aleatórios – inferência e predição; Medições repetidas e modelos de dados longitudinais; respostas múltiplas e modelos multinível; Modelos de efeitos mistos para dados não normais; modelos lineares generalizados mistos; modelos aditivos.***3.3.5. Syllabus:***I Linear Regression Models Revision of the linear regression model; analysis of variance as a special case; selection of variables and model adequacy. II Generalized Linear Models Definition of a GLM; models for continuous response; models for binary response, models for ordinal response and models for counts; over dispersion; variable selection and model adequacy. III Extension of the GLM The need for the extension; heterogeneity, dependence, repeated measures and nonlinearity; Random effects models; Repeated measures and longitudinal data; multiple responses; Mixed effect models for non-normal responses; generalized linear mixed models; Additive models.***3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:***A estruturação do programa em 3 módulos: Modelos de Regressão Linear, Modelos Lineares Generalizados e Extensões dos Modelos Lineares Generalizados, permite aos alunos complementarem conhecimentos obtidos noutras disciplinas e adquirir, de forma progressiva e gradual, os saberes necessários para usarem os vários modelos de regressão na análise de dados de natureza variada.***3.3.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:***The division of the program in 3 parts: Linear Regression Models, Generalized Linear Models and Extension of the GLM, allows the student to consolidate the knowledge as well as the acquisition of new methodologies to be used in the analysis of different kinds of data.***3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):***São apresentados conceitos fundamentais de modelação, selecção de modelos e sua adequabilidade de um modo geral; do ponto de vista prático dá-se relevo à escolha adequada do modelo e à sua interpretação. A metodologia de ensino baseia-se na exposição e explicação do tema da aula seguido de aplicação prática usando, de preferência, o programa R. Na discussão dos vários temas são utilizados dados reais. (i) 2 Testes ou (ii) Exame Final***3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):***Basic concepts of modelling, selection and adequacy are introduced with detail; There will be a combination of lectures, demonstrations and hands-on computer practical sessions. The R package is used. The several subjects will be discussed, using real data. (i) 2 Tests or (ii) Final exam.***3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:***A exposição dos conceitos teóricos e a sua aplicação na resolução de problemas reais com recurso ao programa R criam uma interacção entre teoria e prática que permitem estabelecer as pontes entre as duas, solidificando os conhecimentos e ao mesmo tempo dando a capacidade de identificação dos modelos para analisarem dados de natureza variada.***3.3.8. Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:***The combination of lectures, demonstrations and hands-on computer practical sessions, using the R package, allows a comprehensive approach of theory and practical problems leading to an understanding of the relation between them and the ability of analyse real data.***3.3.9. Bibliografia principal:***Cabral, M. S., e Gonçalves, M. H. (2011) - Análise de Dados Longitudinais. Sociedade Portuguesa de Estatística, ISBN: 978-972-8890-24-7 Depósito Legal nº 332365/11.  
Faraway, J. J. (2006) Extending the Linear Model with R; Generalized Linear, Mixed Effects and Nonparametric Regression Models. Chapman & Hall.***Mapa IV - Estatística Bayesiana/Bayesian Statistics****3.3.1. Unidade curricular:***Estatística Bayesiana/Bayesian Statistics*

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

*Patrícia Cortés de Zea Bermudez - T:28; PL:14*

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

\*\*\*\*\*

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

*O objectivo da disciplina é o de introduzir as ideias fundamentais da metodologia bayesiana, compará-la em termos das suas vantagens e desvantagens relativamente à metodologia clássica para resolver problemas de inferência estatística. Os estudantes devem ser capazes de construir um modelo bayesiano para um problema específico, implementá-lo usando software adequado, tirar e interpretar correctamente as conclusões.*

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

*The objective of the discipline is to introduce the Bayesian Methodology as an alternative to the Classical methodology to solve statistical inference problems and to compare both methodologies, presenting their advantages and disadvantages. The students should be able to construct Bayesian models, implement them using adequate software and take and properly interpret the conclusions.*

**3.3.5. Conteúdos programáticos:**

*1. Probabilidade subjectiva; informação a priori; informação por amostragem; Metodologia Bayesiana versus Metodologia Clássica. 2. Vantagens e desvantagens da Metodologia Bayesiana; Teorema de Bayes; 3. Modelo paramétrico; o parâmetro como variável aleatória; generalização do teorema de Bayes; distribuição a priori e distribuição a posteriori. 4. Considerações sobre a eliciação de distribuições a priori; distribuições a priori não informativas; distribuições a priori conjugadas. 5. Inferências do ponto de vista bayesiano; conceitos gerais sobre estimação (pontual e regional), testes de hipóteses e predição; comparação de modelos. 6. Análise de alguns modelos discretos: modelo binomial; modelo de Poisson. 7. O modelo normal; inferências sobre a média. 8. Técnicas de implementação do paradigma bayesiano; o "Teorema Limite Central Bayesiano". 9. Métodos de simulação para amostrar da distribuição a posteriori: Monte Carlo simples e Monte Carlo via cadeias de Markov (MCMC). Software OpenBUGS.*

**3.3.5. Syllabus:**

*1. Subjective probability; prior information; sampling information; Metodologia Bayesian versus Frequentist methodology 2. Advantages and disadvantages of Bayesian Methodology; Bayes theorem as an updating information tool. 3. Parametric model; the parameter as a random variable; generalization of Bayes theorem; prior and posterior distributions. Examples of application. 4. Elicitation of prior distributions; non-informative prior distributions; family of conjugate prior distributions. 5. Inference from a Bayesian point of view; general concepts about estimation, hypotheses testing and prediction; model comparison. 6. Analysis of discrete models; binomial and Poisson models. Application to concrete cases. 7. Inference on the normal model. 8. Analytical and computational tools for the implementation of the Bayesian paradigm. The Bayesian Central Limit Theorem. 9. Simulation methods; Simple Monte Carlo and Monte Carlo Markov Chain (MCMC) method 10. OpenBUGS software.*

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

*A Estatística Bayesiana é uma metodologia estatística cada vez mais usada em várias áreas científicas, como abordagem inferencial alternativa na resposta a problemas de natureza complexa. É importante que os estudantes tenham contacto com os conceitos fundamentais subjacentes a esta metodologia, saibam construir os modelos bayesianos, implementá-los e interpretar os seus resultados. Os primeiros 7 pontos dos conteúdos programáticos dão a formação de base para se compreender o paradigma bayesiano e perceber as diferenças filosóficas e conceptuais que distinguem as duas metodologias, clássica e bayesiana. A eliciação da distribuição a priori é fundamental ao desenvolvimento da metodologia e por isso dá-se especial relevância a essa questão no ponto 4. O software mais utilizado em metodologia Bayesiana é o OpenBUGS. Este software, de livre acesso, usa o método de MCMC. É pois necessário no ponto 9 a referência a esses métodos de simulação e análise inferencial.*

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

*Bayesian Statistics is, nowadays, very often chosen as a statistical methodology to answer inferential problems in many applications where problems have of a complex nature. It is important that students learn the basic fundamental concepts behind this methodology, know how to construct and implement a Bayesian model, take the appropriate conclusions and interpret them adequately. The first 7 points in the proposed syllabus aim to fulfill those objectives and to understand the basic differences between the two statistical methodologies: Classical and Bayesian. Elicitation of prior information is a key piece in the Bayesian paradigm, hence it is essential to devote some time to that issue. This is done in the point 4 of the syllabus. Bayesian Statistics relies heavily in simulation methods, basically on MCMC methods which is the basic tool in OpenBUGS, the most used software for Bayesian Statistics. Hence the need for the point 9 of the syllabus.*

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

*As aulas são distribuídas em aulas teóricas, onde a matéria é apresentada formalmente usando os meios de ensino tradicionais; nas aulas práticas são resolvidos exercícios académicos para consolidar os conhecimentos introduzidos nas aulas teóricas; nas aulas práticas também são resolvidos problemas de natureza mais complexa, nomeadamente problemas com dados reais, cuja resolução necessita de software adequado. Exame final com peso de 100%*

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

*As aulas são distribuídas em aulas teóricas, onde a matéria é apresentada formalmente usando os meios de ensino tradicionais; nas aulas práticas são resolvidos exercícios académicos para consolidar os conhecimentos introduzidos nas aulas teóricas; nas aulas práticas também são resolvidos problemas de natureza mais complexa, nomeadamente problemas com dados reais, cuja resolução necessita de software adequado. Exame final com peso de 100%*

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

*Sendo o objectivo principal da disciplina a introdução de conceitos teóricos devidamente fundamentados, o padrão tradicional de ensino de aulas teóricas onde a matéria é exposta com rigor, é peça fundamental para a compreensão e assimilação dos conceitos. Esta exposição é sempre acompanhada por exemplos práticos de natureza académica. Raramente problemas inferenciais com recurso à abordagem bayesiana têm solução analítica simples; alguns destes exemplos são apresentados nas aulas. A sua resolução ajuda na compreensão e cimentação dos conceitos teóricos. No entanto, a abordagem bayesiana a problemas reais e de natureza um pouco mais complexa, necessita do recurso a métodos aproximados ou de simulação. Esses métodos são em geral de implementação difícil, necessitando de conhecimentos avançados de programação, que só se adquire com muita prática. Não se exige pois que os alunos sejam capazes de desenvolver programas para a implementação dos métodos a problemas de natureza mais complexa. Assim, nas aulas práticas*

*resolvem-se esses problemas com recurso ao software OpenBUGS, não descurando, no entanto, a compreensão profunda do modo como através desse software, os resultados são obtidos.*

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

*Since the main objective of the discipline is to introduce theoretical concepts, they should be rigorously introduced and hence, the traditional way of giving lectures where the theory is exposed with rigor is fundamental for the comprehension and assimilation of the basic ideas and concepts. Nevertheless this exposition is always accompanied by simple examples of an academic nature. Rarely Bayesian inferential problems have a simple analytical solution. These ones are given in tutorials since its resolution will help students to understand the basic aspects of the methodology. However, the Bayesian approach to real problems of a slight complex nature, requires the use of approximate and simulation methods. Those methods are, in general, difficult to implement, needing an advanced knowledge in programming, which requires a lot of practice. It is not required that the students should be able to develop their own programs to implement the methodology. In practical classes in the computer labs, the students will learn how to use the software OpenBUGS to answer those type of problems, although it will be required that they fully understand the methods behind the software and fully understand the output results and their proper interpretation.*

### 3.3.9. Bibliografia principal:

*Albert, J. (2009) Bayesian Computation with R. 2nd Edition. Springer. Bernardo, J.M. e Smith, A.F.M. (1994) Bayesian Theory. Chichester, Wiley. Bolstad, W.M. (2004) Introduction to Bayesian Statistics. New Jersey: John Wiley and Sons. Carlin, B.P. e Louis, T. (2000). Bayes and Empirical Bayes Methods for Data Analysis. 2nd ed. London: Chapman and Hall. Hoff, P. D. (2009). A first course in bayesian statistical methods. Springer. O'Hagan, A. (1994) Bayesian Inference. Kendall's Advanced Theory of Statistics, vol 2B. London: Arnold. Paulino, C.D., Amaral Turkman, M.A. e Murteira, B. (2003) Estatística Bayesiana. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.*

## Mapa IV - Processos de Previsão e Decisão/Prediction and Decision Processes

### 3.3.1. Unidade curricular:

*Processos de Previsão e Decisão/Prediction and Decision Processes*

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

*António José Lopes Rodrigues - T:28; TP:14*

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

----

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

*Apresentar princípios e métodos básicos relevantes para a decisão económica e a monitorização ou controle de processos – em especial, regras de decisão ótima, baseadas em previsões, para resolução de problemas de aprovisionamento e de investimento; reforçar os aspectos de modelação e representação e de programação em computador; dar ênfase ao estudo de modelos estocásticos dinâmicos e acentuar a dualidade e complementaridade dos modelos preditivos e prescritivos.*

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

*To present basic principles and methods relevant for economic decision-making or for the monitoring and control of processes — in particular, forecast-based optimal decision rules for solving inventory or investment problems; to reinforce the aspects related to modelling and representation and computer programming; to emphasize the study of dynamic stochastic models and the duality and complementarity of predictive and prescriptive models.*

### 3.3.5. Conteúdos programáticos:

*1. Processos e modelos preditivos vs prescritivos - conceitos básicos. - Exemplos de problemas de análise de decisão, e de critérios de optimalidade. - Tipologia e exemplos de séries temporais, modelos e métodos de previsão, e medidas de desempenho. 2. Previsão de séries temporais - Alisamento exponencial simples. Aplicações. Previsão de processos de procura irregular. - Variantes de AE. Métodos de estimação recursiva. - Decisão ótima baseada em previsões. - Modelos lineares e não lineares. Curvas de crescimento. Previsão Tecnológica. 3. Problemas de decisão simples - Tabelas de decisão. Decisão sob risco. - Modelo estocástico de período único (Problema do Ardina). - Modelos estocásticos bi-período. Árvores de Decisão. 4. Processos de decisão iterados - Regras de cooperação/competição. Dilema do Prisioneiro Iterado. - Regras de controlo: revisão periódica vs. revisão contínua. - Processos markovianos. Processos de decisão markovianos. Programação dinâmica estocástica.*

### 3.3.5. Syllabus:

*1. Introduction - Predictive vs prescriptive processes and models - basic concepts. - Examples of decision analysis problems, and of optimality criteria. - Types and examples of time series, forecasting models and methods, and performance measures. 2. Time series forecasting - Simple exponential smoothing. Applications. Forecasting of irregular demand processes. - Other exponential smoothing methods. Recursive estimation methods. - Forecast-based optimal decision-making. - Linear and nonlinear models. Growth curves. Technological Forecasting. 3. Single-stage decision problems - Decision tables. Decision under risk. - Single-period stochastic model (newsvendor problem). - Two-period stochastic models. Decision trees. 4. Iterated decision problems - Cooperation/competition rules. The Iterated Prisoners Dilemma problem. - Control rules: periodic review vs. continuous review. - Markov processes. Markov decision processes. Stochastic dynamic programming.*

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

*Todos os tópicos do programa destinam-se a, conforme os objetivos enunciados, apresentar princípios e métodos básicos relevantes para a decisão económica e a monitorização ou controle de processos, reforçando os aspectos de modelação e representação e de programação em computador, dando ênfase ao estudo de modelos estocásticos dinâmicos e acentuando a dualidade e complementaridade dos modelos preditivos e prescritivos.*

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

*All of the syllabus topics aim at, according to the objectives indicated, present the basic principles and methods relevant for economic decision-making or for the monitoring and control of processes, reinforcing the aspects related to modelling and representation and computer programming, and emphasizing the study of dynamic stochastic models and the duality and complementarity of predictive and prescriptive models.*



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

*Aulas teóricas e teórico-práticas, com coordenação e interligação total entre elas. Exame escrito obrigatório, e exercícios (trabalhos) para avaliação complementar opcionais.*

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

*Regular ("theoretical") lectures, as well as practical classes, with full coordination and interaction between them. Final written examination (compulsory); optional homework assignments (more demanding exercises), for complementary evaluation and grading.*

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

*As metodologias de ensino e as componentes da avaliação, incluindo os trabalhos, visam a aquisição e consolidação de conhecimentos metodológicos e experimentais nos tópicos da unidade curricular por forma a cumprir os objectivos enunciados.*

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

*The teaching methodologies and the evaluation components, including the home assignments, aim the acquisition and consolidation of methodological and experimental knowledge on the unit topics towards meeting the objectives indicated.*

**3.3.9. Bibliografia principal:**

*- A.J. Rodrigues, Processos de Previsão e Decisão (apontamentos de apoio). DEIO-FCUL, 2017. - F.S. Hillier & G.J. Lieberman, Introduction to Operations Research, 9th ed.. McGraw-Hill, 2010. - H.A. Taha, Operations Research: An Introduction, 8th ed. Prentice Hall, 2006. - W.L. Winston, Operations Research: Applications and Algorithms, 4th ed. Duxbury, 2004. - S. Makridakis, S. Wheelwright, R. Hyndman, Forecasting: Methods and Applications, 3rd ed., Wiley, 1998. - K.T. Marshall, R.M. Oliver, Decision Making and Forecasting, McGraw-Hill, 1995.*

**Mapa IV - Amostragem e Análise de Dados/Sampling and Data Analysis****3.3.1. Unidade curricular:**

*Amostragem e Análise de Dados/Sampling and Data Analysis*

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

*Margarida Maria Teixeira Diniz Mendes Leal - T:11.97; TP:15.96*

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

*Maria Teresa Themido da Silva Pereira - T:9.03; TP:12.04*

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

*O objectivo da Parte I desta unidade curricular é fornecer conhecimentos sobre os métodos mais utilizados na recolha de informação estatística sobre populações finitas e correspondente tratamento estatístico dos dados obtidos. O objectivo da Parte II desta unidade curricular é dar conhecimentos sobre as ideias básicas, aplicações e métodos da análise de dados multivariados. Após uma introdução sobre conceitos fundamentais, os estudantes devem aprender quatro métodos de análise de Dados Multivariados: análise em componentes principais; análise factorial; análise classificatória e análise de tabelas de contingência. Deverão saber quando aplicá-los e interpretar correctamente os resultados. Pretende-se também que os estudantes ganhem a capacidade de saber trabalhar com um ou mais programas informáticos que incluam estes métodos.*

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

*The objective of Part I of this curricular unit is to teach the classical methods of sampling of finite populations used in surveys and the corresponding statistical analysis of data. The objective of Part II of this curricular unit is to acquaint students with the basic ideas, applications and methods of multivariate data analysis. After an introductory overview of fundamental concepts, students will learn four multivariate data analysis methods: principal component analysis, factor analysis, cluster analysis and analysis of contingency tables. They should know when to apply them and interpret the results correctly. It is also intended that the students gain the ability to learn how to work with software that include these methods.*

**3.3.5. Conteúdos programáticos:**

*Parte I: Amostragem Recolha de informação estatística: censos e sondagens. Amostragem aleatória vs não aleatória. Vários tipos de amostras não aleatórias. Amostragem aleatória: simples; sistemática; com probabilidades desiguais; covariáveis; estratificada; por grupos e multi-etapas; dupla. Estimação: da média; do total de uma população; de uma proporção. Parte II: Análise Dados Multivariados Generalidades - dados multivariados. Representação gráfica. Análise em Componentes Principais - construção das c. p.'s; redução de dimensionalidade; interpretação; propriedades. Análise Factorial: o modelo de AF; estimação de loadings; validação do modelo; redução de dimensionalidade; interpretação e rotação dos factores; comparação de ACP com AF. Análise Classificatória: semelhanças e dissimilaridades; métodos gráficos; métodos hierárquicos e não hierárquicos. Análise de Dados Categorizados - Tabelas de Contingência: testes de independência e de homogeneidade; análise da dependência entre variáveis.*

**3.3.5. Syllabus:**

*Part I Survey Sampling Collecting information from finite populations - Census and surveys. Random sampling vs. non-random sampling. Several types Random sampling - Simple; Systematic sampling; Unequal probability sampling; Ratio and Regression estimators; Stratified and Multi-stage sampling; Double Sampling. Estimation of the population mean and of the population total; estimation of a population proportion. Part II Multivariate Data Analysis Basic concepts. Graphical representation. Principal Component Analysis - construction of principal components; dimensionality reduction; interpretation; properties. Factor Analysis - the FA model; loadings estimation; model validation; dimensionality reduction; interpretation of factors; factor rotation; comparison of PCA with FA. Cluster Analysis: similarities and dissimilarities; graphical methods; hierarchical and non-hierarchical methods. Categorical Data Analysis - Contingency Tables: independence and homogeneity tests; dependence analysis.*

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

*Os conteúdos programáticos foram seleccionados tendo em conta o nível intermédio da disciplina, os fundamentos teóricos principais bem como a natureza prática das matérias. O curso tem como objectivo dar aos alunos a capacidade de saber recolher informação e analisá-la, bem como interpretá-la e comunicar os resultados tanto a especialistas como a não especialistas. Nesse sentido, escolheu-se*

