

## Ficha de Unidade Curricular – (Versão A3ES 2018-2023)

### 1. Caracterização da Unidade Curricular.

- 1.1. **Designação da unidade curricular (1.000 carateres).**  
Modelos Estatísticos Avançados/Advanced Statistical Models
- 1.2. **Sigla da área científica em que se insere (100 carateres).**  
MAT
- 1.3. **Duração<sup>1</sup> (100 carateres).**  
Semestral
- 1.4. **Horas de trabalho<sup>2</sup> (100 carateres).**  
162
- 1.5. **Horas de contacto<sup>3</sup> (100 carateres).**  
TP: 45 PL:22.5
- 1.6. **ECTS (100 carateres).**  
6
- 1.7. **Observações<sup>4</sup> (1.000 carateres).**
- 1.7. **Remarks (1.000 carateres).**

### 2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo) (1.000 carateres).

Ana Alexandra Antunes Figueiredo Martins (33.75 h)

### 3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular (1.000 carateres).

Alda Cristina Jesus Valentim Nunes de Carvalho (33.75h)

### 4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes). (1.000 carateres).

1. Construir modelos aplicados à resolução de problemas concretos para dados que apresentem dependências no espaço e/ou no tempo;
2. Implementar computacionalmente, usando *software* apropriado, os diversos modelos;
3. Ser capaz de concluir sobre as vulnerabilidades do modelo e corrigir as respetivas insuficiências, de criticar as soluções encontradas e perceber de que forma estas podem ser melhoradas;
4. Compreender a distinção entre estatística clássica e Bayesiana, aplicá-las no tratamento e análise de dados espaciais e/ou temporais e em problemas de previsão.

### 4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students). (1.000 characters).

1. Construct models to solve concrete problems for data that have dependencies in space and/or time;
2. Computational implementation of the several proposed modes, using appropriate software;
3. Be able to conclude about the vulnerabilities of the model and to correct its inadequacies, to criticize the solutions and to understand how they can be improved;
4. Understand the distinction between classical and Bayesian statistics, in order to apply them in the analysis of spatial and/or temporal data and in prediction problems.

**5. Conteúdos programáticos (1.000 caracteres).**

1. Conceitos fundamentais de suporte: estatística clássica versus estatística Bayesiana
  - 1.1. Introdução à Estatística Bayesiana: Distribuições a priori e Inferência Bayesiana
  - 1.2. Inferência Bayesiana via Métodos de Monte Carlo em Cadeias de Markov
  - 1.3. Modelos de regressão múltipla: abordagem clássica e abordagem Bayesiana
  - 1.4. Exemplos de aplicação para comparação das duas abordagens: clássica e Bayesiana
2. Modelos para séries temporais
  - 2.1. Modelos univariados Bayesianos para séries temporais
  - 2.2. Modelos de regressão dinâmicos para séries temporais
    - 2.2.1. Abordagem clássica
    - 2.2.2. Abordagem Bayesiana
3. Modelos espaciais
  - 3.1. Introdução a análise de dados espaciais
  - 3.2. Modelos autorregressivos: abordagem clássica e Bayesiana
  - 3.3. Modelos hierárquicos: abordagem clássica e Bayesiana
4. Inferência Bayesiana via aproximações de Laplace encaixadas e integradas (INLA)
  - 4.1. Modelos gaussianos latentes
  - 4.2. Modelação Bayesiana: abordagem INLA
  - 4.3. Modelos econométricos Bayesianos espaço-temporais.

**5. Syllabus (1.000 characters).**

1. Fundamental support concepts: classical statistics versus Bayesian statistics;
  - 1.1. Introduction to Bayesian Statistics: A priori distributions and Bayesian Inference
  - 1.2. Bayesian inference via Monte Carlo methods in Markov chains
  - 1.3. Multiple regression models: classical approach and Bayesian approach
  - 1.4. Application examples for comparing the two approaches: classical and Bayesian
2. Models for time series
  - 2.1. Bayesian univariate models for time series
  - 2.2. Dynamic regression models for time series
    - 2.2.1. Classic approach
    - 2.2.2. Bayesian Approach
3. Space Models
  - 3.1. Introduction to spatial data analysis
  - 3.2. Auto-regressive models: classical and Bayesian approach
  - 3.3. Hierarchical models: classical and Bayesian approach
4. Bayesian inference via embedded and integrated laplace approximations (INLA)
  - 4.1. Latent Gaussian models
  - 4.2. Bayesian Modeling: INLA approach
  - 4.3. Spatio-temporal Bayesian econometric models

**6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular (1.000 caracteres).**

Os objetivos 1, 2 e 3 constituem aspetos fundamentais de uma unidade curricular de modelação estatística, os quais estão em coerência com todos os conteúdos programáticos que envolvem diversos tipos de modelos estatísticos.

O objetivo 4 está associado aos diversos conteúdos programáticos, os quais contemplam abordagens clássicas e Bayesianas.

**6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes (1.000 characters).**

Objectives 1, 2 and 3 are fundamental aspects of a curricular unit of statistical modelling, which are in coherence with all the programmatic contents that involve several types of models.

