

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

### 1. Caracterização da Unidade Curricular.

1.1. **Designação da unidade curricular** (1.000 carateres).  
Controlo

1.2. **Sigla da área científica em que se insere** (100 carateres).  
ET

1.3. **Duração**<sup>1</sup> (100 carateres).  
Semestral

1.4. **Horas de trabalho**<sup>2</sup> (100 carateres).  
162 h

1.5. **Horas de contacto**<sup>3</sup> (100 carateres).  
T – 30 h; TP – 15 h; PL – 22,5 h;

1.6. **ECTS** (100 carateres).  
6

1.7. **Observações**<sup>4</sup> (1.000 carateres).  
UC optativa

1.7. **Remarks** (1.000 carateres).  
Optional UC

2. **Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular** (preencher o nome completo) (1.000 carateres).  
Helena Maria de Sousa Ramos \ 67,5 h

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

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

Os objectivos de aprendizagem desta unidade curricular são:

1. Conhecer os procedimentos de modelação de sistemas físicos reais, em particular os sistemas eléctricos, mecânicos de translação e rotação, de nível de fluidos, térmicos, electromecânicos;
2. Analisar e classificar o comportamento dinâmico de SLITs, no tempo e na frequência, a partir dos modelos matemáticos obtidos;
3. Identificar o tipo de SLITs (obtenção da função de transferência) a partir de respostas dinâmicas dos mesmos;
4. Conhecer os objectivos e limitações do projecto de controladores PID e malhas de compensação de fase em sistemas realimentados;
5. Desenvolver, avaliar, simular, realizar e testar o projecto de controlo de SLITs com base no tipo de controladores estudado;
6. Elaborar relatórios onde se descrevem os procedimentos de controlo implementados, se analisam e comparam resultados e se justificam decisões.

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

Students completing this course unit should be able to:

1. Understand the procedures on how to model real physical systems, particularly electronic circuits, translational and rotational mechanical systems, water tank level models, thermal systems and electro-mechanical;
2. Analyse and classify the dynamic behaviour of LTI systems, in time and frequency domain, using the previously obtained mathematical models;

3. Identify the type of LTI systems ( by obtaining their transfer functions) from output dynamics;
4. Understand the objectives and limitations of PID and frequency compensation control design.
5. Project, evaluate, simulate and test a project using LTI systems, based on the type of controllers that were studied.
6. Elaborate a report describing the designed control procedures that were tested and implemented. This report should include a clear description of results and design considerations.

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

- I. Modelos matemáticos de sistemas físicos: sistemas eléctricos, mecânicos e electromecânicos; sistemas hidráulicos e térmicos;
- II. Comportamento Dinâmico de Sistemas – Representação, respostas temporais e em frequência (diagramas de Bode) de SLITs;
- III. Modelo genérico de um sistema realimentado. Consequências na estabilidade, tempo de resposta e erro estático.
- IV. Projecto de controladores no domínio do tempo: Análise de Estabilidade e projecto de controladores proporcionais através do diagrama de Evans (root – locus).
- V. Caracterização de controladores proporcional, integral, derivativo, de atraso e avanço de fase.
- VI. Projecto de controladores apoiado em MATLAB/SIMULINK.
- VII. Realização de um projecto de controlo em circuito real ou microcontrolador.

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

- I. Mathematical models for the following physical systems: electronic circuits, mechanical and electromechanical, hydraulic and thermal.
- II. Dynamic behaviour of systems – representation, response in time and frequency domain (Bode plots) of LTIs.
- III. Closed-loop model for a general system. Stability considerations, settling time and steady-state error .
- IV. Controller design in the time domain. Stability analysis and the design of proportional controllers using Evans diagrams (root-locus) .
- V. Characterization of proportional, integral and derivative (PID) controllers and phase compensators.
- VI. Design controllers using MATLAB/SIMULINK as a tool.
- VII. Carrying out a control project in real circuit or microcontroller.