*um programa abrangente, combinando os principais métodos de amostragem com os de análise de dados multivariados, procurando dar aos alunos a visão completa do processo de recolha e análise de dados. O programa é dado de modo a que os alunos adquiram competências na parte computacional dos métodos apresentados e na interpretação das diferentes metodologias apresentadas.*

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

*The content of this curricular unit was selected taking into account it is an intermediate course, the main theoretical concepts and the practical nature of the subject. The main objective of the course is to teach the students how to collect data, how to analyse them and how to interpret the results. They should learn how to communicate the results to possible collaborators, whether they are experts on the field or not. Hence, the course intends to give a broad view of the main methods of survey sampling and multivariate data analysis, so that the students understand the complete process of collecting and analysing data. The course teaches the use of computer software oriented to data analysis and how to interpret the results.*

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

*Aulas teóricas onde é exposta a matéria, incluindo a análise de casos de estudo. Aulas práticas, onde são resolvidos exercícios de aplicação recorrendo frequentemente ao auxílio de software apropriado. Exame final*

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

*Lectures classes present theoretical subjects, including many examples. The practical classes work on the solution of proposed exercises many of them using appropriate computer software. Final exam*

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

*Esta disciplina é de natureza prática e dá uma visão abrangente dos diferentes métodos estatísticos utilizados para recolher e analisar dados. Os métodos de ensino centram-se na resolução de exercícios, na utilização de software estatístico necessário à análise de dados e na interpretação dos resultados. Serão apresentadas algumas colecções de dados reais que são utilizadas como casos de estudo.*

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

*This practical course gives a broad view of the main statistical methodologies used to collect and analyse data. The emphasis is given to problem solving with the help of computer software and to the interpretation of the results of statistical analysis. Several collections of real data will be used as case studies.*

### 3.3.9. Bibliografia principal:

*Barnett, V. Sample Survey-Principles and Methods, 3ª ed, Wiley, 2003. Cochran, W. G. Sampling Techniques. Wiley, New York, 1977. Levy, P.S.; Lemeshow, S. Sampling of Populations: methods and applications. Wiley, New York, 1991. Tryfos, P. Sampling Methods for Applied Research - Text and Cases. Wiley, New York, 1996. Afifi, A.A.; Clark, V. Computer-aided multivariate Analysis. Lifetime Learning Publications. California, 1984. Agresti, A. Categorical Data Analysis. John Wiley & Sons, Inc. New York, 1990. Anderson, T.W. An Introduction to Multivariate Statistical Analysis. John Wiley & Sons, Inc. New York, 1985. Chatfield, C.; Collins, A.J. Introduction to Multivariate Analysis. Chapman and Hall, London, 1980. Everitt, B.S. The Analysis of Contingency Tables. Chapman and Hall, London, 1977. Mardia, K.V.; Kent, J.T.; Bibby, J.M. Multivariate Analysis. Academic Press, London, 1979. Rencher, a.c. (1995) – Methods of Multivariate Analysis. John Wiley & Sons, New-York.*

## Mapa IV - Métodos Computac. para Estatística e Inv. Operacional/Computational Meth. for Statist. and O. R.

### 3.3.1. Unidade curricular:

*Métodos Computac. para Estatística e Inv. Operacional/Computational Meth. for Statist. and O. R.*

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

*António José Lopes Rodrigues - T:10.5; PL:10.5*

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

*Patrícia Cortés de Zea Bermudez - T:10.5; PL:10.5*

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

*Pretende-se habilitar os estudantes na utilização de R e MATLAB — duas linguagens de programação e ambientes de computação de quarta geração, bastante comuns em aplicações científicas. Pretende-se também complementar conhecimentos obtidos ou a obter noutras disciplinas, relativamente ao processamento de dados e à resolução de problemas, especialmente no âmbito da Estatística e da Investigação Operacional.*

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

*This course aims to qualify students in using R and MATLAB — these are fourth generation programming languages and computing environments which are quite common in scientific applications. This course also aims to complement the skills and knowledge provided by other courses concerning data processing and problem solving, especially within Statistics and Operational Research.*

### 3.3.5. Conteúdos programáticos:

*Módulo 1: Parte I - Noções básicas de R Generalidades; escalares, vectores e matrizes; operações e funções básicas; operações de input/output; gráficos; construção de funções; estruturas de controlo; bibliotecas pré-definidas. Parte II - R em Estatística 1. Métodos numéricos para determinar zeros de funções. Método de Newton-Raphson. 2. Aproximação de integrais - regras do rectângulo, trapézio e Simpson. 3. Simulação. Método da transformação uniformizante. Como usar dados simulados para fazer inferência estatística. 4. Aproximação de integrais por Monte Carlo. Módulo 2: Linguagem MATLAB e aplicações 1. Bases de MATLAB: operações com matrizes; I/O; instruções de controlo; gráficos; scripts vs functions. 2. Programação estruturada: fluxogramas; pseudo-código; estruturação de algoritmos. 3. Geração de sequências determinísticas e estocásticas. Métodos simples de estimação recursiva. 4. Ajustamento de curvas; Algoritmo do simplex de Nelder-Mead. 5. Resolução de problemas de afectação.*

### 3.3.5. Syllabus:

*Module 1: Part I - R Basics General overview. Constants, arrays, matrices; operators and fundamental functions in R; input/output operations; graphics; building functions; control structures; pre-defined libraries Part II - R in Statistics 1. Numerical methods for solving equations. Newton-Raphson's method. 2. Approximating integrals - the rectangle, the trapezoidal and Simpson's rules. 3. Simulation. The*

*inverse method. How to use simulated data to make inferences. 4. Approximating integrals by Monte Carlo. Module 2: The MATLAB language and applications 1. Programming basics in MATLAB: matrix operations; I/O; flow control commands; graphics; scripts vs functions. 2. Structured programming: flow diagrams; pseudo-code; structuring of algorithms. 3. Generation of deterministic and stochastic sequences. Simple recursive estimation methods. 4. Curve fitting. Nelder-Mead simplex algorithm. 5. Approaches for solving assignment problems.*

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

*MATLAB e R são linguagens de programação e ambientes de experimentação utilizados noutras disciplinas como apoio à aplicação prática de métodos matemáticos à resolução de problemas reais. Os conteúdos programáticos propostos permitem ao estudante aprender a programar nestas linguagens e a aplicá-las na resolução de algumas questões, que serão posteriormente a chave para a resolução de problemas práticos que o estudante irá enfrentar no seu percurso escolar e profissional. As questões abordadas permitem ainda cimentar e complementar conhecimentos adquiridos noutras disciplinas.*

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

*MATLAB and R are programming languages and experimentation environments used in other disciplines to support for the practical application of mathematical methods to real-world problems. The proposed syllabus enables the students to learn the basics of those languages and apply them to key issues in solving practical problems that the student will likely encounter during the course and afterwards, in professional life. The problems discussed will serve, as well, to complement skills and knowledge provided by other curricular units.*

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

*Aulas teóricas e teórico-práticas, trabalho a desenvolver pelos alunos. Utilização intensiva dos pacotes de software (MATLAB e R), em sessões de demonstração, e para a realização de exercícios e trabalhos. Exame escrito final.*

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

*Lectures and practical work done by students. Intensive usage of the software packages (MATLAB and R), both in demonstration sessions, and for coursework and assignments. Final written exam.*

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

*As metodologias de ensino referidas correspondem directamente aos propósitos de desenvolvimento de competências nas duas linguagens, numa vertente bastante experimental. As aulas tutoriais sobre os métodos e temas de aplicação em computação científica, os trabalhos propostos, e a avaliação por exame escrito destinam-se à aquisição e consolidação de conhecimentos metodológicos e experimentais sobre esses temas.*

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

*The teaching methodologies mentioned above directly correspond to the purpose of enabling students to develop skills in both languages, following a very experimental approach. The tutorial classes on the scientific computing methods and application topics, as well as the assignments proposed and the written exam aim the acquisition and consolidation of methodological and experimental knowledge on those topics.*

### 3.3.9. Bibliografia principal:

*Módulo 1: Dalgaard, P. (2002). Introductory Statistics with R. Springer. Crawley, M.J. (2007). The R Book. Wiley. Gentle, J. (2002). Elements of Computational Statistics. Springer. Monahan, J. (2001). Numerical Methods of Statistics. Cambridge University Press. Ripley, B. (2011). Stochastic simulation. Wiley Series in Probability and Statistics, 2nd Edition. Módulo 2: The Mathworks, Inc. (2017). MATLAB Documentation — [www.mathworks.com/help/matlab](http://www.mathworks.com/help/matlab) Hahn, BD, Valentine, DT (2016). Essential MATLAB for Engineers and Scientists, 6th Ed.. Elsevier. Venkataraman, P (2009). Applied Optimization with MATLAB Programming, 2nd Ed.. Wiley. Pentico, D.W. (2007), Assignment problems: A golden anniversary survey. EJOR 176, 774-793.*

## Mapa IV - Métodos Estatísticos/Statistical Methods

### 3.3.1. Unidade curricular:

*Métodos Estatísticos/Statistical Methods*

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

*Cristina Maria Tristão Simões Rocha - T:28*

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

*Maria Fernanda Nunes Diamantino - TP:21*

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

*Pretende-se que os alunos consolidem ou adquiram conhecimentos sobre os conceitos fundamentais de Probabilidade e aprendam os métodos de Inferência Estatística, tanto paramétrica como não paramétrica, que constituem uma ferramenta indispensável à tomada de decisões em situações de incerteza, decisões essas que são necessárias a uma estratégia empresarial de sucesso. Deste modo, os alunos devem ser capazes de identificar e aplicar os métodos apropriados numa dada situação. Devem igualmente ser capazes de interpretar correctamente os resultados obtidos através da utilização de software estatístico. Pretende-se também que os conhecimentos adquiridos nesta UC constituam uma base sólida para outras disciplinas do curso.*

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

*The students should consolidate (or acquire) the fundamental concepts of Probability and learn the methods of parametric and nonparametric Statistical Inference, which are an essential tool to the decision in situations of uncertainty, so necessary to a successful business strategy. Thus, the students should be able to identify and to carry out the appropriate procedures in a given situation. Likewise, they should be able to make a correct interpretation of the results obtained by using statistical software. It is also intended that the knowledge acquired in this unit will provide a sound foundation for other units in the course.*

### 3.3.5. Conteúdos programáticos:

*Probabilidade: conceitos e propriedades. Probabilidade condicional e independência; teorema de Bayes. Variáveis aleatórias (discretas e contínuas) e parâmetros. Estudo detalhado de alguns modelos probabilísticos. Distribuições de amostragem dos momentos empíricos em populações normais. Teorema Limite Central. Inferência Estatística Paramétrica: estimação pontual; intervalos de confiança; testes de hipóteses. Inferência Estatística não Paramétrica: métodos não paramétricos para estudo de uma população e para comparação de duas ou mais populações.*

### 3.3.5. Syllabus:

*Probability: concepts and properties. Conditional probability and independent events; Bayes theorem. Discrete and continuous random variables; population parameters. Detailed study of some important probabilistic models. Sampling distributions of empirical moments in normal populations. The Central Limit theorem. Parametric Statistical Inference: point estimators; confidence intervals; hypothesis testing. Nonparametric Statistical Inference: nonparametric statistical methods to study a single population and to compare two or more populations.*

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

*Os métodos estatísticos apresentados são os mais frequentemente utilizados, sendo portanto essencial a sua aprendizagem. Além disso, a compreensão dos métodos de inferência estatística requer o conhecimento de conceitos de Probabilidade, sendo portanto necessário que os alunos comecem por adquirir esses conhecimentos.*

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

*The statistical methods that are taught in this unit are those that are most often used, so learning them is indispensable. In addition, understanding the methods of statistical inference requires knowledge of concepts of Probability, so the students must begin by acquiring such knowledge.*

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

*Aulas teóricas onde são expostos os tópicos referidos nos conteúdos programáticos, com o auxílio de slides da autoria do docente; aulas teórico-práticas onde são resolvidos problemas de aplicação da matéria leccionada. Avaliação periódica (constituída por dois testes parciais) ou exame final.*

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

*Lectures where the theory is presented and explained; problem solving classes where the students put into practice the statistical procedures. Periodic evaluation (two partial tests) or a final exam.*

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

*Os conceitos da teoria da Probabilidade e os métodos de inferência estatística são apresentados nas aulas teóricas sendo, sempre que possível, acompanhados de exemplos que permitem que os alunos se apercebam da aplicabilidade da Estatística em diferentes situações. Nas aulas teórico-práticas, os alunos têm a oportunidade de aplicar os seus conhecimentos e tomar consciência da importância da teoria na resolução de problemas práticos na vida real. A utilização de software estatístico vem, obviamente, facilitar a aplicação dos métodos de análise de dados.*

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

*The concepts of Probability and the methods of statistical inference are explained in lectures and, whenever possible, examples are also presented, in order to allow the students realize the applicability of statistics in different situations. In problem solving classes, students have the opportunity to apply their knowledge and become aware of the importance of theory in solving practical problems in the real world. Obviously, using computer software makes the implementation of several methods of data analysis much easier.*

### 3.3.9. Bibliografia principal:

*McClave, J., Benson, P., Sincich, T. (1998). Statistics for Business and Economics. Prentice-Hall, New Jersey. Murteira, B., Ribeiro, C.S., Andrade e Silva, J. e Pimenta, C. (2002). Introdução à Estatística. McGraw-Hill, Lisboa. Pestana, D.D. e Velosa, S.F. (2002). Introdução à Probabilidade e à Estatística, Volume 1, 2ª edição. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa.*

## Mapa IV - Probabilidade e Estatística/Probability and Statistics

### 3.3.1. Unidade curricular:

*Probabilidade e Estatística/Probability and Statistics*

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

*Maria Teresa dos Santos Hall de Agorreta de Alpuim - T:42; TP:14*

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

----

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

*Pretende-se: - Consolidar e aprofundar os conhecimentos em probabilidade, estatística e investigação operacional (P,E,IO); - Analisar e debater os conteúdos programáticos de P,E,IO que constam dos programas nacionais de Matemática; - Aprofundar conhecimentos nas matérias específicas que fazem parte dos, ou estão directamente ligadas aos, conteúdos supracitados. - Esclarecer dúvidas importantes que possam surgir aquando da transmissão de conhecimentos aos alunos; - Propor e debater alternativas no ensino de P,E,IO aos níveis do 3º ciclo do ensino básico e do ensino secundário, tanto ao nível científico quanto ao pedagógico; - Apresentar metodologias de resolução de problemas com recurso a software de uso corrente (folha de cálculo, por exemplo).*

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

*It is intended to:- Consolidate and deepen the knowledge of probability, statistics and operational research;- Analyze and discuss the syllabus of probability, statistics and operational research programs contained in the national mathematic programs;- Deepen knowledge in specific areas that are part of, or are directly linked to, the above contents.- To clarify important questions that arise when transmitting knowledge to students;- To propose and discuss ways of teaching probability, statistics and operational research at the levels of the 3rd cycle of basic education and secondary education, both at scientific and pedagogical levels;- Provide methods of solving problems using available software (spreadsheet, for example).*

**3.3.5. Conteúdos programáticos:**

*Módulo 1: 1. De que Trata a Estatística 2. Análise Inicial de Dados 3. Probabilidade e Probabilidade Condicional 4. Modelos 5. Introdução à Inferência Estatística Módulo 2: 6. Introdução à Programação Linear 7. Introdução à Optimização em Redes.*

**3.3.5. Syllabus:**

*Module 1: 1. The Scope of Statistics 2. Exploratory Data Analysis 3. Probability and Conditional Probability 4. Random Variables Distributions 5. Introduction to Statistical Inference Module 2: 6. Introduction to Linear Programming 7. Introduction to Network Optimization*

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

*Os objectivos acima enunciados estão explicitamente divididos pelos dois grupos de conteúdos programáticos (módulos). Os conteúdos programáticos são explorados de forma geral e de forma específica.*

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

*The objectives listed above are explicitly divided by the two thematic groups (modules) of the syllabus. The syllabus topics are explored both in general terms, as well as referring to potential application.*

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

*Aulas teóricas e teórico-práticas. Ilustração das várias situações discutidas nas aulas teóricas com exemplos práticos. Formulação, resolução e análise de problemas. Exame final escrito. Possível exame oral. Nota Final : Média Ponderada das notas nos dois módulos.*

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

*Lectures, tutorial and lab. Exemplification and application of the subjects discussed in the theoretical lessons. Formulation, resolution and analysis of problems. Final written examination. Eventual oral examination Final grade : Weighted average of the grades in both parts.*

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

*As metodologias de ensino e as componentes da avaliação, visam a aquisição e consolidação de conhecimentos metodológicos e experimentais nos tópicos da unidade curricular por forma a cumprir os objectivos enunciados.*

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

*The teaching methodologies and the evaluation component, aim the acquisition and consolidation of methodological and experimental knowledge on the unit topics towards meeting the objectives indicated.*

**3.3.9. Bibliografia principal:**

*DeGroot M H (1989). Probability and Statistics. 2nd edition, Addison-Wesley. Hogg R V, McKean J W, Craig A T (2005). Introduction to Mathematical Statistics. 6th ed., Prentice Hall, New Jersey. Mood A M, Graybill F A, Boes D C (1974). Introduction to the Theory of Statistics. McGraw-Hill. Murteira B J F (1990). Probabilidades e Estatística. 2ª ed., McGraw-Hill, Lisboa. Pestana D D, Velosa S F (2008). Introdução à Probabilidade e à Estatística. 3ª ed., Gulbenkian, Lisboa. Ross S (1998). A First Course in Probability, 5th ed., Prentice Hall, New Jersey, 1998. Hillier F S, Lieberman G J, Introduction to Operations Research (8th edition), McGraw-Hill, 2005. Dolan A, Aldous J, Networks and Algorithms: An Introductory Approach, Wiley, 1993. Winston W L, Operations Research: Applications and Algorithms, 3rd edition, Duxbury, 1994. Taha H A, Operations Research: An Introduction, 6th edition, Macmillan & Collier, New York, 1997.*

**Mapa IV - Visualização de Dados/Data Visualization****3.3.1. Unidade curricular:**

*Visualização de Dados/Data Visualization*

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

*Maria Beatriz Duarte Pereira do Carmo - T: 28; TP: 10.5*

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

*Ana Paula Boler Cláudio - TP: 31.5 (1 TP + 0,5 TP)*

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

*Estudo dos fundamentos da visualização gráfica de informação.*

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

*Study of the fundamentals of graphical visualization.*

**3.3.5. Conteúdos programáticos:**

*Estruturas de dados para a visualização: grelhas e a sua tipificação. Algoritmos para a visualização de dados escalares e vectoriais. Visualização de tabelas, texto e estruturas hierárquicas. Filtragem, ampliação e múltiplas representações. Gráficos para análise de dados: tipos de gráficos e como os escolher. Aspectos de percepção visual na visualização.*

**3.3.5. Syllabus:**

*Data Structures for visualization: grids and their classification. Algorithms for the visualization of scalar and vector data. Visualization of tables, text and hierarchical structures. Filtering, zoom and multiple representations. Graphics for data analysis: types of charts and how to choose them. Visual perception issues in visualization.*

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

*Os conteúdos programáticos fornecem as bases para a visualização de dados. Em primeiro lugar apresenta-se a forma de estruturar os dados de modo a poderem ser processados por sistemas genéricos de visualização. Em seguida descrevem-se os algoritmos e técnicas*

*de visualização mais comuns em diferentes domínios de aplicação. Posteriormente, são abordadas técnicas de interação e de filtragem que facilitam a inspeção de grandes volumes de dados. Finalmente discutem-se aspectos de percepção que influenciam a interpretação das visualizações geradas.*