Objective 4 is associated with several programmatic contents, which include classical and Bayesian approaches.

**7. Metodologias de ensino (avaliação incluída) (1.000 caracteres).**

As aulas são teórico-práticas. A parte teórica deverá ser apresentada como um conjunto de ferramentas de análise necessárias à resolução de problemas, que sejam motivadores da aprendizagem das técnicas. A parte prática assenta na resolução de casos de estudo. A resolução dos casos práticos associados aos vários conteúdos é implementada computacionalmente usando um software livre (preferencialmente o R). São disponibilizados aos alunos elementos de apoio aos conteúdos programáticos.

A avaliação de conhecimentos compreende duas partes: teórica e prática. A parte teórica é constituída por um exame (nota mínima de 9,5 valores). A parte prática compreende por três trabalhos (nota mínima de 8 valores), cada um com apresentação e discussão obrigatória. A nota da parte prática é a média aritmética dos três trabalhos (nota mínima de 9,5 valores).

A nota final do aluno, NF, será obtida através da fórmula:  $NF=0,5 NT+0,5 NP$ , onde NT representa a nota da parte teórica e NP a nota da parte prática.

**7. Teaching methodologies (including assessment) (1.000 characters).**

The classes are theoretical-practical. The theoretical component should be presented as a set of analysis tools needed to solve problems, which motivate the learning of the techniques. The practical part is based on case study resolution. The resolution of the practical cases associated with the various contents is implemented computationally using free software (preferably R). Elements of support for the program content are provided to the students.

The assessment of knowledge comprises two parts: theoretical and practical. The theoretical part consists of an exam (minimum mark of 9.5 points). The practical part consists of three papers (minimum mark of 8 values), each with presentation and discussion. The grade of the practical part is the arithmetic mean of the three papers (minimum mark of 9.5 points).

The final grade of the student, FG, will be obtained through the formula:  $FG = 0.5 TG + 0.5 PG$ , where TG is the grade of the theoretical part and PG the grade of the practical part.

**8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular (3.000 caracteres).**

As metodologias de ensino estão em coerência com os objetivos da unidade curricular, dado que a metodologia utilizada para apresentar a teoria, possibilita atingir especificamente todos os objetivos da unidade curricular. A exemplificação com problemas, permite ao aluno perceber como aplicar a matéria usada em situações reais da sua vida profissional. A metodologia utilizada pretende fornecer conhecimentos para formalizar um problema, escolher os métodos adequados a aplicar e proceder à sua correta aplicação. A resolução de exercícios com recurso à utilização de um software livre (preferencialmente o R), possibilita ao aluno apreender o modo real de resolução deste tipo de problemas na sua vida profissional.

Os métodos de avaliação permitem averiguar se o aluno adquiriu conhecimentos suficientes para atingir os objetivos propostos na unidade curricular.

**8. Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes (3.000 characters).**

Teaching methodology are consistent with the objectives of the course, given that the methodology used to present the theory, enables achieving all the objectives of the course. The exemplification in problems resolution, allows students to understand how to apply the material used in real situations of their professional lives. The methodology aims to provide knowledge to formalize a problem, choose the appropriate methods to apply and provide for their proper application. The resolution of exercises with the use of free software (preferably R), enables the student to learn the real way of solving this kind of problems in professional life context.

Knowledge assessment methods enable to find out if the student has acquired sufficient knowledge, in order to achieve the objectives proposed in the course.

**9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória (1.000 carateres).**

1. Albert, J., Bayesian Computation with R, Second edition. Springer (2009)
2. Banerjee, S., Carlin, B.P. and Gelfand, A.E., Hierarchical modeling and analysis for spatial data. CRC Press (2014)
3. Blangiardo, M. and Cameletti, M., Spatial and spatial-temporal Bayesian Models with R-INLA. Wiley (2015)
4. Cressie, N., Wikle, C., Statistics for spatio-temporal data. Wiley (2011)
5. Karlin, Samuel; Taylor, Howard M., An Introduction to Stochastic Modeling, 3rd ed., Academic Press (1998)
6. LeSage J. and Pace R.K., Introduction to Spatial Econometrics. CRC (2009)
7. Pole, A., West, M. and Harrison, J., Applied Bayesian Forecasting and Times Series Analysis. CRC Press (1994)
8. Paulino, C., Turkam, M., Murteira, B. and Silva, G., Estatística Bayesiana. Caloust Gulbenkian Foundation (2018)
9. Wei, W., Time Series Analysis Univariate and Multivariate Methods, Pearson (2006)
10. West, M. & Harrison, J., Bayesian Forecasting and Dynamic Models. Springer Science & Business Media (2006)

---

<sup>1</sup> Anual, semestral, trimestral, ...

<sup>2</sup> Número total de horas de trabalho.

<sup>3</sup> Discriminadas por tipo de metodologia adotado (T - Ensino teórico; TP - Ensino teórico-prático; PL - Ensino prático e laboratorial; TC - Trabalho de campo; S - Seminário; E - Estágio; OT - Orientação tutorial; O - Outro).

<sup>4</sup> Assinalar sempre que a unidade curricular seja optativa.