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

Esta unidade curricular visa fazer a primeira elaboração neste curso do conceito e técnicas de controlo por realimentação de sistemas (itens 4 e 5). Com esse intuito é fundamental que os alunos adquiram um conhecimento aprofundado do comportamento dinâmico de sistemas (itens 2 e 3) a partir de representações entrada/saída obtidas por modelação de sistemas físicos reais, simplificados (item 1). Assim, após o estudo de variados exemplos de modelação de sistemas físicos quer eléctricos ou electrónicos, quer de outros campos da física (I) e do aprofundamento do comportamento dinâmicos do tipo de sistemas obtidos (II), os alunos estão em condições de poder avaliar quais os objectivos que podem ser requeridos a sistemas controlados tendo como mecanismos a sua realimentação e a inclusão do tipo de controladores clássicos referidos, abordados nos tópicos III, IV e V.

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

This course is intended to be a first introduction to the concepts and methodologies used in closed-loop controllers (items 4 and 5). Students should acquire knowledge on the dynamic behavior of physical systems (items 2 and 3) by using input/output transfer functions, obtained by modeling these simplified systems (item 1). They should study and model several examples of physical systems. By understanding the dynamic behavior from the obtained models (II), students should be able to evaluate what can be accomplished from controlling such systems, when considering feedback mechanisms using classical controllers, as mentioned in items (III, IV and V).

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

As metodologias de ensino desenvolvem-se nas seguintes vertentes:

(T) 72 horas de contacto - Aulas de exposição teórica dos vários tópicos leccionados;

(TP) 36 horas de contacto - Aulas de realização de exemplos ilustrativos dos tópicos abordados e de apoio ao estudo realizado pelos alunos de aspectos e exemplos concretos que realçam esses tópicos;

(PL) 54 horas de contacto - Aulas de Laboratório de simulação ou realização em circuito real ou microcontrolador, de trabalhos propostos.

Os objectivos de aprendizagem (1, 2, 3 e 4) são avaliados por 1 teste global (peso de 30%) e 3 trabalhos práticos de simulação ou implementação em circuito real (peso de 70%);

O objectivo (5) é avaliado nas aulas de laboratório assim como numa apresentação dedicada (A);

Todos os objectivos são avaliados através de relatório escrito e discussão final.

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

The teaching methodology is developed in several components:

(T) 72 contact hours – Presentation and discussion of theoretical concepts, Overview of what is going to be lectured over the course;

(TP) 36 contact hours – Examples are presented, discussed and resolved, that help understand the lectured topics. These examples are also intended to support students in their studies, by presenting illustrative applications that explore particular aspects of each topic.

(PL) 54 contact hours – Lab hours used for simulation and to implement some proposed projects.

The learning objectives (1, 2, 3 and 4) are evaluated by 1 global exam (weight of 30%) and 3 proposed projects, by using simulation or realization of a practical setup (weight of 70%).

Objective (5) is evaluated in lab classes as well as with a dedicated presentation (A).

All objectives are evaluated through a final written report and oral discussion.

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

As aulas teórico-práticas (TP) com o estudo de exemplos ilustrativos e a realização pelos alunos de trabalhos propostos, em coordenação com as aulas de exposição de conteúdos (T), visam a realização dos objectivos 1 a 4, procurando obter-se a desejada consolidação dos temas que permita o projecto de controlo de um sistema, exemplo concreto proposto ao aluno, objectivo a atingir no item 5.

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

Classes that support students' studies (TP) with illustrative examples and practical implementation by students of proposed projects, in coordination with classes where the subjects are lectured (T) are intended to execute objectives 1 to 4. They are also intended to consolidate the subjects that permit students project and implement a proposed project (can be proposed by the student) (objective to accomplish in item 5).

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

Helena S. Ramos, Sistemas e Controlo - Apontamentos de Apoio a Controlo, ISEL, 2015.

Karl J. Åström and Richard M. Murray, Feedback Systems: An Introduction for Scientists and Engineers, 2018, [http://www.cds.caltech.edu/~murray/amwiki/index.php/Main\\_Page](http://www.cds.caltech.edu/~murray/amwiki/index.php/Main_Page)

Franklin, Powell and Emami-Naeini, Feedback Control of Dynamic Systems, 7th edition, Prentice Hall, 2015.

K. Ogata, Modern Control Engineering, 5th edition, Prentice Hall, 2010.

---

<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.