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

*The syllabus provides the basis for data visualization. This is achieved focusing the following issues: data models used by generic visualization systems; algorithms and visualization techniques most common in several application domains; interaction techniques and filtering mechanisms that facilitate the inspection of large data volumes; and perception aspects that affect the interpretation of the generated visualizations.*

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

*Aulas presenciais em sala convencional e em laboratório. Dois projectos e exame final ou 2 testes em alternativa ao exame.*

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

*Teaching lessons including lab classes. Two projects and an exam or two test replacing the exam.*

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

*Na componente teórica são apresentados os conceitos fundamentais para a geração de visualizações que são depois exercitados nas aulas de laboratório, recorrendo a diferentes softwares de visualização. As várias componentes de avaliação permitem aferir a apreensão dos conceitos teóricos e as competências adquiridas na visualização de diferentes conjuntos de dados.*

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

*In lectures are presented the fundamental visualization concepts that are then trained in laboratory classes, using different software tools. The evaluation components allow assessing the knowledge of theoretical concepts and the skills acquired in the visualization of different data sets.*

**3.3.9. Bibliografia principal:**

*Visualization Analysis and Design, Tamara Munzner, 2014 Data Visualization: Principles and Practice, 2nd edition, Alexandru Telea, 2014  
Storytelling with Data: a Data Visualization Guide for Business Professionals, Cole Nussbaumer Knaflic, 2015*

**Mapa IV - Tecnologias de Processamento de Dados/Data Processing Technologies**

**3.3.1. Unidade curricular:**

*Tecnologias de Processamento de Dados/Data Processing Technologies*

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

*António Manuel da Silva Ferreira - T:28; TP:42 (2 TP)*

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

-----

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

*Explorar os conceitos da construção de data warehouses, nomeadamente a modelação dimensional, extração, transformação, e carregamento de dados, bem como o uso de técnicas de processamento analítico e prospeção de informação para apoiar a tomada de decisão.*

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

*Explore the concepts of data warehousing, namely dimensional modeling, extraction, transformation, and loading of data, as well as the use of analytical processing techniques and data mining to support decision making.*

**3.3.5. Conteúdos programáticos:**

*Sistemas operacionais e de apoio à decisão; arquitetura e construção de um data warehouse; modelação dimensional de dados; gestão de dados mestre; estudo de casos; formatos e tecnologias para dados abertos; sistema de extração, transformação, e carregamento de dados; qualidade e limpeza de dados; desenho físico de data warehouses; ciclo virtuoso da prospeção de informação; aplicações práticas com métodos de agrupamento, classificação, e regras de associação.*

**3.3.5. Syllabus:**

*Operational and decision support systems; architecture and construction of a data warehouse; dimensional modeling; master data management; case studies; open data formats and technologies; system for data extraction, transformation, and loading; data quality and cleaning; physical design of data warehouses; virtuous cycle of data mining; practical applications using methods for clustering, classification, and association rules.*

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

*Cada objetivo definido tem correspondência nos conteúdos programáticos. A sequência de conteúdos guia o estudante no cumprimento gradual dos objetivos.*

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

*Each defined objective has correspondence in the programmatic contents. The sequence of contents guides the student in the gradual fulfillment of the objectives.*

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

*Aulas teóricas de exposição de matéria; aulas de laboratório para resolução de exercícios e utilização de ferramentas. A avaliação tem três componentes: a) exame escrito no final do semestre ou dois testes durante o semestre (50%); b) projeto de construção e uso de um data warehouse (45%); e c) assiduidade às aulas (5%).*

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

*Theoretical classes for the exposition of concepts; laboratory classes for solving exercises and using tools. The evaluation has three components: a) written exam at the end of the semester or two tests during the semester (50%); b) project about the construction and use of a data warehouse (45%); and c) attendance in classes (5%).*

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

*Os conceitos da construção de data warehouses, dados abertos, limpeza de dados, e de prospeção de informação apresentados nas aulas teóricas são acompanhados de exercícios práticos que os alunos resolvem nos laboratórios, e a sua compreensão é fundamental para obter aproveitamento no projeto. Os conceitos de sistemas operacionais e de apoio à decisão, bem como de gestão de dados mestre e qualidade dos dados, são avaliados no exame ou testes, juntamente com a restante matéria, cobrindo assim todos os objetivos da unidade curricular.*

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

*The concepts of data warehousing, open data, data cleaning, and data mining presented in the theoretical classes are accompanied by exercises that students solve in the laboratory classes, and their understanding is fundamental to fulfill the project. The concepts of operational and decision support systems, as well as master data management and data quality, are evaluated in the exam or tests, along with the rest of the topics of the programmatic contents, thus covering all objectives of the curricular unit.*

**3.3.9. Bibliografia principal:**

*Ralph Kimball e Margy Ross, The Data Warehouse Toolkit: The Complete Guide to Dimensional Modeling, Wiley, 3ª edição, 2013, ISBN 1118530802. Gordon Linoff e Michael Berry, Data Mining Techniques: For Marketing, Sales, and Customer Support, Wiley, 3ª edição, 2011, ISBN 0470650931. António Ferreira e André Falcão, Coletânea de Exercícios de IPAI, FCUL, 2017.*

**Mapa IV - Aplicações na Web/Web Applications****3.3.1. Unidade curricular:**

*Aplicações na Web/Web Applications*

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

*Francisco José Moreira Couto - T:28; TP:42 (2 TP)*

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

-----

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

*A disciplina tem como objetivo apresentar, numa perspetiva integrada, várias tecnologias relacionados com a especificação e desenvolvimento de aplicações e serviços web orientadas aos dados.*

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

*The course presents, from an integrated perspective, several technologies about the design and development of data oriented web applications and services.*

**3.3.5. Conteúdos programáticos:**

*Aplicações web dinâmicas (Web 2.0); Serviços web RESTful; Linked Data e RDF como modelo de dados; Serviços web RESTful; Tecnologias de interrogação semântica (SPARQL); Tecnologias da web semântica (microformatos, RDFa, ontologias); Prospeção de texto; Sistemas de recomendação; Recuperação de informação da Web.*

**3.3.5. Syllabus:**

*Dynamic web applications (Web 2.0); Linked data and RDF as its data model; RESTful web services; Semantic interrogation technologies (SPARQL); Semantic web technologies (microformats, RDFa, ontologies); Text mining; Recommender systems; Web retrieval.*

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

*Os conteúdos programáticos indicados são os que se consideram determinantes para que os alunos aprendam os conceitos para desenvolver, gerir e utilizar tecnologias relacionados com a especificação e desenvolvimento de aplicações e serviços web orientadas aos dados.*

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

*The syllabus includes topics considered crucial for students to be able to develop, manage and use core technologies about the design and development of data oriented web applications and services.*

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

*Método expositivo, demonstrativo e ativo participativo. Exame e Projeto.*

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

*Expositive, demonstrative, and active participative methods. Exam and Project.*

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

*As metodologias de ensino estão alinhadas com os objetivos na medida em que o estão com semelhantes versões da disciplina lecionadas em outras universidades. Podem também suportar-se na evidência de sucesso avaliada em edições anteriores da disciplina.*

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

*The adopted teaching methodologies are aligned with the course objectives in coherence with similar versions of courses on the same topic that are taught in other universities. Moreover, the evidence of previous editions of the course and the knowledge acquired by students and assessed a posteriori indicates that the alignment is consistent.*

### 3.3.9. Bibliografia principal:

*Main: Wood, D., Zaidman, M., Ruth, L., & Hausenblas, M. (2014). *Linked Data*. Manning Publications Co. Secondary: Ricardo, B. Y., & Berthier, R. N. (2011). *Modern Information Retrieval: the concepts and technology behind search*. 2nd Edition. Addison Wesley. Aggarwal, C. C. (2016). *Recommender systems*. Springer International Publishing.*

## Mapa IV - Computação em Nuvem/Cloud Computing

### 3.3.1. Unidade curricular:

*Computação em Nuvem/Cloud Computing*

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

*Mário João Barata Calha - T:14; TP:10.5*

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

*Alysson Neves Bessani - T:14; TP:10.5*

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

*No final do semestre os alunos devem compreender os principais conceitos, questões, paradigmas e tecnologias empregados num ambiente de computação em nuvem. Em particular, espera-se que o aluno consiga entender que tipos de tecnologias estão na base de um ambiente de clouds, nomeadamente virtualização, o armazenamento de dados escalável, e a programação com grandes volumes de dados. É também o objetivo da unidade curricular dar a conhecer aos alunos as questões éticas (o que se pode fazer numa infraestrutura partilhada?), económicas (quando vale a pena usar a nuvem?) e legais relacionadas (que tipo de informação pode ser armazenada e processada em que tipo de nuvem?). Espera-se que os alunos estejam aptos a utilizar e/ou implantar uma infraestrutura de nuvem, bem como de trabalhar no processamento de grandes volumes de dados.*

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

*At the end of the semester, students are expected to have understood the main concepts, issues, paradigms and technologies used in a cloud computing environment. In particular, it is expected that the students learn about the types of technologies that support a cloud environment, namely virtualization, scalable data storage and programming with big data. Another goal of this course is to raise awareness about the ethical (what can be done in a shared infrastructure?), economical (when is it beneficial to use the cloud?) and legal issues (what type of information can be stored and processed in what type of cloud?) related to the clouds. It is expected that the students become able to use, or setup, a cloud infrastructure, as well as working in big data processing.*

### 3.3.5. Conteúdos programáticos:

*1. Introdução à computação em nuvem: conceitos fundamentais, evolução tecnológica e tendências, aspetos económicos do uso de diferentes tipos de nuvens. 2. Modelos de computação em nuvem: IaaS, PaaS e SaaS. 3. Segurança e confiança de funcionamento na nuvem. 4. Virtualização de recursos: servidores, armazenamento e redes. 5. Gestão de recursos em ambiente de nuvem. 6. Armazenamento de dados na nuvem. 7. Frameworks de programação na nuvem. 8. Estudos de casos: usos dos diferentes tipos de nuvens. 9. Aspetos legais e éticos da computação em nuvem.*

### 3.3.5. Syllabus:

*1. Introduction to cloud computing: main concepts, technological evolution and tendencies, economical aspects of using the different types of cloud. 2. Cloud computing models: IaaS, PaaS and SaaS. 3. Security and dependability in the cloud. 4. Resource virtualization: servers, storage and network. 5. Resource management in a cloud environment. 6. Data storage in the cloud. 7. Programming frameworks for the cloud. 8. Case studies: using the different types of cloud. 9. Legal and ethical aspects of cloud computing.*

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

*A computação em nuvem trata fundamentalmente de três aspetos técnicos fundamentais: economia de escala, virtualização de recursos e tratamento de grandes volumes de dados. Desta forma, o conteúdo programático proposto fundamenta-se nesses três aspetos, com complementos importantes em estudos de caso que também cobrem aspetos legais e éticos específicos do ambiente de nuvem.*

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

*The cloud computing is based fundamentally upon three technical aspects: scale economy, resource virtualization and big data processing. Due to this the program of the course is based on those three aspects, with important complementary case studies that also cover legal and ethical aspects specific to the cloud environment.*

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

*Aulas teóricas Análise detalhada dos conceitos, princípios, técnicas e metodologias para construção de sistemas escaláveis em ambientes virtualizados. Discussão dos modelos de programação escaláveis para processamento de grandes volumes de dados na nuvem. Discussão de aspetos económicos, éticos e legais da computação em nuvem. Aulas práticas laboratoriais Resolução de exercícios práticos em nuvens computacionais reais (Amazon, Google e Microsoft Azure) e exploração de casos de estudo que requerem a combinação de conceitos apresentados nas aulas teóricas. Fomentar o pensamento crítico na presença de problemas de desenho e concretização de sistemas distribuídos complexos. Avaliação: Exame - 50%; Projeto prático - 50%*

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

*Theoretical classes Detailed analysis of the concepts, principles, techniques and methodologies to build scalable systems in virtualized environments. Discussion of the scalable programming models for big data processing in the cloud. Discussion of economical, ethical and legal aspects of cloud computing. Laboratory classes Solving practical exercises in real computational clouds (Amazon, Google and Microsoft Azure) and exploration of case studies that require the combination of concepts presented in the theoretical classes. Promote the critical thinking in the presence of design and implementation problems in complex distributed systems. Evaluation: Exam - 50%; Practical project - 50%*



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

*Os conceitos lecionados nas aulas teóricas, e a sua aplicação nas práticas laboratoriais, fomentam o desenvolvimento de competências na resolução de problemas, raciocínio crítico, análise e síntese no domínio dos ambientes de nuvens. As metodologias de ensino são consistentes com os objetivos da unidade curricular que resulta do uso de uma metodologia expositiva combinada com a análise de casos de estudos e exercícios práticos que permitem: 1) uma compreensão adequada do programa, 2) a demonstração da relevância de arquiteturas, e 3) a criação de conhecimento prático no que diz respeito à concepção de sistemas escaláveis na nuvem.*

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

*The subjects studied in the theoretical classes - and their application in lab exercises - promote the development of competences in problem resolution, critical thought, analysis and synthesis in the domain of the cloud environments. The teaching methodologies are consistent with the goals of the course, and result from the use of an expository methodology combined with the analysis of case studies and practical exercises that allow: 1) an adequate understanding of the course program, 2) a demonstration of the relevance of architectures, and 3) the creation of practical knowledge in respect to the conception of scalable systems in the cloud.*

**3.3.9. Bibliografia principal:**

*Cloud Computing: Concepts, Technology & Architecture, Thomas Erl, Ricardo Puttini, Zaigham Mahmood. Prentice Hall. 2013. Architecting the Cloud: Design Decisions for Cloud Computing Service Models (SaaS, PaaS, and IaaS). Michael J. Kavis. Wiley, 2014. Virtualization Essentials. Matthew Portnoy. Sybex. 2012.*

**Mapa IV - Detecção e Tolerância a Intrusões/Intrusion Detection and Tolerance****3.3.1. Unidade curricular:**

*Detecção e Tolerância a Intrusões/Intrusion Detection and Tolerance*

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

*Alysson Neves Bessani - T:28; TP:21*

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

----

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

*Debater os métodos de obtenção de segurança baseados no paradigma da confiabilidade na presença de falhas maliciosas (vulnerabilidades, ataques e intrusões), isto é: deteção e tolerância a intrusões. As competências adquiridas com a disciplina consistem de um corpo de conhecimento complementar à aproximação clássica da prevenção (de intrusões), que requer níveis de robustez de componentes difíceis de conseguir, bem como intervenção humana intensiva e dispendiosa. Os estudantes irão dominar os conceitos fundamentais, paradigmas e mecanismos da tolerância a intrusões. Ficarão igualmente aptos a incorporar estas noções com as noções clássicas de segurança, num projecto completo de sistemas computacionais seguros. Os estudantes que adquiram estas competências são susceptíveis de obter uma vantagem competitiva em relação a investigadores ou profissionais com formação clássica em segurança, dada a aceitação crescente de TI.*

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

*To address the problem of security of computer and communication networks under the tolerance paradigm, or how to prevent security failures under the allowed presence of malicious faults (vulnerabilities, attacks and intrusions). The competences acquired consist of a body of knowledge complementary to the standard (intrusion) prevention approach, which traditionally requires difficult to attain levels of component robustness and intensive and costly human intervention. Students will be able to master the fundamental concepts, paradigms and mechanisms of intrusion tolerance. Students will also be able to incorporate these notions with classical security notions in a complete design of secure computer systems. Students acquiring the subjects of this course are likely to get a competitive edge in relation to researchers or professionals with a classical training in security, as intrusion tolerance is becoming a mainstream technique in computer systems security.*

**3.3.5. Conteúdos programáticos:**

*Revisão de conceitos fundamentais em segurança e confiabilidade. Conceitos e terminologia em tolerância a intrusões. Mecanismos e enquadramentos em TI. Estratégias para tolerância a intrusões. Modelação de falhas maliciosas. Arquiteturas para sistemas tolerantes a intrusões. Tolerando intrusões. Resistindo a ataques. Testando ataques.*

**3.3.5. Syllabus:**

*Review of fundamental security and dependability concepts. Intrusion Tolerance (InTol) concepts and terminology. IT frameworks and mechanisms. Intrusion Tolerance strategies. Modeling malicious faults. Architecting intrusion-tolerant systems. Tolerating Intrusions. Resisting Attacks. Testing Attacks.*

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

*Em cada ponto do programa é dada especial atenção tanto ao alcance teórico como às implicações práticas dos diferentes resultados que são estudados. O programa incentiva também os estudantes à análise e reflexão crítica das principais temáticas lecionadas, através de elementos de estudo alternativos e/ou ortogonais que têm de por em contexto com os primeiros.*

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

*Each topic of the program emphasizes both the theoretical scope and the practical implications of the different results studied. The program also encourages students to develop critical thinking about the main topics lectured, through alternative and/or orthogonal study elements that they have to put in context with the former.*

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

*\* As aulas estão organizadas da seguinte forma: - Aulas teóricas e teórico-práticas: uma sessão semanal cada. - Laboratórios: trabalho de laboratório aberto. \* Aulas teóricas: exposição dos temas do curso. \* Sessões teórico-práticas: exposição detalhada de material (ex., protocolos ou pacote de interfaces ou internos), e permitir um conhecimento mais profundo e prático sobre esses temas. Algumas são sessões de laboratório orientando o trabalho dos alunos nos projectos. Regras de classificação:45% - Projecto e Trabalhos05% -*

*Participação nas aulas 50% - Exame final - Eliminatório: Exame Final, Projecto e Trabalhos \* Projecto e Trabalhos práticos - Conjunto de estudos de papel e caneta e um projecto em várias fases, distribuídos ao longo do semestre. \* Participação em classe e regularidade - Participação activa e a contribuição para os debates estão previstos e serão consideradas. \* Exame Final - Exame Final é um exame de 2,5 horas e abrangente.*

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

*\* Classes are organized in the following manner: - Lecture and lecture/practice classes one weekly session of each. - Laboratory open lab work. \* Lecture classes aim at exposing the course matters. \* Practice sessions aim at exposing some lecture material with detail (e.g., protocols or package interfaces or internals), and allow a deeper and practical insight on these materials. Some are lab sessions to guide student work in the project assignments. Grading rules: Assignments (continuous evaluation) (45%) Class participation (continuous evaluation) (5%) Final Exam (point evaluation) (50%) - Eliminating: Assignments, Final Exam \* Reading and Project Assignments - Mix of pen-and-paper studies and of multi-phase project, distributed throughout the semester. \* Class Participation and regularity - Active participation and contribution to discussions. \* Final Exam - Final exam is a 2.5 hour exam and is comprehensive.*

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

*A metodologia de ensino utilizada nesta UC, descrita em secção anterior, é a que se afigura mais adequada para atingir o objectivo final da UC, como descrito na secção "Objectivos". Os alunos são expostos a matérias de cariz teórico e teórico-prático e desenvolvem em simultâneo um trabalho tipicamente individual de leitura crítica de elementos complementares, em que são levados a cruzar as matérias teóricas com os elementos de leitura. Os estudantes consolidam de igual modo o seu conhecimento técnico, o que, nesta UC, é conseguido através de um projecto de várias fases ao longo do semestre, onde incrementalmente poem à prova os conhecimentos obtidos nesta UC e em Ucs relacionadas a montante, na área da Segurança. A organização do trabalho de projecto, por grupos, motiva o espírito de equipa, um factor chave de sucesso em projectos de software de dimensão considerável. Os alunos são igualmente motivados a conciliar a competição com o espírito de equipa, sendo levados a apresentar as soluções de todas as fases incluindo as intermédias, à crítica construtiva dos pares. Para aumentar as competências de auto formação dos alunos, estes são frequentemente solicitados a fazer as suas próprias investigações, utilizando as fontes de informação abertas disponíveis (Internet). Os estudantes são além disso encorajados a participar num fórum online de discussão de temáticas relacionadas com a UC.*

