

---

## 1. Caracterização da Unidade Curricular

### 1.1 Designação

[2204] Sistemas de Controlo Avançados / Advanced Control Systems

### 1.2 Sigla da área científica em que se insere

CEE

### 1.3 Duração

Unidade Curricular Semestral

### 1.4 Horas de trabalho

122h 00m

### 1.5 Horas de contacto

Total: 47h 00m das quais T: 30h 00m | TP: 15h 00m | O: 2h 00m

### 1.6 ECTS

4.5

### 1.7 Observações

Unidade Curricular Obrigatória

---

## 2. Docente responsável

[1075] Rui Manuel Gouveia Filipe

---

## 3. Docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular

[1075] Rui Manuel Gouveia Filipe | Horas Previstas: 45 horas

---

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

1. Interpretar, analisar e conceber P&IDs de nível avançado na sua qualidade de engenheiro de processo.
2. Prever quantitativamente o comportamento dinâmico e o desempenho de sistemas em malha fechada bem como analisar a sua estabilidade.
3. Domínio dos conceitos fundamentais de modelação e de controlo em malha fechada e síntese de controladores.
4. Identificar oportunidades de utilização de sistemas de controlo avançado.
5. Utilizar o software MATLAB para a análise, projecto e implementação de sistemas de controlo avançado.

---

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

1. Understand, analyze and design complex P & IDs in a process engineer perspective.
2. Predict and quantify closed loop dynamical behavior and performance, and address stability issues.
3. Understand the fundamental concepts of process modeling, closed loop control and controller design.
4. Identify opportunities for the use of advanced control systems.
5. Use MATLAB software to analyze process behavior and design advanced process control systems.

---

5. Conteúdos programáticos

1. Introdução. A importância do controlo em processos industriais. Objectivos de controlo.
2. Modelos dinâmicos de processos químicos. Funções de transferência e modelo de espaço de estados. Modelos empíricos.
3. Revisão do projecto de sistemas de controlo PID em malha fechada. Estabilidade. Síntese directa. Controlo por modelo interno (IMC). Controlo por avanço. Controlo de razão.
4. Melhorias no controlo convencional PID. Controlo em cascata. Controlo inferencial.
5. Controlo multimalha e multivariável. Interação no processo e nas malhas de controlo. Emparelhamento de variáveis manipuladas e controladas: critérios de selecção. Desacopladores.
6. Modelos dinâmicos discretos no tempo. Introdução aos sistemas de controlo digital. PID digital.
7. Controlo preditivo baseado em modelos (MPC) para sistemas SISO e MIMO.

---

5. Syllabus

1. Introduction. Motivation for industrial process control. Control objectives.
2. Dynamic models of chemical processes. Transfer functions and space state models. Empirical models.
3. PID controllers for closed loop control. Stability. Direct synthesis. Internal model control (IMC). Feed forward control. Ratio control.
4. Enhanced single loop control strategies. Cascade control. Inferential control.
5. Multivariate and multiloop control. Process interaction and control interactions. Pairing of controlled and manipulated variables. Decoupling.
6. Discrete models. Digital control introduction. Digital PID.
7. Model predictive control (MPC) for SISO and MIMO systems.

---

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

O programa cobre os diferentes tópicos necessários para que os objetivos da UC sejam atingidos. Depois de uma revisão dos conceitos básicos associados ao controlo de processos, abordam-se técnicas avançadas de controlo de processos. O estudo de diferentes técnicas de controlo fornece ao aluno um conjunto de ferramentas a aplicar a cada caso particular, em função das suas características. O software MATLAB (incluindo o Simulink e pacotes específicos de controlo) é utilizado ao longo de todo o semestre, facilitando a implementação dos modelos, a análise do comportamento e o projecto de controladores. Os diferentes casos estudados alertam o aluno para a necessidade e oportunidade de aplicação de técnicas de controlo avançado de processos.

---

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

The syllabus includes several topics that are required to attain curricular unit objectives. Following a revision of process control basic concepts, advanced process control strategies are addressed. The different control techniques addressed provide the student with a set of tools that he can choose depending on the process under study. MATLAB software (including Simulink and control packages) are used through the course to facilitate the use of models, behavior analysis and controller design. Several processes are addressed during the course to familiarize the student with a variety of systems while highlighting the need to apply advanced process control techniques.

---

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

Exposição dos conceitos teóricos seguida de implementação prática com recurso ao software MATLAB.

Avaliação distribuída com exame final que engloba 2 séries de exercícios (TP1, TP2) parcialmente resolvidos em aula e 1 trabalho final (TF). Dispensa do exame final (EF) em caso de avaliação positiva na avaliação distribuída.

Para obter aprovação, a classificação mínima do TF é de 8,00 valores e do EF é de 9,50 valores. TP1 e TP2 sem classificação mínima. A classificação final mínima (CF) é de 9,50 valores e é obtida por uma das fórmulas:

$$CF = 0,25 TP1 + 0,25 TP2 + 0,5 TF \text{ ou } CF = 0,50 EF + 0,50 TF.$$

Não se realizam exames parciais.

Classificação numa escala de 0 a 20 valores.

---

7. Teaching methodologies  
(including assessment)

Lectures, where the theoretical concepts are explained, followed by application using MATLAB software.

Knowledge assessment is carried out through distributed assessment with a final exam, two written assignments (TP1 and TP2), and one final project. Students are exempted from the final exam (EF) if they have obtained a positive evaluation in the distributed assessment.

To obtain approval, a minimum of 8,00 for TF and 9,50 points for EF is required. No minimum grade is required for TP1 and TP2. The final grade (CF) is obtained through:

$$CF = 0,25 TP1 + 0,25 TP2 + 0,5 TF \text{ or } CF = 0,50 EF + 0,50 TF.$$

A minimum of 9,50 is required for approval. Knowledge assessment does not include partial exams.

The grades use a zero to twenty scale.

---

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

Após a exposição dos conteúdos teóricos, a aplicação prática é feita com recurso à simulação utilizando o software MATLAB (e Simulink). Consegue-se assim alargar a gama de exemplos abordados e promover a aplicação imediata dos conceitos, resultando numa maior consolidação da matéria pelos alunos. As séries de exercícios realizadas ao longo do semestre permitem ao aluno aplicar, de forma progressiva, os conceitos apresentados nas aulas. O trabalho final pretende que os alunos usem de forma integrada os conhecimentos adquiridos para abordar uma situação de maior complexidade e mais próxima de uma situação real, para o desenvolvimento de um projecto de controlo de processos.

---

8. Evidence of the teaching  
methodologies coherence with  
the curricular unit's intended  
learning outcomes

After the lectures, where the theoretical concepts are explained, the students use MATLAB and Simulink software to simulate and implement control techniques. An increased number of examples can thus be addressed, with an immediate application, resulting in a better understanding of the topics addressed. The take home problem are intended to familiarize the student with the subjects studied, in a hands on progressive manner. The final project is intended to provide the students with an opportunity to apply the knowledge obtained through the course and address a more complex project.

- 
9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória
- 1 . Seborg, D., Edgar, T. , Mellichamp, D., Doyle III, F. , *Process Dynamics and Control*, Wiley, 2011.
  - 2 . Bequette, B. W., *Process Control - Modeling, Design and Simulation* , Prentice Hall, 2003.
  - 3 . Camacho, E., Bordons, C., *Model Predictive Control*, Springer, 1999.

---

10. Data de aprovação em CTC 2024-07-17

---

11. Data de aprovação em CP 2024-06-26