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

*The teaching methodology used in this Curricular Unit (CU), described in an earlier section, is the most adequate to reach the final goals of the CU, described under "Objectives". The students are exposed to matters of both theoretical and theoretical/practical nature and simultaneously develop a typically individual reading work, of complementary study elements. There, they are led to cross-couple the theoretical matters learned in lectures, with the latter reading assignments. Students also consolidate their technical knowledge, which in this course, is achieved by a project which unfolds in several phases where the students are supposed to prove the learning of the several matters obtained in this CU, and in related upstream CUs of the Security area. The organization of the project assignment, by groups, motivates the team spirit, a key factor of success of sizeable software projects. Students are also motivated to reconcile competition with team spirit, being taken to present their solutions for all phases including the intermediate ones, to the constructive criticism of peers. To improve their self-training skills, students are often asked to make their own research for contents related to the CU, using available open information sources (Internet). Students are also encouraged to participate to an online forum for discussion of topics related to the CU. The methodology used to meet the initial objectives is thus justified.*

### 3.3.9. Bibliografia principal:

*Recommended: Intrusion-Tolerant Architectures: Concepts and Design. P. Verissimo, N. Neves, and M. Correia. An extended version of the paper in: Architecting Dependable Systems. R. Lemos, C. Gacek, A. Romanovsky (eds.), Springer-Verlag LNCS 2677 (2003). Technical Report DI/FCUL TR03-5, Department of Informatics, University of Lisboa (2003). Intrusion-Resilient Middleware Design and Validation. P. Verissimo, M. Correia, N. Neves, P. Sousa. In Annals of Emerging Research in Information Assurance, Security and Privacy Services, H. Rao and S. Upadhyaya (Eds.), Elsevier 2008 .*

## Mapa IV - Programação para Cluster e Multicore/Cluster and Multicore Programming

### 3.3.1. Unidade curricular:

*Programação para Cluster e Multicore/Cluster and Multicore Programming*

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

*Vasco Manuel Thudichum de Serpa Vasconcelos - T:28; TP:21*

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

----

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

*Estudar programação concorrente com ênfase na correção e na produtividade. Aprender novas abstrações de programação para a concorrência que serão úteis para a programação de clusters de computadores multi-core. Introduzir técnicas de raciocínio sobre o comportamento e o desempenho de programas paralelos. Compreender e ser proficiente no uso de diferentes linguagens de programação e nos seus ambientes de desenvolvimento.*

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

*Study concurrent programming with an emphasis on correctness and on productivity. Learn new programming abstractions for concurrency that will be useful for programming clusters of multi-core computers. Introduce techniques for reasoning about the behaviour and performance of parallel programs. Understand and be proficient in using different programming languages and their supporting environments.*

### 3.3.5. Conteúdos programáticos:

*- O modelo de atores. - Programação com streams. - Barreiras. - A abstração Map-Reduce. - Memória transacional por software. - Os alunos irão estudar programas paralelos retirados de diferentes domínios aplicativos. - Os alunos irão trabalhar com diversas linguagens de programação modernas, incluindo, possivelmente, as linguagens Chapel, Erlang, Go, Haskell, Scala, e Rust.*

### 3.3.5. Syllabus:

- *The actor model*. - *Stream processing*. - *Barriers*. - *The Map-Reduce abstraction*. - *Software-transactional memory*. - *Students will study parallel programs drawn from a variety of application domains*. - *Students will work with different modern programming languages, possibly including Chapel, Erlang, Go, Haskell, Scala, and Rust*.

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

*Os conteúdos programáticos centram-se na problemática da programação de sistemas multi-core e em cluster. Pretendem cobrir as diversas propostas existentes quer ao nível do hardware (p. ex., sistemas de memória partilhada, sistemas de passagem de mensagens) quer ao nível da sua programação. Assim, aposta-se na cobertura das diferentes propostas através do estudo teórico das características de cada sistema e através da realização de projetos de programação para experimentar as diferentes linguagens de programação que cobrem o espectro de possibilidades apresentados pelo hardware e pelos paradigmas atuais. Esta importância manifesta-se no elevado peso que a componente prática tem na avaliação da disciplina.*

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

*The course focus on the problem of programming multi-core and cluster systems. They aim to cover the various existent proposals both at the hardware level (e.g., shared memory systems, messaging systems) and at the programming level. Thus, it focuses on the coverage of the different proposals through the study of the characteristics of each system and through the realization of programming projects to experiment with the different programming languages that cover the spectrum of possibilities presented by the current hardware and programming paradigms. This importance manifests itself in the high weight that the practical component has in the overall grading of the discipline.*

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

*Métodos de ensino: exposição da matéria em aulas teóricas e acompanhamento aos alunos. Avaliação: - Trabalhos escritos; - Projetos de programação; - Exame final.*

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

*Teaching methods: Lectures, tutoring. Assessment: - Written assignments; - Programming assignments; - Final exam.*

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

*Os objetivos da disciplina englobam a aprendizagem de novas abstrações e técnicas de programação para sistemas multi-core e em cluster. Assim, a disciplina reparte o seu foco na apresentação das diferentes arquiteturas de multi-core e cluster, nos paradigmas e padrões de programação deste tipo de sistemas e no ensino de várias linguagens adequadas a estas arquiteturas. A ênfase no trabalho em grupo fora das aulas nas diversas linguagens de programação, permite explorar os vários paradigmas e as diversas arquiteturas de hardware existentes.*

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

*The course goals encompass learning new abstractions and programming techniques for multi-core and clustered systems. Thus, the discipline distributes its focus in the presentation of the different multi-core and cluster architectures, in the paradigms and programming patterns of this type of systems and in the teaching of several languages suitable to these architectures. The emphasis on out-of-class group work in the various programming languages allows students to explore the various paradigms and existing hardware architectures.*

### 3.3.9. Bibliografia principal:

*- Scientific articles. - Programming language reference manuals. - Books on the various programming languages addressed in the course, including: Programming Erlang: Software for a Concurrent World, Joe Armstrong, 2nd edition; The Pragmatic Programmers, 2013. Parallel and Concurrent Programming in Haskell: Techniques for Multicore and Multithreaded Programming, Simon Marlow. O'Reilly Media, 2013; The Go Programming Language, Alan Donovan and Brian W. Kernighan, 2016; Programming Rust: Fast, Safe Systems Development, Jim Blandy and Jason Orendorff, 2017.*

## Mapa IV - Prospecção de Dados/Data Mining

### 3.3.1. Unidade curricular:

*Prospecção de Dados/Data Mining*

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

*Sara Alexandra Cordeiro Madeira - T:28*

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

*André Osório e Cruz de Azerêdo Falcão - TP:21*

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

*Esta UC aborda os conceitos e algoritmos fundamentais em prospecção de dados. No final da UC os alunos deverão compreender os principais algoritmos e aplicações em descoberta de padrões, agrupamento e classificação de dados, e ser capazes de propor soluções em contextos reais de prospecção de dados.*

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

*This course covers fundamental concepts and algorithms in data mining. By the end of the course, students should be able to understand core algorithms and applications in pattern mining, clustering and classification, and be able to propose solutions for real data mining contexts.*

### 3.3.5. Conteúdos programáticos:

*A UC aborda os seguintes tópicos: 1. Introdução à prospecção de dados 2. Fundamentos de análise de dados: dados e dados de elevada dimensionalidade; redução de dimensionalidade e seleção de atributos 3. Descoberta de padrões frequentes: itemset mining, summarizing Itemsets, sequence mining 4. Agrupamento: algoritmos de agrupamento e validação de agrupamentos; agrupamento de dados de elevada dimensão; biclustering/multidimensional clustering 5. Classificação: classificadores, avaliação e seleção de modelos; técnicas para melhorar a performance 6. Ensemble learning: bagging, boosting and combination methods; ensemble classifiers and clustering ensembles 7. Tópicos adicionais escolhidos da seguinte lista não exaustiva: temporal data mining, learning to rank, recommender*

*systems, text mining, etc O estudo destes tópicos é complementado com uma componente prática usando a linguagem de programação Python e bibliotecas recentes para prospeção de dados.*

### 3.3.5. Syllabus:

*The course will cover the following topics: 1. Introduction to data mining 2. Data analysis foundations: data and high dimensional data; dimensionality reduction and feature selection 3. Frequent pattern mining: itemset mining, summarizing Itemsets, sequence mining 4. Clustering: clustering algorithms and clustering validation; clustering high dimensional data; biclustering/multi-dimensional clustering 5. Classification: classifiers, model evaluation, and selection; techniques to improve performance 6. Ensemble learning: bagging, boosting and combination methods; ensemble classifiers and clustering ensembles 7. Additional topics chosen from the following non-exhaustive list: temporal data mining, learning to rank, recommender systems, text mining, etc The study of these topics is complemented with a practical component using the Python programming language and state of the art data mining libraries.*

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

*O programa da UC reflete os conteúdos abordados nas principais referências bibliográficas da área de prospeção de dados bem como os tópicos oferecidos por várias UC similares em universidades internacionais de referência.*

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

*The topics in the course reflect the contents in the main bibliographic references in data mining as well as in similar courses offered in well reputed international universities*

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

*Métodos de Ensino - 2T + 1.5 TP Métodos de Avaliação - Avaliação Contínua + Projecto + Exame*

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

*Teaching: 2T + 1.5TP Evaluation: Continuous evaluation + Project + Exam*

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

*A Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa utiliza sistematicamente quatro tipos diferentes de aulas: i) Teóricas (T): aulas essencialmente positivas por parte do docente, nas quais os conceitos e métodos são explicados e exemplificados aos alunos; ii) Teórico-Práticas (TP): aulas de exercícios cuidadosamente selecionados de modo a consolidar a aquisição dos conceitos e/ou trabalho computacional, nas quais os alunos trabalham individualmente com apoio dos docentes. Embora a participação nas aulas teóricas seja encorajada, nas aulas teórico-práticas os alunos, divididos em turmas mais pequenas, têm um papel mais activo, colaborando na resolução dos problemas e/ou trabalho computacional, colocando questões e tentando clarificar as suas dúvidas; iii) Práticas (PL): aulas de laboratório nas quais os alunos realizam actividades experimentais consideradas formativas (individualmente ou em grupo) com o apoio dos docentes; iv) Orientação Tutorial (OT): sessões de esclarecimento de dúvidas para um ou mais alunos. Nesta disciplina é utilizada uma combinação de 2.0T+1.5TP por se considerar que esta é a combinação mais conveniente para atingir os objectivos da unidade curricular tendo em atenção os seus conteúdos.*

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

*The Faculty of Sciences of the University of Lisbon systematically uses four different types of classes: i) Teóricas (T): essentially expository lectures by professors, in which the concepts and methods are explained and exemplified; ii) Teórico-Práticas (TP): during these sessions students work individually, with teaching staff support, solving selected exercises in order to consolidate the relevant concepts, frequently including computational work. Although student participation is encouraged during theoretical (T) classes, TP's have a much smaller number of students per class, allowing them to have a much more active role while solving problems, asking questions and trying to clarify their doubts; iii) Práticas (PL): laboratory classes in which students carry out (individually or in groups) formative experimental activities, with teaching staff support; iv) Tutoriais (OT): sessions used for more personalized student support. This course uses a combination of 2.0T+1.5TP hours per week because this is the optimal combination to achieve the course objectives for the selected syllabus.*

### 3.3.9. Bibliografia principal:

*- Data Mining, Zaki and Meira, CUP 2014 - Mining of Massive Dataset, Leskovec et al., CUP 2014 - Data Mining, Han et al., MK 2012*

## Mapa IV - Complementos de Aprendizagem Automática/Complements of Machine Learning

### 3.3.1. Unidade curricular:

*Complementos de Aprendizagem Automática/Complements of Machine Learning*

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

*Luís Miguel Parreira e Correia - T:28; TP:21*

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

-----

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

*Os alunos serão expostos a conteúdos de aprendizagem automática que, juntamente com as matérias das disciplinas de Aprendizagem Automática e de Prospeção de Dados, formam uma cobertura completa da área. Como objetivos os alunos devem adquirir competências na identificação de problemas, das respetivas soluções e na utilização de ferramentas nesta área.*

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

*Students will be exposed to machine learning contents that together with of those of the Machine Learning and Data Mining courses, form a complete coverage of the area. As outcomes the students should acquire skills in identifying problems, solutions and tool usage in the area.*

### 3.3.5. Conteúdos programáticos:

*Redes neuronais: modelos fundamentais e variantes; Núcleos: funções de núcleo, exemplos de uso, artifício do núcleo, modelos geradores; modelos de mistura; "Boosting"; Modelos de Markov e modelos escondidos de Markov; Redes Bayesianas dinâmicas; Classificação e agrupamento em dados temporais e multidimensionais; Aprendizagem profunda: máquinas de Boltzmann restritas, redes de crença e redes convolucionais profundas, memória de curto-longo prazo; perspectiva sobre computação evolucionária e inteligência de enxame.*

### 3.3.5. Syllabus:

*Neural networks: fundamental models and variants; Kernels: kernel functions, examples of use, kernel trick, generative models; Mixture models; Boosting; Markov and hidden Markov models; Dynamic bayesian networks; Classification and clustering in temporal and multidimensional data; Deep Learning: Restricted Boltzmann Machines, Deep Belief Networks, Deep Convolutional Networks, Long Short-Term Memory; Perspective on evolutionary computation and Swarm Intelligence.*

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

*Os conteúdos programáticos são os tópicos atuais mais importantes na área de aprendizagem automática, que não são abordados em outras disciplinas do curso (Aprendizagem Automática e Prospecção de Dados).*

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

*The programmatic contents are the most important current topics in machine learning that are not approached in other courses of the degree (Machine Learning and Data Mining).*

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

*Aulas teóricas de exposição da matéria e aulas teórico-práticas para análise e solução de problemas e utilização de ferramentas adequadas para o efeito. Os elementos de avaliação são um exame final com peso de 50% e um trabalho de projeto com peso de 50%.*

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

*Theoretical lectures to discuss matters and theoretica-practical classes to analyse and solve problems, and to use adequate tools for that. Assessment elements are a final exam with 50% weight and a project work also with a weight of 50%.*

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

*A avaliação é composta por um trabalho de projeto, a realizar ao longo do semestre, num dos tópicos da matéria e por um exame final. Com o primeiro dos elementos de avaliação pretende-se incentivar uma formação de carácter mais prático. O trabalho, num tópico escolhido pelo estudante, é apresentado oralmente numa sessão pública no final do semestre. Esta sessão constitui também uma formação adicional, porque os trabalhos podem abordar aspetos que não foram tratados com tanta profundidade nas aulas. Com o exame final pretende-se avaliar o conhecimento individual genérico sobre os diversos temas do programa.*

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

*Evaluation is composed by a project assignment to develop along the semester in one of the topics of the course and by a final examination. With the first evaluation element we intend to stimulate a practical formation of each student. The project assignment, in a topic chosen by the student that may have a theoretical character, is orally presented in a specific session at the end of the semester. This session also constitutes an additional formation means, since the assignment topics may cover aspects that were not detailed in the theoretical exposition lectures. With the second evaluation element we intend to evaluate the individual generic knowledge over the different themes of the program.*

### 3.3.9. Bibliografia principal:

*- Murphy, Machine Learning: a Probabilistic Approach, MIT Press, 2012- Goodfellow, Bengio, Courville, Deep Learning, MIT Press, 2016- A.E. Eiben and J.E. Smith, Introduction to Evolutionary Computing, Springer, 2015*

## Mapa IV - Fundamentos da Web Semântica/Semantic Web Foundations

### 3.3.1. Unidade curricular:

*Fundamentos da Web Semântica/Semantic Web Foundations*

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

*João Paulo Marques da Silva - T:28; TP:21*

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

-----

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

*A unidade curricular oferece uma perspectiva sobre os fundamentos da web semântica, incluindo o estudo dos conceitos e das tecnologias de suporte: Resource Description Framework (RDF) e RDF Schema (RDFS); SPARQL protocol and RDF query language (SPARQL); Web Ontology Language (OWL); Regras e perguntas (queries): Semantic Web Rule Language (SWRL), Rule Interchange Format (RIF), Datalog. A unidade curricular cobre um conjunto de tópicos adicionais incluindo Description Logics (DLs), resolvedores para description logics, e exemplos de aplicações.*

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

*The course offers a perspective on the foundations of the semantic web, including the study of the supporting concepts and technologies: Resource Description Framework (RDF) and RDF Schema (RDFS); SPARQL protocol and RDF query language (SPARQL); Web Ontology Language (OWL); Rules and queries: Semantic Web Rule Language (SWRL), Rule Interchange Format (RIF), Datalog. The course also covers additional topics including Description Logics (DLs), description logic reasoners, and application examples.*

### 3.3.5. Conteúdos programáticos:

*1. Introdução à web semântica, e exemplos de motivação; 2. Representação do conhecimento e fundamentos lógicos; 3. Resource Description Framework (RDF) e RDF Schema (RDFS): representação de ontologias com RDF e RDFS, semântica formal, inferência com RDF/RDFS; 4. SPARQL protocol and RDF query language (SPARQL); 5. Web Ontology Language (OWL2): representação de ontologias*

com o OWL2, variantes do OWL2, semântica formal, inferência com o OWL2; 6. Regras e perguntas (queries): Semantic Web Rule Language (SWRL), Rule Interchange Format (RIF), Datalog; 7. Tópicos adicionais: Description Logics (DLs), resolvedores para description logics, exemplos de aplicações.

### 3.3.5. Syllabus:

1. Introduction to the semantic web, and motivating examples; 2. Knowledge representation and logic foundations; 3. Resource Description Framework (RDF) e RDF Schema (RDFS): representation of ontologies with RDF and RDFS, formal semantics, inference with RDF/RDFS; 4. SPARQL protocol and RDF query language (SPARQL); 5. Web Ontology Language (OWL2): representation of ontologies with OWL2, formal semantics, OWL2 variants, inference with OWL2; 6. Rules and queries: Semantic Web Rule Language (SWRL), Rule Interchange Format (RIF), Datalog; 7. Additional topics: Description Logics (DLs), reasoners for description logics, application examples.

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

Os conteúdos programáticos reflectem os paradigmas de maior relevo e as técnicas essenciais para compreender e utilizar a web semântica. Os conteúdos cobertos seguem referências bibliográficas de referência na área da web semântica.

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

The topics covered reflect the most relevant concepts and techniques essential to understand and use the semantic web. The topics covered follow bibliographic references that represent important references in the area of the semantic web.

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

Aulas de exposição da matéria, aulas de resolução de exercícios e/ou laboratoriais. Componentes de avaliação: contínua + projecto(s) + exame

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

Lectures to present the course topics, practicals and/or lab sessions. Grading components: continuous assessment + project(s) + exam

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

As opções feitas ao nível da leccionação e avaliação adequam-se a unidades curriculares do 2º ciclo, privilegiando a iniciativa dos alunos, quer nas aulas quer nos projectos. As aulas teóricas apresentam os conceitos principais, sendo complementadas por aulas-teórico práticas e/ou prático-laboratoriais.

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

The options made in terms of teaching and assessment are adequate to 2nd cycle courses, promoting the student's initiative, either in the lectures or in the labs. The lectures serve to present the main concepts, and are complemented by practicals and or lab sessions.

### 3.3.9. Bibliografia principal:

1. P. Hitzler et al., "Foundations of Semantic Web Technologies", Chapman&Hall, 2009 2. F. van Harmelen et al., "Knowledge Representation Handbook", Elsevier, 2008 3. F. Baader et al., "Description Logics Handbook", CUP, 2007

## Mapa IV - Desenho e Análise de Algoritmos/Algorithms Design and Analysis

### 3.3.1. Unidade curricular:

Desenho e Análise de Algoritmos/Algorithms Design and Analysis

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

Maria Isabel Alves Batalha Reis Da Gama Nunes - T:28; TP:21

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

-----

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

Adquirir um conjunto avançado de tópicos em algoritmia para complementar o conhecimento padrão de algoritmos e estruturas de dados de uma pós-graduação em engenharia informática.

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

To study a set of advanced topics in algorithmics which complement standard knowledge in algorithms and data structures in a post-graduation in informatics engineering.

### 3.3.5. Conteúdos programáticos:

Análise de algoritmos. Passos para desenvolver um algoritmo utilizável. Conjuntos disjuntos (union-find). Grafos. Grafos dirigidos. Pesquisa (em profundidade e em largura). Componentes ligadas. Ordenação topológica. Dividir para conquistar. Análise de algoritmos recursivos. Algoritmos gananciosos. Programação dinâmica. Redes de fluxo. Reduções em tempo polinomial. Certificação eficiente e a definição da classe NP. Problemas NP-completos.

### 3.3.5. Syllabus:

Algorithm analysis. Steps to developing a usable algorithm. Union-Find. Graphs. Directed Graphs. Search (DFS and BFS). Connected components. Topological sort. Divide and conquer. Recursive algorithms analysis. Greedy algorithms. Dynamic Programming. Network flow. Polynomial time reductions. Efficient certification and the definition of NP. NPcomplete problems.

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

Os conteúdos programáticos correspondem a um currículo de referência em algoritmia ao nível pós-graduado, conforme adoptado por um grande número de universidades a nível mundial.

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

*The teaching program corresponds to a reference curriculum in post-graduate algorithmic training, as adopted by several universities worldwide.*

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

*Aulas teóricas de exposição da matéria e aulas teórico-práticas de resolução de exercícios. Avaliação contínua baseada no trabalho realizado nas aulas teórico-práticas, eventualmente completado fora da sala de aula. Projecto de investigação, envolvendo a análise de um problema, e o desenho e implementação de uma solução. Estudo aprofundado e apresentação oral de um tópico relacionado com as matérias lecionadas. Exame final.*

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

*Lectures and practical exercises in the classroom. Continuous evaluation based on work done in the theoretical-practical classes, eventually completed outside the classroom. Research project, comprising the analysis of a problem, and the design and implementation of a solution. Lecture presented by the students concerning a topic related to the course. Final exam.*

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

*As principais técnicas algorítmicas, e as principais classes de problemas a resolver, são primeiramente explicadas nas aulas teóricas. Pela natureza da matéria, é conveniente explorar as técnicas de resolução algorítmicas em problemas concretos, para o que as aulas teórico-práticas são adequadas. As aulas teórico-práticas podem incluir uma concretização informática de algoritmos.*

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

*The main algorithmic techniques, as well as the main classes of problems to be solved, are firstly explained in the theoretical lectures. It is then convenient to explore the algorithmic techniques with concrete problems, for which the theoretical-practical sessions are adequate. The latter may include computer implementations of algorithms.*

**3.3.9. Bibliografia principal:**

*Algorithm Design by Jon Kleinberg and Eva Tardos. Pearson, 2014. Algorithms, Fourth Edition by Robert Sedgwick, and Kevin Wayne. Addison-Wesley 2011. Introduction to Algorithms, Third Edition. Thomas H. Cormen, Charles E. Leiserson, Ronald L. Rivest, Clifford Stein. MIT Press 2009. ISBN-10: 0-262-03384-4. ISBN-13: 978-0-262-03384-8.*

**Mapa IV - Modelação em Física e Engenharia/Modelling in Physics and Engineering****3.3.1. Unidade curricular:**

*Modelação em Física e Engenharia/Modelling in Physics and Engineering*

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

*Nuno Miguel Azevedo Machado de Araújo - T:28; PL:28*

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

-----

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

*Adquirir conhecimentos básicos em Modelação em Física e Engenharia e conhecer as técnicas computacionais mais relevantes, suas aplicações e limitações. No final, os alunos deverão ser capazes de identificar qual a técnica mais adequada para resolver um determinado problema.*

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

*To equip students with basic knowledge on Modeling in Physics and Engineering and familiarize them with the most relevant computational techniques, their applications and limitations. At the end, students should be able to identify what is the proper technique to handle a given problem.*

**3.3.5. Conteúdos programáticos:**

*Introdução à Modelação em Física e Engenharia, métodos estocásticos, técnicas de Monte Carlo, integração numérica de equações diferenciais.*

**3.3.5. Syllabus:**

*Introduction to Modeling in Physics and Engineering, stochastic methods, Monte Carlo techniques, numerical integration of differential equations.*

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

*A unidade curricular inclui uma componente teórica onde os alunos são inicialmente motivados para a Modelação em Física e Engenharia com exemplos de três tipos de problemas que requerem o uso de técnicas computacionais: problemas descritos por equações sem solução analítica, problemas descritos por várias equações acopladas e problemas para os quais até hoje não se conseguiu escrever uma equação. Partindo desses exemplos, são introduzidas as técnicas de Monte Carlo, integração numérica de equações diferenciais e dinâmica molecular. Dada a importância crescente da dinâmica de fluidos em Física, o último capítulo é dedicado a técnicas de simulação de fluidos, com especial foco em volumes finitos e Lattice Boltzmann. As aulas teóricas são complementadas com uma componente prática onde são implementadas as diferentes técnicas discutidas na aula teórica.*

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

*In the lectures, the students are motivated to Modeling in Physics and Engineering with three sets of examples of apparently simple problems that cannot be solved analytically: problems described by equations without an analytic solution; problems described by several coupled equations; and problems for which no equations have been written so far. With those examples in mind, several techniques are introduced: Monte Carlo, integration of differential equations, and molecular dynamics. Given the increasing relevance of fluid dynamics,*

*the last chapter is devoted to fluid dynamic simulations, with special focus on finite volume methods and Lattice Boltzmann. In the exercise classes, most techniques are implemented to solve specific problems.*

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

*Exposição das diferentes técnicas na aula teórica e implementação das mesmas nas aulas práticas. A participação dos alunos nas aulas teóricas é fortemente encorajada, através da discussão das vantagens e limitações de cada uma das técnicas. 60% exame final, 40% relatório dos trabalhos desenvolvidos nas aulas práticas.*

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

*Exposition of the main techniques in the lectures and their hands-on implementation in the exercise classes. Class participation in the lectures is strongly encouraged through the discussion of the advantages and limitations of each technique. 60% final exam, 40% reports of the exercises.*

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

*Nas aulas teóricas, as diferentes técnicas são apresentadas partindo sempre de um problema físico que não pode ser resolvido com as técnicas estudadas anteriormente. De uma forma construtiva, as vantagens e limitações das principais técnicas numéricas são discutidas. Esta estratégia ajuda a desenvolver nos alunos o pensamento crítico e desenvolver as competências necessárias para decidir a técnica apropriada para resolver um determinado problema. As aulas teóricas são complementadas com exercícios semanais nas aulas práticas onde as diferentes técnicas são implementadas de raiz. Os exercícios servem para desenvolver competências de programação e familiarizar os alunos para os principais desafios à implementação de modelos numéricos. A sequência de exercícios está organizada por crescente complexidade numérica e conceitual.*

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

*In the main lectures, the introduction of each technique is always motivated by a physical problem that cannot be tackled with the techniques studied previously. In a constructive way, the advantages and limitations of the main numerical techniques are discussed. This strategy helps students developing critical thinking and equip them with the necessary skills to decide the appropriate technique to solve a given problem in the future. The lectures are complemented by weekly exercise classes where the main techniques are implemented from scratch. These exercises are designed not only to develop programming skills but also to familiarize students with the main challenges in the implementation of numerical models. The sequence of exercises is organized by increasing numerical and conceptual complexity.*

### 3.3.9. Bibliografia principal:

*J. M. Thijssen. Computational Physics. Cambridge University Press, United Kingdom, 1999. D. C. Rapaport. The art of molecular dynamics simulations. Cambridge University Press, United Kingdom, 2004. D. Frenkel and B. Smit. Understanding molecular simulations. Academic Press, United States, 2002. D. P. Landau and K. Binder. A guide to Monte Carlo simulations in Statistical Physics. Cambridge University Press, United Kingdom, 2013. S. Succi. The Lattice Boltzmann Equation: For Fluid Dynamics and Beyond. Oxford University Press, United Kingdom, 2001. D. E. Knuth. The art of computer programming (volumes 1-4a). Addison Wesley, Boston, 2011.*

## Mapa IV - Métodos Quantitativos em Biologia de Sistemas/Quantitative Methods in Systems Biology

### 3.3.1. Unidade curricular:

*Métodos Quantitativos em Biologia de Sistemas/Quantitative Methods in Systems Biology*

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

*Francisco Rodrigues Pinto - T:28; TP:21*

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

\*\*\*\*\*

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

*Aprendizagem das principais abordagens computacionais na análise de sistemas biológicos complexos.*

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

*Learning of the most common computational methods used in the analysis of complex biological systems.*

### 3.3.5. Conteúdos programáticos:

*Análise estrutural de redes biológicas: -Análise de topologia de redes biológicas -Modelos baseados em distribuição de fluxos em estado estacionário Análise dinâmica de redes biológicas: -Modelação dinâmica determinística de redes biológicas. -Modelação dinâmica estocástica de redes biológicas. -Modelos lógicos de redes biológicas. -Métodos de exploração do espaço de parâmetros. Integração e inferência de redes biológicas com dados de larga escala: -Inferência de redes biológicas a partir de dados de larga escala -Uso de redes biológicas para análise de dados de larga escala -Ajustamento de modelos a dados de séries temporais para determinação de parâmetros e estrutura do modelo. Modelos multi-escala de sistemas biológicos: -Modelação Mesoscópica -Modelos modulares Princípios de design biológico: -Motivos de redes -Princípios de design -Princípios de operacionalidade.*

### 3.3.5. Syllabus:

*Structural analysis of biological networks: -Topological analysis of biological networks. -Flux based models. Dynamic analysis of biological networks: -Deterministic models of biological network dynamics. -Stochastic models of biological network dynamics. -Logical models of biological network dynamics -Methods to explore parameter space. Integration and inference of biological networks with high-throughput data: -Inference of biological networks from high-throughput data. -Using biological networks to analyze high-throughput data. -Model fitting to time series data, estimating parameters and model structure. Multi-scale models of biological systems: -Mesoscopic models -Modular models Biological design principles: -Network motifs -Design principles -Operating principles.*

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

*Os conteúdos programáticos percorrem as várias abordagens computacionais utilizadas actualmente na investigação de sistemas biológicos complexos. Deste modo, os alunos têm a oportunidade de explorar e apreender os principais conceitos que definem estas abordagens computacionais, o que corresponde ao objectivo da unidade curricular.*



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

*The course syllabus walks through various computational methods that are presently used in the research of complex biological systems. In this way, students have the opportunity to explore and retain the main concepts underlying the studied computational methods, which corresponds to the objectives of this curricular unit.*

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

*Método de ensino Ensino presencial com aulas teóricas expositivas e aulas teórico-práticas interactivas com discussão por parte dos alunos e execução acompanhada de projectos computacionais. Método de avaliação Exame escrito (50%), apresentação de artigo (25%), projecto computacional (25%)*

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

*Teaching methods: Theoretical classes combined with interactive classes where students are encouraged to participate in both oriented discussions and computational projects. Evaluation: Written exam(50%), paper oral presentation (25%), computational project (25%).*

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

*A exposição teórica das diversas abordagens computacionais de análise de sistemas biológicos complexos é complementada com a discussão activa, pela parte dos alunos, de casos específicos da literatura científica em que essas abordagens foram utilizadas, e também com a execução de pequenos projectos computacionais que exemplificam os métodos expostos nas aulas teóricas e discutidos nas teórico-práticas. Deste modo, os alunos têm oportunidade de aprofundar os conceitos envolvidos a partir de diferentes perspectivas, solidificando desta forma os conhecimentos adquiridos.*

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

*The theoretical presentation of the diverse computational approaches of analysis of complex biological systems is accompanied with students active discussion of specific published cases where the approaches have been applied. Also, the development of small scale computational projects based on these approaches will be explored. By doing so, students will be allowed to further deep their knowledge of the major concepts, from different perspectives.*

**3.3.9. Bibliografia principal:**

*Eberhard O. Voit (2013) A First course in Systems Biology, Garland Science Uri Alon (2006) An introduction to Systems Biology: Design principles of biological circuits, CRC 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:**

*André Osório e Cruz de Azerêdo Falcão - T:28; TP:42 (2 TP)*

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

\*\*\*\*\*

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

*O objectivo desta disciplina é dar uma visão panorâmica dos aspectos mais importantes da bioinformática, incidindo nos aspectos computacionais e algorítmicos da área. Os alunos ficarão com capacidade para compreender os problemas fundamentais da área e saber que ferramentas têm à sua disposição para os resolver, bem como as suas limitações*

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

*The aim of this course is to give an overview of the most important aspects of bioinformatics, focusing on algorithmic and computational aspects of the area. Students will have the capability to understand the fundamental problems in the area and know what tools are at their disposal to solve them, as well as the inherent limitations.*

**3.3.5. Conteúdos programáticos:**

*Bases de dados para Bioinformática. Ontologias e anotações de genes. Análise de seqüências de proteínas e matrizes de substituição. Métodos de comparação de sequência e BLAST. Métodos de alinhamentos múltiplos, e modelos ocultos de Markov para anotação de domínios. Previsão de função de sequências proteicas. Métodos computacionais de análise de estruturas proteicas (estrutura secundária e terciária). Classificação das estruturas. Modelação comparativa e métodos de previsão da estrutura de proteínas. Bioinformática do interactoma e das redes metabólicas. Análise de Dados de Expressão Gênica em microarrays e RNA-Seq. Sistemas de workflow para bioinformática. Introdução à quimoinformática.*

**3.3.5. Syllabus:**

*Data bases for bioinformatics. Ontologies and annotations of genes and proteins. Sequence comparison methods and BLAST. Substitution matrices. Multiple alignment methods and hidden markov models for domain annotation. Function prediction from protein sequences. Computational methods for protein structure analysis (both secondary and tertiary structures). Approaches for structure classification. Comparative modeling and protein structure prediction methods. Bioinformatics for studying the interactome and metabolic pathways. Mining Gene Expression Data in Microarrays and RNA-Seq essays. Systems of Workflow in bioinformatics. Introduction to cheminformatics.*

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

*Os conteúdos programáticos são leccionados tendo em conta a Bibliografia Principal da disciplina. A disciplina cobre os pontos mais relevantes do trabalho do bioinformático e as ferramentas de análise mais relevantes.*

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

*The programmatic content are lectured taking in account the main bibliography of this course-unit. The course covers the most relevant topics dealt by a bioinformatician and the analysis tools covered are the most relevant.*

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

*Métodos expositivo, demonstrativo e activo-participativo Exame + Projecto*

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

*Expositive, demonstrative, and active-participative methods Exam + Project*

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

*A Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa utiliza sistematicamente quatro tipos diferentes de aulas: i) Teóricas (T): aulas essencialmente expositivas por parte do docente, nas quais os conceitos e métodos são explicados e exemplificados aos alunos; ii) Teórico-Práticas (TP): aulas de exercícios cuidadosamente seleccionados de modo a consolidar a aquisição dos conceitos e/ou trabalho computacional, nas quais os alunos trabalham individualmente com apoio dos docentes. Embora a participação nas aulas teóricas seja encorajada, nas aulas teórico-práticas os alunos, divididos em turmas mais pequenas, têm um papel mais activo, colaborando na resolução dos problemas e/ou trabalho computacional, colocando questões e tentando clarificar as suas dúvidas; iii) Práticas (PL): aulas de laboratório nas quais os alunos realizam actividades experimentais consideradas formativas (individualmente ou em grupo) com o apoio dos docentes; iv) Orientação Tutorial (OT): sessões de esclarecimento de dúvidas para um ou mais alunos. Nesta disciplina é utilizada uma combinação de xT+yTP+zPL+wOT por se considerar que esta é a combinação mais conveniente para atingir os objectivos da unidade curricular tendo em atenção os seus conteúdos.*

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

*The Faculty of Sciences of the University of Lisbon systematically uses four different types of classes: i) Teóricas (T): essentially expository lectures by professors, in which the concepts and methods are explained and exemplified; ii) Teórico-Práticas (TP): during these sessions students work individually, with teaching staff support, solving selected exercises in order to consolidate the relevant concepts, frequently including computational work. Although student participation is encouraged during theoretical (T) classes, TP's have a much smaller number of students per class, allowing them to have a much more active role while solving problems, asking questions and trying to clarify their doubts; iii) Práticas (PL): laboratory classes in which students carry out (individually or in groups) formative experimental activities, with teaching staff support; iv) Tutoriais (OT): sessions used for more personalized student support. This course uses a combination of xT+yTP+zPL+wOT hours per week because this is the optimal combination to achieve the course objectives for the selected syllabus.*

### 3.3.9. Bibliografia principal:

*Orengo CA, Jones DT, Thornton JM. 2003. Bioinformatics - Genes Proteins and Computers. BIOS. ISBN:1-85996-054-5 Introduction to Bioinformatics, Arthur Lesk, Second Edition, Oxford, 2005, ISBN-13 978-0199208043 Artigos e outras referências distribuídos nas aulas.*

## Mapa IV - Internet das Coisas/Internet of Things

### 3.3.1. Unidade curricular:

*Internet das Coisas/Internet of Things*

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

*António Casimiro Ferreira da Costa - T:28; TP:21*

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

----

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

*Os alunos deverão compreender os fundamentos técnicos da evolução da Internet com muitos dispositivos/objetos/sensores/atuadores ligados, permitindo a integração de sistemas individuais, domésticos e industriais na Internet. Os alunos deverão compreender os desafios técnicos, tecnológicos e sociais que se colocam ao desenvolvimento da Internet das Coisas (IdC). Deverão ainda compreender e ser capazes de descrever as principais tecnologias e arquiteturas empregues nestes sistemas. No final do semestre, os alunos terão conhecimentos sobre as áreas aplicacionais da IdC, tecnologias de sensores inteligentes e de redes para IdC, protocolos de comunicação e aspetos de segurança nos sensores, redes e sistemas. Saberão também de que forma se pode atender a requisitos de execução atempada, de eficácia e de custo das aplicações, ao mesmo tempo que lidam com grandes quantidades de dados usando técnicas de aprendizagem automática, processamento, análise e visualização de dados.*

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

*Students will understand the technical foundations of the evolution of the Internet with many connected devices/objects/sensors/actuators, allowing the integration of individual, home and industrial systems in the Internet. Students should understand the technical, technological and social challenges to the development of the Internet of Things (IoT). They should also understand and be able to describe the main technologies and architectures underlying these systems. At the end of the semester, students will know the IoT application areas, smart sensor and network technologies for the IoT, communication protocols and security aspects of sensors, networks and systems. They will also know how to address application requirements like timeliness, effectiveness and cost, while the application is handling large amounts of data using machine learning, data processing, analysis and visualization techniques.*

### 3.3.5. Conteúdos programáticos:

*1. Introdução à Internet das Coisas. 2. Apresentação e discussão de áreas aplicacionais: transportes, indústria, monitorização ambiental, saúde, gestão energética em edifícios, redes inteligentes, cidades inteligentes. 3. Tecnologia dos sensores. 4. Tecnologia das redes e pilha protocolar. 5. Aspetos de segurança (confidencialidade, integridade e disponibilidade) nos sensores, redes e sistemas: conceitos, tecnologias. 6. Outros requisitos não funcionais (computação atempada, qualidade dos dados, custo). 7. Ciência dos dados para a Internet das Coisas: estatística e aprendizagem máquina, análise e visualização de grandes quantidades de dados, processamento em tempo-real, armazenamento na nuvem e em bases de dados NoSQL. 8. Estudo de casos: desenvolvimento integrado na nuvem (aplicações larga-escala centradas no utilizador), desenvolvimento na borda do sistema (interação com o mundo físico – sistemas ciberfísicos, controlo, comportamentos autónomos e inteligentes).*

**3.3.5. Syllabus:**

1. Introduction to the Internet of Thing. 2. Presentation and discussion of application areas: transportation, industry, environmental monitoring, health, energy management in buildings, smart grid, smart cities. 3. Technology of sensors. 4. Network technology and communication stack. 5. Security aspects (confidentiality, integrity and availability) of sensors networks and systems: concepts, technologies. 6. Other non-functional requirements (timeliness, data quality, cost. 7. Data science for the IoT: machine learning and statistics, bigdata analytics and visualization, real-time processing, NoSQL and cloud-based storage. 8. Case studies: development in the cloud (human-centered large-scale applications), development at the edge (interaction with the physical world – cyber-physical systems, control, Intelligent and autonomous behavior).

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

A Internet das Coisas trata da integração de muitos dispositivos, com capacidades computacionais muito diversas, com capacidades de conectividade também diversas e que produzem grandes quantidades de dados, em sistemas e subsistemas que usamos no nosso dia-a-dia e interligados à Internet mundial, em condições diversas e com requisitos diversos. A unidade curricular trata das tecnologias dos dispositivos, das suas potencialidades e limitações e da sua conectividade. Trata ainda dos aspetos de rede específicos de redes com conectividade variável de ligação à Internet, devido às características inerentes de alguns dispositivos. Trata também dos requisitos das aplicações, incluindo segurança, previsibilidade temporal e qualidade dos dados. Finalmente, trata dos aspetos relacionados com o tratamento da grande quantidade de dados produzidos, permitindo a sua utilização eficaz nas diversas áreas aplicacionais da Internet das Coisas.

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

The Internet of Things deals with the integration of many devices, with very different computational capabilities, with various connectivity capabilities and which produce large amounts of data, in systems and sub-systems that we use in our daily life and connected to the global Internet, in various conditions and with various requirements. The curricular unit deals with the device technologies, their strengths and limitations and their connectivity. It also deals with the specific aspects of networks with variable Internet connectivity due to the inherent characteristics of some devices. It deals with application requirements, including security, timeliness and data quality. Finally, it deals with aspects related with handling big data, allowing using these data in the several Internet of Things application areas.

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

As aulas teóricas consistirão na exposição das matérias enumeradas nos conteúdos programáticos, fornecendo noções essenciais, visões de conjunto e relacionando as diferentes matérias numa matriz coerente. Os aspetos teóricos mais importantes serão abordados com detalhe, sendo ainda mais aprofundados nas aulas teórico-práticas.

Nas aulas teórico-práticas será feita a ponte entre aspetos teóricos e aspetos práticos, ensinando os alunos a aplicar técnicas ou conceitos. Nestas aulas os alunos serão também expostos a tecnologias, técnicas ou ferramentas concretas, cuja aplicação será feita no contexto de um projeto prático.

A avaliação dos alunos compreende três componentes: Exame (50%), projeto de grupo (30%) e trabalhos individuais (20%).

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

*Met. Ensino e Avaliação (EN)*

Theory classes will expose the subjects presented in the syllabus, providing essential notions, encompassing views, and relating the several subjects in a consistent framework. The more general and important theoretical topics will be addressed in detail and will be further explored on Practical classes.

Practical classes aim at bridging theoretical aspects and practical issues, by teaching students on how to apply techniques or concepts. These classes will expose the students to concrete technologies, techniques and tools, which will be applied in the context of a practical project.

Student grading includes three components: Exam (50%), group project (30%) and individual assignments (20%).

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

Os conceitos lecionados nas aulas teóricas, e a sua aplicação nas aulas práticas, fomentam o desenvolvimento de competências na resolução de problemas, raciocínio crítico, análise e síntese no domínio dos componentes, sistemas e áreas aplicacionais estudadas. As metodologias de ensino são consistentes com os objetivos da unidade curricular, o que resulta do uso de uma metodologia expositiva combinada com a análise de casos de estudos e exemplos de aplicação prática que permitem: 1) uma compreensão adequada do programa, 2) a demonstração da relevância dos paradigmas e soluções, e 3) a criação de conhecimento prático no que diz respeito à conceção de sistemas com muitos objetos ligados à Internet

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

The concepts taught in the theory lectures, and their application in practical lectures, encourage the development of skills in problem solving, critical thinking, analysis and synthesis in the field of components, systems and application areas studied. The teaching methods are consistent with the objectives of the course, which results from the use of a combined exposition methodology with the analysis of case studies and practical application examples that provide for: 1) a proper understanding of the program, 2) the demonstration of the relevance of paradigms and solutions, and 3) the creation of practical knowledge with regard to the design of systems with many objects connected to the Internet

**3.3.9. Bibliografia principal:**

*The Internet of Things: Enabling Technologies, Platforms, and Use Cases, Pethuru Raj, Anupama C. Raman, CRC Press, 2017.*

*Internet of Things (A Hands-on-Approach), Vijay Madiseti (Author), Arshdeep Bahga, 2014*

*Understanding the Issues and Challenges of a More Connected World, Internet Society White Paper, 2015*

**Mapa IV - Física Estatística Complementar/Complementary Statistical Physics****3.3.1. Unidade curricular:**

*Física Estatística Complementar/Complementary Statistical Physics*

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

*Nuno Miguel Azevedo Machado de Araújo - T:28; TP:28*

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

\*\*\*\*\*

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

*Segundo curso em Física Estatística onde são estudados alguns dos mais relevantes fenómenos de Física Estatística Fora de Equilíbrio. O objetivo principal é desenvolver competências de resolução de problemas através do estudo e aplicação de vários métodos teóricos.*

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

*This is a second course in Statistical Physics where some of the core phenomena in non-equilibrium statistical physics are explored. The main objective is to develop students' problem-solving skills through the study and application of several theoretical methods.*

**3.3.5. Conteúdos programáticos:**

*Introdução à Física Estatística Fora de Equilíbrio, fenómenos de transporte, processos de contato, agregação e fragmentação, conectividade e sincronização.*

**3.3.5. Syllabus:**

*Introduction to Far-from-equilibrium Statistical Physics, transport phenomena, contact processes, aggregation and fragmentation, connectivity and synchronization.*

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

*Ao contrário da Física Estatística de Equilíbrio que assenta numa base teórica sólida e bem estabelecida, a Física de Fenómenos Fora de Equilíbrio está em permanente desenvolvimento, não havendo ainda um formalismo generalizado. Assim, o estudo de fenómenos fora de equilíbrio implica o conhecimento de um espetro alargado de técnicas e conceitos bem como o domínio da sua aplicação a diferentes problemas. Nesta unidade curricular, são discutidos vários fenómenos típicos que ocorrem fora de equilíbrio para os quais é possível obter resultados conceptualmente simples a partir da resolução das equações para a sua evolução temporal. Desta forma, são introduzidos conceitos chave bem como as técnicas teóricas mais relevantes.*

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

*While the study of Equilibrium Statistical Physics profits from a solid theoretical background, a well established framework is still lacking for Far-from-equilibrium Statistical Physics. Instead, the study of far-from-equilibrium phenomena implies knowledge of a large spectrum of theoretical techniques and concepts and the capability of applying them to different problems. Here, several exemplary far-from-equilibrium phenomena are discussed, for each conceptual simple results can be derived from their evolution equations. Thus, key concepts and theoretical techniques are introduced.*

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

*Discussão dos diferentes sistemas e técnicas nas aulas teóricas e resolução de problemas nas aulas teórico-práticas. A participação dos alunos nas aulas é fortemente encorajada. 60% exame final, 40% exercícios das aulas teórico-práticas.*

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

*Discussion of the different systems and techniques in the lectures and hands-on problem solving in the exercise classes. Class participation is strongly encouraged. 60% final exam, 40% exercises.*

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

*Nas aulas teóricas, são discutidos diferentes fenómenos de Física Fora de Equilíbrio e as técnicas adequadas para estudar esses fenómenos. De uma forma construtiva, são discutidas as vantagens e desvantagens das diferentes técnicas. Pretende-se assim equipar os alunos com competência para resolução de problemas que implicam o estudo da evolução temporal. As aulas teóricas são complementadas com exercícios semanais nas aulas teórico-práticas. Os exercícios servem para desenvolver competências de resolução de problemas.*

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

*In the main lectures, different phenomena of Far-from-equilibrium Physics are discussed as well as the typical techniques to study them. In a constructive way, the advantages and limitations of the main techniques are discussed. This strategy helps students developing critical thinking and equip them with problem-solving skills. The lectures are complemented by weekly exercise classes.*

**3.3.9. Bibliografia principal:**

*P. L. Krapivsky, S. Redner and E. Ben-Naim, A Kinetic View of Statistical Physics. Cambridge University Press, UK, 2010. V. Privman (Ed.), Nonequilibrium Statistical Mechanics in One Dimension. Cambridge University Press, UK, 1997. J. Marro and R. Dickman, Nonequilibrium Phase Transitions in Lattice Models. Cambridge University Press, UK, 1999. R. K. Pathria and P. D. Beale, Statistical Mechanics (3rd Edition). Academic Press, USA, 2011. M. Kardar, Statistical Physics of Particles. Cambridge University Press, UK, 2007. F. Reif, Fundamentals of Statistical and Thermal Physics, McGraw Hill, USA, 1965. A.-L. Barabási and H. E. Stanley, Fractal Concepts in Surface Growth. Cambridge University Press, UK, 1995. P. Meakin, Fractals, Scaling and Growth Far From Equilibrium. Cambridge University Press, UK, 1998. M. E. J. Newman, Networks: an Introduction. Oxford University Press, UK, 2010.*

**Mapa IV - Análise de Dados em Ciências da Vida/Data Analysis in Life Sciences****3.3.1. Unidade curricular:**

*Análise de Dados em Ciências da Vida/Data Analysis in Life Sciences*

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

*Ricardo Pedro Moreira Dias - S:28*

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

-----

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

*Esta unidade curricular tem como objetivo o desenvolvimento do conhecimento e perícia analítica no domínio, através da aquisição da linguagem, conceitos e compreensão dos mecanismos básicos associados às ciências da vida. Pretende-se que o aluno adquira competências para a identificação das questões e respetivas abordagens analíticas mais apropriadas como também consciencialização dos diversos desafios em ciências de dados aplicados à saúde, ambiente e processos biotecnológicos.*

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

*This curricular unit aims to develop knowledge and analytical expertise in the field through the acquisition of language, concepts and understanding of the basic mechanisms associated with life sciences. It is intended that the student acquire competencies to identify the issues and their appropriate analytical approaches as well as awareness of the various challenges in data science applied to health, environment and biotechnological processes.*

**3.3.5. Conteúdos programáticos:**

*Esta unidade abrange a criação e gestão do ciclo de projetos nos diferentes domínios das ciências da vida. Será abordado os conceitos e ferramentas específicas para a identificação dos problemas analíticos, identificação das fontes de dados, construção de pipelines analíticos, implementação e desenvolvimento, divulgação & comunicação de resultados e manutenção.*

**3.3.5. Syllabus:**

*This unit covers the creation and management of the project cycle in the different fields of life sciences. Specific concepts and tools for analytical problem identification, identification of data sources, construction of analytical pipelines, implementation and development, dissemination & reporting of results as well as maintenance will be addressed.*

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

*Através de uma abordagem integrativa sobre os conceitos básicos associados às ciências da vida e as principais metodologias de produção de informação para dados biológicos, o aluno irá identificar as questões e respetivas abordagens analíticas associadas à produção de conhecimento no domínio das ciências da vida.*

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

*Through an integrative approach on the basic concepts associated with life sciences and the main methodologies for producing information for biological data, the student will identify the issues and respective analytical approaches associated with the production of knowledge in the field of life sciences.*

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

*Projeto (100%)*

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

*Capstone Project (100%)*

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

*Através de projeto Capstone final, o aluno aplicará as competências adquiridas durante a UC no desenvolvimento de um produto de dados através do uso de informação e dados reais. Na conclusão da UC, os estudantes terão um portfólio que demonstrará o seu domínio em análise de dados aplicado às Ciências da Vida.*

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

*Through the final Capstone project, the student will apply the skills acquired during the UC for the development of a data product through the use of real information and data. At the conclusion of the UC, the students will have a portfolio that will demonstrate their mastery of data analysis applied to the Life Sciences.*

**3.3.9. Bibliografia principal:**

*• Brian Everitt & Graham Dunn (1982) An Introduction to Mathematical Taxonomy. Cambridge University Press. ISBN: 0-486-43587-3 • Claus Thorn Ekstrom & Helle Sørensen (2014) Introduction to statistical data analysis for the life sciences. CRC Press. ISBN: 9781482238945 • Doug Rose (2016) Data Science. Create Teams That Ask the Right Questions and Deliver Real Value. APress. ISBN 9781484222522 • Rafael A. Irizarry & Michael I. Love (2016) Data Analysis for the Life Sciences with R. CRC Press. ISBN-13: 978-1498775670 • Artigos científicos*

**Mapa IV - Abordagens "Ómicas" em Biomedicina e Biotecnologia/Omics Approaches in Biomedicine and Biotechnology****3.3.1. Unidade curricular:**

*Abordagens "Ómicas" em Biomedicina e Biotecnologia/Omics Approaches in Biomedicine and Biotechnology*

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

*Margarida Henriques Gama Carvalho - T:28; TP:21*

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

-----

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

*Esta unidade curricular pretende estabelecer uma base sólida de conhecimento sobre as principais abordagens tecnológicas de larga escala em Biomedicina e Biotecnologia, que têm suportado uma produção maciça de dados sem precedentes nesta área em expansão. A transformação destes dados em conhecimento útil depende do desenvolvimento e aplicação de metodologias de pré-processamento, normalização e análise ajustadas a cada fonte específica. Através desta UC os alunos: - conhecem as principais tecnologias de larga*

escala e o tipo de dados produzidos; - adquirem noções teóricas e práticas sobre a estrutura dos dados, pré-processamento e metodologias de análise específicas a aplicar aos diferentes tipos de dados; - adquirem noções teóricas e práticas sobre as necessidades e dificuldades de integração de diferentes tipos de dados para representação dos sistemas biológicos; - tomam contacto com o potencial de aplicação deste tipo de dados na área da saúde e biotecnologia.

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

*This unit aims to establish a solid knowledge on the main large-scale technologies used in Biomedicine and Biotechnology, which have supported an unprecedented massive production of data in this expanding area. Transforming this data into useful knowledge depends on the development and application of data pre-processing, normalization and analysis methods adjusted to each specific data source. Through this unit students will: - become acquainted with the main large scale methods and data types; - acquire theoretical and practical concepts on data structure, pre-processing and specific data analysis methods; - acquire theoretical and practical concepts on the current needs and limitations for multi-level data integration to represent biological systems; - contact with the potential applications of this kind of data in biomedicine and biotechnology.*

### 3.3.5. Conteúdos programáticos:

*Introdução aos sistemas e complexidade biológica. O paradigma de "larga escala" em biomedicina e biotecnologia e o modelo DIKW (Data-Information-Knowledge-Wisdom). Princípios da revolução "ômica": o projeto de sequenciação do genoma humano. Sequenciação paralela massiva e sequenciação de quarta geração. Genómica. Epigenómica. Transcritómica. Proteómica. Metabolómica. Interatómica. Screens funcionais de larga escala. Microscopia de alto rendimento. Métodos de "célula única". Aplicações à saúde e medicina de precisão. Aplicações no desenvolvimento biotecnológico/indústria farmacêutica.*

### 3.3.5. Syllabus:

*Introduction to biological systems and biological complexity. The large-scale paradigm in biomedicine and biotechnology and the DIKW model (Data-Information-Knowledge-Wisdom). Beginnings of the "omics" revolution: the Human Genome Project. Massive parallel sequencing and 4th generation sequencing. Genomics. Epigenomics. Transcriptomics. Proteomics. Metabolomics. Interatomics. Large-scale functional screens. High throughput microscopy. Single-cell methods. Applications to health and precision medicine. Applications in biotech development/pharmaceutical industry.*

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

*Os conteúdos programáticos apresentam uma perspetiva detalhada e atual das principais metodologias de produção de dados em larga-escala utilizadas em Biomedicina e Biotecnologia, tipos de dados produzidos, métodos de análise e suas aplicações práticas, em linha com os objetivos definidos para a unidade curricular.*

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

*The program contents provide an in depth and timely perspective on the main methods for large-scale data generation used in Biomedicine and Biotechnology, types of data, analysis methods and practical uses, in line with the defined objectives.*

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

*Os métodos de ensino envolvem a combinação de aulas teóricas, seminários de investigação com especialistas da área, aulas práticas de análise de dados, e desenvolvimento de um projeto em modo de ensino tutorial. Será implementada uma abordagem personalizada com um plano de estudos individualizado ajustado à formação académica anterior do aluno. A avaliação inclui uma componente de exame e uma de projeto, com ponderação de 50% cada.*

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

*Teaching methods involve a combination of lectures, research seminars by experts in different areas, practical courses for data analysis and development of a project with tutorial supervision. The course will take a student-centred approach, with the definition of a personalized study-plan adjusted to the student's previous academic background. Course grade is the average from a final exam and project classification.*

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

*Os métodos de ensino dão preferência a abordagens de aprendizagem ativa, promovendo o contacto direto dos alunos com diferentes tipos de dados e metodologias de normalização e análise associadas, bem como a sua aplicação a problemas biomédicos/biotecnológicos específicos. Seminários de investigação por peritos nas diferentes áreas garantem a transmissão de conhecimento atualizado sobre o estado-da-arte exigido para uma formação adequada numa área científica em profunda evolução. As aulas teóricas garantem que os alunos conseguem adquirir os conceitos básicos necessários para a compreensão das metodologias e problemas relacionados, considerando o seu currículo académico anterior. A combinação de múltiplas abordagens pedagógicas suporta a aquisição de competências práticas e da compreensão global da área definida nos objetivos da Unidade Curricular.*

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

*Teaching methods give preference to active learning approaches promoting direct contact of the students with the different types of data and associated normalization and analyses methods, as well as their application to specific biomedical/biotechnological problems. Seminars by recognized experts in the field will ensure transmission of state-of-the-art knowledge required for a highly active and evolving area. Lectures ensure that the students acquire the basic concepts required to understand the methods and problems, taking in account their previous academic background. This combination of multiple teaching approaches supports the acquisition of practical skills and a global understanding of the area as defined in the course objectives.*

### 3.3.9. Bibliografia principal:

· Debmalya Barh, Vasudeo Zambare, Vasco Azevedo (Editors) (2013) *OMICS: Applications in Biomedical, Agricultural, and Environmental Sciences 1st Edition*, CRC Press · Geoffrey S. Ginsburg, Huntington F Willard PhD (Editors) (2016) *Genomic and Precision Medicine, Third Edition: Foundations, Translation, and Implementation*, Academic Press · Artigos científicos

## Mapa IV - Matemática Computacional I/Computational Mathematics I

### 3.3.1. Unidade curricular:

*Matemática Computacional I/Computational Mathematics I*

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

*Carlos Manuel Ribeiro Albuquerque- T:28; TP:21*

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

-----

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

*Assimilar conceitos e resultados fundamentais em métodos numéricos para problemas frequentes nas áreas da economia e gestão e aquisição de prática computacional.*

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

*Acquisition of concepts and fundamental results in numerical methods for common problems in economics and management and acquisition of computational practice.*

**3.3.5. Conteúdos programáticos:**

*Aritmética computacional. Aproximação e integração de funções. Métodos numéricos em álgebra linear. Otimização.*

**3.3.5. Syllabus:**

*Computational arithmetic. Approximation and quadrature of functions. Numerical methods in linear algebra. Optimization.*

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

*Na aplicação da matemática à economia e gestão é necessário resolver computacionalmente uma variedade de problemas tendo como base técnicas numéricas estudadas na análise numérica. São estudados alguns dos métodos fundamentais do cálculo numérico que têm aplicação frequente, usando-se alguns deles para cálculo em computador.*

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

*In the application of mathematics to economics and management it is necessary to solve a variety of problems using numerical techniques studied in numerical analysis. Some of the fundamental methods of numerical calculation that have frequent application are studied and some of the methods are used for computer implementation.*

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

*Aulas teóricas expositivas e aulas teórico práticas com resolução de problemas e cálculo em computador. A avaliação consiste num exame escrito e no desenvolvimento de um trabalho prático computacional com relatório escrito.*

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

*Lectures and classes for practice exercises, problem solving and computer implementation. The assessment consists in a written exam and in the development of a computer project with a written report.*

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

*A introdução e estudo teórico dos métodos é feito nas aulas teóricas. Nas aulas teórico práticas são resolvidos exercícios e problemas para consolidar o estudo da teoria e para aplicação dos métodos, incluindo o cálculo em computador.*

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

*The introduction and theoretical study of the methods is done in lectures. In classes exercises and problems are solved to consolidate the study of theory and for application of methods, including the use of computers.*

**3.3.9. Bibliografia principal:**

*Burden, R. e Faires, D., Numerical Analysis, 9th edition, Brooks/Cole, 2011. Lange, K., Numerical Analysis for Statisticians, 2nd ed., Springer, 2010. Monahan, J. F., Numerical Methods of Statistics, 2nd ed., Cambridge University Press, 2011. Pina, H., Métodos Numéricos, McGraw Hill, Lisboa, 1995. Quarteroni, A. e Saleri, F., Cálculo Científico com MATLAB e Octave, Springer, 2007.*

**Mapa IV - Tópicos de Matemática/Topics in Mathematics****3.3.1. Unidade curricular:**

*Tópicos de Matemática/Topics in Mathematics*

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

*Maria da Conceição Vieira de Carvalho - T: 28; TP:21*

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

-----

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

*Espera-se que os estudantes dominem os assuntos do programa abaixo, que compreendam o modo como eles se relacionam com outras matérias já estudadas e que saibam reconhecer a sua aplicabilidade noutras situações matemáticas.*

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

*The students should be able to master the items in the curriculum below, to understand the way they relate to other subjects already studied and to recognize their applicability in other mathematical situations.*

**3.3.5. Conteúdos programáticos:**

*Números Complexos, Álgebra Linear, Cálculo diferencial de funções escalares e vectoriais de várias variáveis reais, Integrais duplos e triplos, Equações Diferenciais.*

### 3.3.5. Syllabus:

*Complex numbers, Linear algebra, Differential Calculus of real functions of several real variables, Double and triple integrals, Differential equations.*

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

*Os conteúdos programáticos são adequados aos objetivos da unidade curricular: fornecem uma base de conhecimento fundamental em matemática.*

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

*The syllabus is adequate to the objectives of the course: it provides a fundamental knowledge base in mathematics.*

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

*As aulas têm uma componente teórica e uma componente teórico-prática. O conteúdo teórico da disciplina será apresentado e exemplificado, sendo posteriormente aplicado nos exercícios propostos. O aluno poderá optar pela avaliação por testes (dois testes parciais) ou por exame final. Qualquer aluno poderá ser chamado a uma prova oral.*

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

*The classes have a theoretical component and a practical component. The theoretical content will be presented and exemplified, and then applied to the proposed exercises.*

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

*A integração numa mesma aula das componentes teórica e teórico-prática apresenta vantagens evidentes para uma melhor compreensão da teoria, em virtude da aplicação imediata desta a problemas práticos.*

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

*The integration of the theoretical component and the practical component on the same class provides clear advantages for a better understanding of the theory, as a result of the immediate application of the theory to the practical problems.*

### 3.3.9. Bibliografia principal:

*T. M. Apostol, Calculus Vol. I & II, J. Wiley, 2nd Ed., 1967*

## Mapa IV - Introdução à Investigação em Ciência de Dados/Introduction to Research in Data Science

### 3.3.1. Unidade curricular:

*Introdução à Investigação em Ciência de Dados/Introduction to Research in Data Science*

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

*João Paulo Marques da Silva - OT:14*

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

*Sara Alexandra Cordeiro Madeira - TP:7*

*Tiago João Vieira Guerreiro - TP:7*

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

*A Unidade Curricular (UC) Introdução à Investigação em Ciência de Dados oferece uma perspetiva sobre as práticas e os métodos para a realização de investigação em Ciência de Dados. A UC estuda um conjunto de temas genéricos relativos às práticas e métodos de investigação, mas relacionando com exemplos concretos na área da Ciência de Dados.*

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

*The curricular unit Introduction to Research in Data Science offers a general perspective on the practice and methods for conducting research in Data Science. The curricular unit covers a number of generic themes related with the practice and methods of research, but relating with concrete examples from the area of Data Science.*

### 3.3.5. Conteúdos programáticos:

*Teoria e prática de investigação; Estruturação de projectos de investigação; Ética na investigação; Pesquisa bibliográfica e revisão da literatura, com exemplos de bases de dados bibliográficas actuais; Exemplos de métodos de investigação; Aquisição e análise de dados; Análise de dados quantitativa e qualitativa. Para cada tema, a UC propõe analisar casos de estudos concretos relacionados com a temática da Ciência de Dados. As aulas serão complementadas com apresentações de projectos de investigação, realçando os assuntos estudados.*

### 3.3.5. Syllabus:

*Theory and practice of research; Structuring of research projects; Research ethics; Literature review and bibliographic search, with examples from modern bibliographic databases; Examples of research methods; Data acquisition and analysis; Quantitative and qualitative data analysis. For each theme, the curricular unit proposes to study concrete case studies related with Data Science. The lectures will be complemented with presentations of research projects, highlighting the topics studied in the course.*

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

*A unidade curricular pretende preparar os alunos na prática da realização de investigação, de acordo com as melhores práticas. A unidade curricular está estruturada de acordo com exemplos internacionais, e segue a bibliografia recomendada.*

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



*The curricular unit aims to prepare students in the practice of conducting research, inspired by existing best practices. The curricular unit is organized according to international examples, and follows the recommended bibliography.*

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

*As aulas teóricas consistem na exposição das matérias enumeradas nos conteúdos programáticos, fornecendo noções essenciais, visões de conjunto e relacionando as diferentes matérias numa matriz coerente. Os aspetos teóricos mais importantes serão abordados com detalhe, sendo ainda mais aprofundados nas aulas teórico-práticas.*

*Nas aulas teórico-práticas será feita a ponte entre aspetos teóricos e aspetos práticos, ensinando os alunos a aplicar técnicas ou conceitos. Nestas aulas os alunos serão também expostos a tecnologias, técnicas ou ferramentas concretas, cuja aplicação será feita no contexto de um projeto prático.*

*A avaliação dos alunos compreende três componentes: Exame (50%), projeto de grupo (30%) e trabalhos individuais (20%).*

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

*Lectures will expose the subjects presented in the syllabus, providing essential notions, encompassing views, and relating the several subjects in a consistent framework. The more general and important theoretical topics will be addressed in detail and will be further explored on Practical classes.*

*Practicals aim at bridging theoretical aspects and practical issues, by teaching students on how to apply techniques or concepts. These classes will expose the students to concrete technologies, techniques and tools, which will be applied in the context of a practical project.*

*Student assessment includes three components: Exam (50%), group project (30%) and individual assignments (20%).*

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

*Os conceitos lecionados nas aulas teóricas, e a sua aplicação nas aulas práticas, fomentam o desenvolvimento de competências na resolução de problemas, raciocínio crítico, análise e síntese no domínio dos componentes, sistemas e áreas aplicacionais estudadas. As metodologias de ensino são consistentes com os objetivos da unidade curricular, o que resulta do uso de uma metodologia expositiva combinada com a análise de casos de estudos e exemplos de aplicação prática que permitem: 1) uma compreensão adequada do programa, 2) a demonstração da relevância dos paradigmas e soluções, e 3) a criação de conhecimento prático no que diz aos objetivos da unidade curricular.*

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

*The concepts taught in the lectures, and their application in practicals, encourage the development of skills in problem solving, critical thinking, analysis and synthesis in the field of components, systems and application areas studied. The teaching methods are consistent with the objectives of the course, which results from the use of a combined exposition methodology with the analysis of case studies and practical application examples that provide for: 1) a proper understanding of the program, 2) the demonstration of the relevance of paradigms and solutions, and 3) the creation of practical knowledge with respect to the objectives of the curricular unit.*

### 3.3.9. Bibliografia principal:

*Research Methods, R. Walliman, Routledge, 2010  
ISBN: 978-0-323-26171-5*

*Vários artigos na área da Data Science.*

## Mapa IV - Dissertação/Projeto/Estágio em Ciência de Dados/Dissertation/Project/Internship in Data Science

### 3.3.1. Unidade curricular:

*Dissertação/Projeto/Estágio em Ciência de Dados/Dissertation/Project/Internship in Data Science*

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

*João Paulo Marques da Silva - OT: 56*

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

*Vários docentes envolvidos (orientadores) - OT: 56*

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

*Realização de um trabalho individual, de índole científica, científico-tecnológica ou tecnológica na área de Ciência dos Dados. O trabalho pode ser de um dos seguintes tipos: dissertação, projeto ou estágio. A dissertação é uma exposição e discussão, com objetividade, de natureza científica. Pressupõe um exame crítico de um problema sob uma perspetiva original, sugerindo ou desenvolvendo soluções para o problema em causa. Um projeto ou estágio procura resolver um problema, com uma solução original, partindo de um planeamento onde se compreendem as fases de análise, desenho, realização e teste da solução. Pressupõe iniciativa e autonomia para lidar com a complexidade e incerteza do problema. O estágio é obrigatoriamente realizado numa organização externa.*

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

*Realization of an individual work of scientific, scientific-technological and technological in the area of Data Science. The work can be one of the following types: dissertation, project or internship. The dissertation is a presentation and discussion of scientific nature. It assumes a critical study of a problem from a unique perspective, suggesting or developing solutions to the problem in question. A project seeks to solve a problem, with an original solution, starting from a plan where the phases of analysis, design, implementation and testing of the solution are clearly identified. The student should present initiative and autonomy to deal with the complexity and uncertainty of the problem. The internship must be executed in an external organization.*

### 3.3.5. Conteúdos programáticos:

*Esta unidade curricular deverá contemplar um subconjunto das diversas matérias abordadas ao longo do curso. Os alunos deverão explorar os conteúdos de cariz teórico a que foram expostos, assim como a sua aplicação prática, complementando-os com novos elementos sempre que necessário de forma a consolidar assim o seu conhecimento das metodologias e tecnologias.*

**3.3.5. Syllabus:**

*This course unit should include a subset of the various subjects covered throughout the course. Students should explore the theoretical content to which they were exposed, as well as their practical application, complementing them with new elements whenever necessary in order to consolidate their knowledge of methodologies and technologies.*

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

*A disciplina prepara o aluno para a realização de trabalhos de investigação ou para a inserção no mundo empresarial. Através da sua participação num ciclo de análise, desenho, implementação e avaliação, o aluno toma contacto com as diferentes etapas que se incluem no desenrolar de um projeto (de investigação ou de desenvolvimento) na área de Ciência de Dados. Ao estar integrado numa equipa que também inclui o seu orientador (e co-orientador quando aplicável), o aluno tem um acompanhamento que lhe permite uma aferição contínua dos seus progressos e da sua evolução no conteúdo programático de modo a garantir toda a sua cobertura.*

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

*The course prepares students to conduct research or for insertion in the business world. Through its participation in a cycle of analysis, design, implementation and evaluation, the student contacts with the different steps which include the elaboration of a project (research or development) in the area of Data Science. By being part of a team that also includes his supervisor (and co-supervisor if applicable), the student has a follow-up that allows him to continuously measure his progress and its evolution in the curriculum.*

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

*Cada aluno é acompanhado permanentemente por um orientador da FCUL, e nos casos dos alunos que realizam o seu trabalho numa organização externa por um co-orientador dessa organização. Os orientadores examinam o progresso do trabalho, oferecendo aconselhamento quer científico, quer técnico, orientando dessa forma a evolução do trabalho e aferindo a capacidade de decisão e autonomia evidenciadas pelo aluno. A avaliação é realizada através de uma discussão pública da dissertação ou relatório de projeto tendo em conta:*

- Capacidades técnicas reveladas;
- Capacidade de aprendizagem de novas técnicas;
- Autonomia e iniciativa;
- Qualidade do trabalho final;
- Capacidade de enquadrar o que aprendeu numa visão mais abrangente;
- Capacidade integração no ambiente de trabalho;
- Capacidade de trabalhar em equipa;
- Qualidade do relatório final;
- Qualidade da apresentação oral;
- Desempenho durante a discussão.

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

*Each student is permanently accompanied by a supervisor from FCUL, and in the cases of students who perform their work in an organization by an external co-supervisor of that organization. The supervisors examine the progress of the work, offering advice either scientific or technical, thus guiding the work progress and measuring the capacity and autonomy of decision making evidenced by the student. The grading is carried out through a public discussion of the dissertation or project report taking into account:*

- Technical capabilities revealed;
- Ability to learn new techniques;
- Autonomy and initiative;
- Quality of the final work;
- Ability to frame what you learned on a more comprehensive view;
- Integration in the workplace;
- Ability to work in team;
- Quality of the final report
- Quality of oral presentation;
- Performance during the discussion.

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

*Sendo que se pretende desenvolver no aluno as suas capacidades de análise crítica, de tomada de decisão e de exposição oral e escrita, o contacto direto e acompanhamento regular dos orientadores permite que estes transmitam os seus conhecimentos e fomentem, caso a caso, a autonomia que o aluno deverá adquirir. No caso do trabalho autónomo ser realizado numa organização externa, esta opção permite aos alunos e empregadores combinar a inserção na atividade profissional com a formação avançada. No caso de o trabalho ser realizado numa equipa de investigação, esta opção permite aos alunos adquirir práticas eficientes de aquisição de conhecimento e validação segundo o método científico das hipóteses ou soluções propostas. Para todos os alunos, a metodologia proposta permite a aquisição dos soft skills necessários a uma integração bem-sucedida de um especialista em Ciências de Dados no tecido empresarial ou num laboratório de investigação.*

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

*Since we want to develop, in students, skills of critical analysis, decision-making and oral and written communication, direct contact and regular monitoring of advisors allows them to impart their knowledge and foster, in each case, the autonomy students should acquire. In the case of autonomous work performed in an external organization, this option allows students and employers combine the insertion in the institution teams with advanced training. In the case of work to be done on a research team, this option allows students to gain practical knowledge acquisition and validation according to the chosen scientific method or proposed solutions. For all students, the proposed methodology allows the acquisition of soft skills necessary for successful integration of Data Science specialist in the business or in a research laboratory.*

**3.3.9. Bibliografia principal:**

*Não se aplica.*

**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
João Paulo Marques da Silva	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor		Engenharia Electrotécnica e Ciência da Computação	100	Ficha submetida
Francisco José Moreira Couto	Professor Associado ou equivalente	Doutor		Informática	100	Ficha submetida
Sara Alexandra Cordeiro Madeira	Professor Associado ou equivalente	Doutor		Engenharia Informática e de Computadores	100	Ficha submetida
Tiago João Vieira Guerreiro	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Engenharia Informática e Computadores	100	Ficha submetida
João Pedro Guerreiro Neto	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Ciência da Computação	100	Ficha submetida
Alysson Neves Bessani	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Engenharia Elétrica	100	Ficha submetida
Vasco Manuel Thudichum de Serpa Vasconcelos	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor		Computer Science and Engineering	100	Ficha submetida
Maria Isabel Alves Batalha Reis Da Gama Nunes	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Informática	100	Ficha submetida
Luís Miguel Parreira e Correia	Professor Associado ou equivalente	Doutor		Informática	100	Ficha submetida
Sara Guilherme Oliveira da Silva	Professor Associado convidado ou equivalente	Doutor		Engenharia Informática	100	Ficha submetida
António Manuel da Silva Ferreira	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Informática	100	Ficha submetida
André Osório e Cruz de Azerêdo Falcão	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Eng. Florestal	100	Ficha submetida
Nuno Fuentecilla Maia Ferreira Neves	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor		Informática	100	Ficha submetida
Maria Salomé Esteves Cabral	Professor Associado ou equivalente	Doutor		Estatística e Computação especialidade de Probabilidades e Estatística	100	Ficha submetida
Patrícia Cortés de Zea Bermudez	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Probabilidades e Estatística	100	Ficha submetida
António José Lopes Rodrigues	Professor Associado ou equivalente	Doutor		Estatística e Investigação Operacional	100	Ficha submetida
Margarida Maria Teixeira Diniz Mendes Leal	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Estatística e Computação, especialidade Probabilidades e Estatística	100	Ficha submetida
Maria Teresa Themido da Silva Pereira	Professor Associado ou equivalente	Doutor		Probabilidades e Estatística	100	Ficha submetida
Maria Teresa dos Santos Hall de Agorreta de Alpuim	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor		Probabilidade e Estatística	100	Ficha submetida
Cristina Maria Tristão Simões Rocha	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Estatística e Computação	100	Ficha submetida
Maria Fernanda Nunes Diamantino	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Probabilidades e Estatística	100	Ficha submetida
Nuno Miguel Azevedo Machado de Araújo	Professor Associado ou equivalente	Doutor		Física	100	Ficha submetida
Margarida Henriques Gama Carvalho	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Ciências Biomédicas	100	Ficha submetida
Francisco Rodrigues Pinto	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Bioquímica	100	Ficha submetida
Margarida Sofia Pereira Duarte Amaral	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor		Bioquímica/ Genética Molecular	100	Ficha submetida
Ricardo Pedro Moreira Dias	Professor Auxiliar convidado ou equivalente	Doutor		Biologia	100	Ficha submetida
Vanda Costa Brotas Gonçalves	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor		Biologia	100	Ficha submetida
Maria da Luz da Costa Pereira Mathias	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor		Ecologia e Sistemática	100	Ficha submetida
Carlos Manuel Ribeiro Albuquerque	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Matemática	100	Ficha submetida
Susana Duarte Cordeiro Correia dos Santos	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Matemática	100	Ficha submetida
António Casimiro Ferreira da Costa	Professor Associado ou equivalente	Doutor		Informática	100	Ficha submetida
Cátia Luísa Santana Calisto Pesquisa	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Informática	100	Ficha submetida
Ana Paula Boler Cláudio	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Informática	100	Ficha submetida
Maria Beatriz Duarte Pereira Do Carmo	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Informática	100	Ficha submetida
Mário João Barata Calha	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Informática	100	Ficha submetida
Maria Da Conceição Vieira De Carvalho	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Matemática	100	Ficha submetida
Maria Isabel Fraga Alves	Professor Associado ou equivalente	Doutor		Estatística e Computação, na especialidade de Probabilidades e Estatística	100	Ficha submetida
					<b>3700</b>	

&lt;sem resposta&gt;

## 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 \*

Corpo docente próprio / Full time teaching staff	ETI / FTE	Percentagem / Percentage
Nº de docentes do ciclo de estudos em tempo integral na instituição / No. of full time teachers:	37	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 \*

Corpo docente academicamente qualificado / Academically qualified teaching staff	ETI / FTE	Percentagem / Percentage
Docentes do ciclo de estudos com o grau de doutor (ETI) / Teaching staff with a PhD (FTE):	37	100

### 4.2.3. Corpo docente do ciclo de estudos especializado

#### 4.2.3. Corpo docente do ciclo de estudos especializado / Specialized teaching staff

Corpo docente especializado / Specialized teaching staff	ETI / FTE	Percentagem* / Percentage*
Docentes do ciclo de estudos com o grau de doutor especializados nas áreas fundamentais do ciclo de estudos (ETI) / Teaching staff with a PhD, specialized in the main areas of the study programme (FTE):	30	81.081081081081 37
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 37

### 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

Estabilidade e dinâmica de formação / Stability and training dynamics	ETI / FTE	Percentagem* / Percentage*
Docentes do ciclo de estudos em tempo integral com uma ligação à instituição por um período superior a três anos / Full time teaching staff with a link to the institution for a period over three years:	35	94.594594594595 37
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 37

## 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 dos docentes é um elemento central do processo de avaliação permanente da qualidade na Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. O objetivo da avaliação de docentes é o de reconhecer e valorizar o mérito, e fornecer a cada docente um conjunto de indicadores que lhe permita aperfeiçoar o seu desempenho, bem como definir e promover melhorias no funcionamento da instituição, em particular no que diz respeito à formação dos estudantes. A avaliação do desempenho toma em consideração as quatro vertentes do trabalho universitário, nomeadamente (i) ensino, (ii) investigação, (iii) Extensão Universitária, Divulgação Cultural e Científica e Valorização Económica e Social do Conhecimento e (iv) Gestão Universitária. A avaliação dos docentes de carreira incide sobre o desempenho dos anos anteriores e é feita de três em três anos.*

*Os procedimentos e critérios de avaliação dos docentes da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa submetem-se ao Despacho n.º 13360/2016, de 9 de novembro.*

### 4.3. Teaching staff performance evaluation procedures and measures for its permanent updating:

*The evaluation of lecturers' performance is a central element of the ongoing quality evaluation process at the Faculdade de Ciências of the Universidade de Lisboa. The objective of the evaluation of lecturers is to recognize and value the merits, and to provide each lecturer with a set of indicators that will enable him/her to improve his/her future performance, and identify and promote improvements in the functioning of the institution, in particular with respect to the training of students. The performance evaluation takes into account the four aspects of university work, namely (i) education, (ii) research, (iii) University Extension, Cultural and Scientific Disclosure and Economic and Social Valorization of Knowledge and (iv) university management. The evaluation of career lecturers focuses on the performance of previous years and is run every three years.*

*The evaluation procedures and criteria of the Faculty of Sciences of the University of Lisbon are subject to Despacho n.º 13360/2016, of November 9.*

## 5. Descrição e fundamentação de outros recursos humanos e materiais

### 5.1. Pessoal não docente afeto ao ciclo de estudos:

*Este ciclo de estudos conta com a participação de pessoal não docente em diversas etapas cruciais para o seu funcionamento. O grupo de funcionários do gabinete de estudos pós graduados da FCUL tem a sua intervenção na fase de análise de candidaturas, acompanhando sempre o processo de cada aluno até ao momento de entrega da dissertação e despacho da proposta do júri da prova final do mestrado. Um funcionário do Departamento de Informática assegura igualmente algumas etapas necessárias para a concretização da fase final do ciclo de estudos.*

**5.1. Non teaching staff allocated to the study programme:**

*This MSc degree has the participation of non-teaching staff in various stages crucial to its operation. The group of employees of the postgraduate office at FC contribute to the MSc degree from the early application phase, following the process of each student up to the submission of the dissertation and the final stages of thesis defense. Administrative staff of the Department of Informatics also ensure bureaucratic steps needed to achieve the final phase of the course.*

**5.2. Instalações físicas afetas e/ou utilizadas pelo ciclo de estudos (espaços letivos, bibliotecas, laboratórios, salas de computadores, etc.):**

*A FC ULisboa disponibiliza um conjunto de infraestruturas essenciais à leccionação do Mestrado em Ciência de Dados, e que incluem espaços, lectivos, laboratórios e salas de computadores, várias bibliotecas, mas também salas para a realização dos trabalhos de investigação.*

**5.2. Facilities allocated to and/or used by the study programme (teaching spaces, libraries, laboratories, computer rooms, etc.):**

*The FC ULisboa provides an infrastructure that is essential to the lecturing and training of students of the MSc degree in Data Science. These include lecture rooms, laboratories and computer rooms, several libraries, but also several rooms for students to conduct their research work.*

**5.3. Indicação dos principais equipamentos e materiais afetos e/ou utilizados pelo ciclo de estudos (equipamentos didáticos e científicos, materiais e TICs):**

*O contacto com as tecnologias mais recentes representa uma componente essencial da formação oferecida pelo Mestrado em Ciência de Dados. Todos os computadores disponibilizados aos alunos permitem o contacto com tecnologias essenciais na área da Ciência de Dados. Estas incluem várias linguagens de programação, e.g. Python, R, Julia, Scala, mas também o Java, pacotes de software dedicados, e.g. Scikit-learn, TensorFlow, Weka, etc.*

**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):**

*First-hand contact with the most recent technologies is an essential component of the training provided by the MSc degree in Data Science. All computers available to the students enable the contact with the technologies that are essential in the area of Data Science. These include several key programming languages, e.g. Python, R, Julia, Scala, and Java, and dedicated software packages, including Scikit-learn, TensorFlow, Weka, etc.*

## 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
LASIGE	Very Good	FC ULisbon	
BioISI	Excellent	FC ULisbon	
CEAUL	Very Good	FC ULisbon	
CMAF-CIO	Excellent	FC ULisbon	

**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://a3es.pt/si/iportal.php/cv/scientific-publication/formId/b646a919-4dc0-4eb3-2b8c-59c4cc55c3dd>

**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:**

*Os docentes associados ao Mestrado em Ciência de Dados (MCD) e integrados nos centros de investigação listados participam em projectos europeus (H2020, Marie Curie, etc.) e nacionais (P2020), os quais envolvem na maior parte dos casos colaborações com empresas. Vários dos docentes do MCD realizam projectos de consultoria para empresas nacionais e estrangeiras. Finalmente, os docentes do MCD participam regularmente em projectos financiados pela FCT (Fundação para a Ciência e Tecnologia).*

**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:**

*The lecturers associated with the MSc Degree in Data Science (MDS) and integrated in the listed research centers, participate in European projects (H2020, Marie Curie, etc.) and national projects (P2020), which most often involve the collaboration with companies. Several lecturers conduct consultancy services for national and international companies. Finally, the lecturers of the MCD regularly participate in projects funded by FCT (Fundação para a Ciência e Tecnologia).*

## 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:**

*De acordo com estudos recentes, publicados nos últimos dois anos, e realizados por consultoras, revistas e jornais internacionais, a Ciência de Dados é genericamente reconhecida com uma das áreas de maior empregabilidade actual e no futuro próximo.*

*Dada a sua natureza multidisciplinar, o Mestrado em Ciência de Dados tem condições únicas de sucesso na FC ULisboa, e inclui contribuições de todos os departamentos da FC.*

**7.1. Describe these activities and if they correspond to the market needs and to the mission and objectives of the institution:**

*According to recent studies, published in the last two years, and conducted by consulting companies, magazines and journals, Data Science is generally recognised as one of the areas of higher employment opportunities, at present and in the near future.*

*Given its multidisciplinary nature, the MSc degree in Data Science has unique conditions of success at Faculty of Science (FC) ULisboa, and includes contributions from all the departments of FC.*

## 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:**

*Os estudos publicados nos últimos 2 anos, e realizados por empresas de consultoria, revistas e jornais, sugerem um rápido crescimento nas oportunidades de emprego na área da Ciência de Dados nos próximos anos, com vários milhões de empregos previstos a nível mundial até 2020. A situação é semelhante em Portugal, com um rápido crescimento das ofertas de emprego na área da Ciência de Dados.*

*O alinhamento da oferta do Mestrado em Ciência de Dados (MCD) com recomendações internacionais pretende assegurar a mais alta empregabilidade aos alunos do MCD.*

**8.1. Evaluation of the graduates' employability based on Ministry responsible for employment data:**

*A wealth of studies, published in the last 2 years, and conducted by consulting companies, magazines and journals, suggest a rapid growth in the number of job opportunities in the area of Data Science in the next few years, with several million jobs forecasted worldwide until 2020. The situation is similar in Portugal, with a rapid growth in the number of job offers in the area of Data Science.*

*The alignment of the MSc degree in Data Science (MDS) with international recommendations is expected to assure the highest employability of MDS graduates.*

**8.2. Avaliação da capacidade de atrair estudantes baseada nos dados de acesso (DGES):**

*A actualidade do tema Ciência de Dados, e áreas relacionadas, o facto da estrutura do MCD basear-se em exemplos internacionais de relevo, aliados às mais altas expectativas de empregabilidade, e também ao sucesso do número de candidatos à Pós-Graduação em Ciência de Dados da FC ULisboa em 2017/18, justificam grande confiança na capacidade de atrair alunos em número superior ao número de vagas que a FC ULisboa considera ser capaz de abrir em cada ano lectivo.*

**8.2. Evaluation of the capability to attract students based on access data (DGES):**

*The topicality of Data Science, as well as related areas, the fact that the structure of the MSc degree in Data Science (MDS) is based on well-known international examples, linked with the highest expectations of employability, and also the success in the number of applicants to the post-graduation in Data Science in 2017/18, justify the highest confidence in the ability to attract students well in excess of the number of positions that FC ULisboa is capable of opening in each academic year.*

**8.3. Lista de eventuais parcerias com outras instituições da região que lecionam ciclos de estudos similares:**

*No âmbito da universidade de Lisboa, existe uma colaboração com o Instituto Superior Técnico (IST), que viabiliza aos alunos a realização de um conjunto de unidades curriculares no Mestrado em Engenharia e Ciência de Dados (MCED) do IST.*

*Estão a decorrer negociações com outra universidade da região de Lisboa relativamente a uma eventual colaboração na oferta lectiva na área da Ciência de Dados.*

**8.3. List of eventual partnerships with other institutions in the region teaching similar study programmes:**

*Within the University of Lisbon, there exists a collaboration with Institute Superior Técnico (IST), which allows students of the MSc degree in Data Science (MDS) to enrol in a number of curricular units from the MSc degree in Engineering and Data Science of (MEDS) of IST, and vice-versa.*

*There are ongoing negotiations with another University from the area of Lisbon, aiming at a possible collaboration in the course offerings in the general area of Data Science.*

## 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 Decreto-lei nº 74/2006, alterado e republicado pelo DL n.º 63/2016 o número total de unidades de créditos de um ciclo de estudos conducente ao grau de mestre é entre 90 e 120, com uma duração entre 3 e 4 semestres de trabalho dos alunos.*

*Nesta proposta de Mestrado em Ciência de Dados optámos por exigir 120 unidades de crédito e 4 semestres de trabalho. É esta a regra habitual na União Europeia no caso em que os 1.ºs ciclos têm 3 anos e 180 unidades de crédito como acontece, em geral, em Portugal.*

**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 Decree Law (??) 74/2006, amended and republished by Decree 63/2016, the total number of credit units of a course of study leading to a Master's degree is between 90 and 120, with a duration between 3 and 4 semesters of student work.*

*In the proposed Master Degree in Data Science, we have decided to establish 120 credit units and 4 semesters of work. This is the usual rule in the European Union in the case where the 1.ºs cycle of study have 3 years and 180 units of credit, as it usually happens in Portugal*

**9.2. Metodologia utilizada no cálculo dos créditos ECTS das unidades curriculares:**

*O número de créditos ECTS atribuído a cada unidade curricular foi determinado pela estimativa do número de horas de trabalho do estudante incluindo as horas de contacto com os docentes e as horas dedicadas ao estudo e à realização de projetos, trabalhos práticos, e avaliação, considerando as áreas de especialização de cada docente e tendo em conta o conteúdo e a complexidade das matérias a abordar.*

**9.2. Methodology used for the calculation of the ECTS credits of the curricular units:**

*The number of ECTS credits assigned to each course was determined by the estimated number of student work hours including contact hours with teachers and the hours dedicated to the study and implementation of projects, practical work and evaluation, considering the areas of expertise of each teacher and taking into account the content and complexity of the issues to address.*

**9.3. Forma como os docentes foram consultados sobre a metodologia de cálculo do número de créditos ECTS das unidades curriculares:**

*Em cada unidade curricular os docentes fizeram uma estimativa do número de horas de trabalho que serão necessárias a um estudante incluindo as horas de contacto com os docentes e as horas dedicadas a ao estudo e à realização de projetos, trabalhos práticos, e avaliação.*

*Os docentes responsáveis de cada unidade curricular escolheram o número de horas de contacto, e a sua divisão por tipo (T-Ensino Teórico, TP- Ensino Teórico Prático, PL- Ensino Prático e Laboratorial, TC- Trabalho de Campo, S- Seminário, E- Estágio, OT- Orientação tutorial, O- Outra) de acordo com o programa e objetivos da unidade curricular.*

**9.3. Process used to consult the teaching staff about the methodology for calculating the number of ECTS credits of the curricular units:**

*In each curricular unit, each lecturer has estimated the number of working hours that will be necessary for a student, including the hours of contact with the lecturers and the hours dedicated to self-study and the realization of projects, practical work, and assessment.*

*The lecturers responsible for each curricular unit chose the number of contact hours and type (T-Theoretical Teaching, TP- Practical Theoretical Teaching, PL- Practical and Laboratory Teaching, TC- Fieldwork, S- Seminar, E- Internship, OT-Tutorial Orientation, O- Other) according to the program and objectives of the curricular unit.*

**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:**

*O Mestrado em Ciência de Dados (MCD) tem a sua génese nas propostas do European Data Science Academy (ESDA). A oferta do MCD está directamente relacionada com uma instanciação concreta das recomendações da ESDA, nomeadamente da Univ. of Southampton.*

*A relevância do MCD é demonstrada por um conjunto abrangente de ofertas semelhantes ao nível Europeu, incluindo entre as mais reputadas universidades Europeias. A mesma observação aplica-se também à oferta ao nível das melhores universidades norte-americanas.*

*As observações no campo A.16 incluem informação adicional sobre a oferta lectiva na área da Ciência de Dados ao nível Europeu e Norte-Americano.*

**10.1. Examples of study programmes with similar duration and structure offered by reference institutions of the European Higher Education Area:**

*The MSc degree in Data Science (MDS) is inspired by the existing proposals from the European Data Science Academy (ESDA). The organisation of MDS is directly related with a concrete instantiation of the ESDA recommendation, namely by the University of Southampton.*

*The relevancy of MDS is demonstrated by a comprehensive set of similar offers at the European level, including among the most reputed European universities. The same observation applies to the offers among the best universities in the United States of America.*

*The observations in field A.16 include additional information about offered courses in the area of Data Science at the European and North-American levels.*

**10.2. Comparação com objetivos de aprendizagem de ciclos de estudos análogos existentes em instituições de referência do Espaço Europeu de Ensino Superior:**

*A génese da proposta do Mestrado em Ciência de Dados (MCD), inspirada nas recomendações do European Data Science Academy (ESDA), e a análise da oferta lectiva tanto no espaço Europeu como ao nível das universidades Norte-Americanas, a qual é resumida no campo A.16, confirmam que o MCD encontra-se alinhado com os melhores exemplos internacionais.*

**10.2. Comparison with the intended learning outcomes of similar study programmes offered by reference institutions of the European Higher Education Area:**

*The fact that the MSc degree in Data Science (MDS) is inspired by the recommendations of the European Data Science Academy, and the assessment of similar degree offers, both at the European level but also at the level of North-American universities, which is summarised in field A.16, confirm that the MDS is aligned with the best international examples.*

**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:**

&lt;sem resposta&gt;

**11.1.2. Protocolo (PDF, máx. 150kB):**

&lt;sem resposta&gt;

**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).**

&lt;sem resposta&gt;

**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:**

&lt;sem resposta&gt;

**11.3. Resources of the Institution to effectively follow its students during the in-service training periods:**

&lt;no answer&gt;

**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):**

&lt;sem resposta&gt;

**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
----------------	--	--	--	--

&lt;sem resposta&gt;

**12. Análise SWOT do ciclo de estudos****12.1. Pontos fortes:**

- *Oferta numa área emergente, com imensa promessa em termos de oportunidades de emprego, mas também na investigação que se pode vir a realizar.*
- *Oferta única em Portugal, baseada em recomendações internacionais, e alinhada com exemplos das melhores universidades internacionais.*
- *Oferta inovadora por integrar todos os departamentos da FC ULisboa.*
- *Oferta flexível, que permite aos alunos adequarem o plano de estudos aos seus interesses, garantindo no entanto uma formação de elevada qualidade em Ciência de Dados.*

**12.1. Strengths:**

- *Offer in an emerging area, holding immense promise, both in terms of job opportunities for students, but also in terms of the research that both students and lectures may develop.*
- *Offer that is unique in Portugal, based on international recommendations, and aligned with examples from the best international universities.*
- *Innovative offer since it involves all the departments of FC Ulisboa.*
- *Flexible offer, allowing students to adapt the plan of studies to their interests, while ensuring training of the highest quality in Data Science.*

**12.2. Pontos fracos:**

- *Demarcação de outros Mestrados dos departamentos coordenadores, ou seja poucas disciplinas unicamente orientadas a este mestrado*



**12.2. Weaknesses:**

- *Few electives are specific to the MSc degree in Data Science*

**12.3. Oportunidades:**

- *Ser um dos primeiros mestrados na região de Lisboa em Ciências e Dados numa área absolutamente estratégica para as instituições ligadas às tecnologias da informação; ser o primeiro mestrado na região de Lisboa com um cariz marcadamente científico; e ser o primeiro mestrado nesta área na Universidade de Lisboa.*
- *Além dos vários exemplos de universidades de topo com cursos em Ciência de Dados, existem um vasto número de universidades, quer nos EUA, na Europa, mas também na Ásia, na Austrália, e na América do Sul, que oferecem cursos em Ciência de Dados. Esta oferta é justificada por uma procura existente, tanto de empresas, como de alunos. É esperado que mesma procura tenha lugar em Portugal.*
- *É uma área em que a procura de especialistas tem aumentado nos últimos anos, o que de alguma forma é confirmado pela oferta de formação nesta área a nível internacional.*

**12.3. Opportunities:**

- *It is one of the first Data Science degrees in the region of Lisbon, in an area that is absolutely strategic for institutions involved with information technologies; being the first MSc degree in the region of Lisbon with a decidedly scientific nature; and being the first MSc degree in this area in the University of Lisbon.*
- *There is a wealth of degrees offered in this area worldwide, including among most top universities. This is justified by the interest in the area, by companies and students. The same is expected to take place in Portugal.*
- *This is an area where the demand for specialists has grown in recent years; this is confirmed by the growth in the number of course offers at the international level.*

**12.4. Constrangimentos:**

- *Dificuldade para criar novas disciplinas; só duas disciplinas específicas para o curso*
- *Faltam recursos financeiros para suportar a visita cientistas convidados para dar um seminário ou leccionar um módulo*
- *Dificuldade em criar um horário pós-laboral*

**12.4. Threats:**

- *Difficulty in creating new curricular units; only two curricular units are specific to the course*
- *Lack of financial resources to support the visit of invited scientists to give a seminar or lecture a module*
- *Difficult in creating a schedule for working students*

**12.5. CONCLUSÕES:**

*Este ciclo de estudos irá implementar a missão e estratégia da FCUL de ampliar os limites do conhecimento científico e da tecnologia, transferir esse conhecimento para a sociedade e promover a educação dos seus estudantes através da prática da investigação do seguinte modo:*

- *o tipo de ensino do curso pretende ser diferenciador de modo a permitir não apenas a simples aquisição de conhecimentos mas sobretudo criar uma nova cultura: "aprender como pensar e como fazer Ciência de Dados",*
- *os seus docentes estão envolvidos em investigação e consultadoria nas áreas do mestrado proposto, incluindo projetos internacionais e nacionais,*
- *o curso forma profissionais numa área em que existe procura/necessidade por parte das organizações.*

**12.5. CONCLUSIONS:**

*This cycle of studies will implements the mission and strategy of FC ULisboa to extend the limits of scientific and technologic knowledge, to transfer that knowledge to society, and to promote the education of students through a practice of research, as follows:*

- *the type of teaching aims to differentiate with respect to others, to enable not only the acquisition of knowledge, but above all to create a culture of "learn to think and do Data Science".*
- *its lectures are involved in research and consulting in the areas of the proposed course, including national and international projects.*
- *the course trains professionals in an area where company demand/need exists.*