

**Escola Superior de Tecnologia de Tomar**

**Ano letivo: 2025/2026**

**Mestrado em Engenharia Eletrotécnica**

Mestrado, 2º Ciclo

Plano: Despacho n.º 8500/2020 - 03/09/2020

**Ficha da Unidade Curricular: Sistemas Distribuídos de Controlo**

ECTS: 6; Horas - Totais: 162.0, Contacto e Tipologia, T:28.0; PL:28.0; OT:5.0; O:2.0;

Ano | Semestre: 1 | S1

Tipo: Obrigatória; Interação: Presencial; Código: 37783

Área Científica: Sinais, Controlo e Automação

**Docente Responsável**

Manuel Fernando Martins de Barros

Professor Coordenador

**Docente(s)**

Manuel Fernando Martins de Barros

Professor Coordenador

**Objetivos de Aprendizagem**

Fornecer os conceitos fundamentais de sistemas de controle distribuído (DCS) e SCADA focado nas mais recente tecnologias, arquiteturas, modelos e protocolos de comunicação industrial. Projetar aplicativos de tempo real. Conhecer e dominar as tecnologias e aplicativos web e IOT industrial.

**Objetivos de Aprendizagem (detalhado)**

As tendências recentes na globalização, nos dispositivos móveis, nas operações remotas e na integração de sistemas estão a mudar a forma como os sistemas distribuídos de controlo (SDC) e o controlo de supervisão e aquisição de dados (SCADA) são implementados. Esta unidade curricular foi elaborada com estas tendências em mente, ao mesmo tempo que aborda e estuda os componentes principais de um SDC. O foco é colocada na operação do SDC, nas redes e protocolos de comunicação industriais, na elaboração de interface HMI e de alarmes. São abordados tópicos de importância para engenheiros e operadores de campo, como o estudo de alguns dos controladores de processo avançados de última geração, o estudo de redes de comunicação de dados robustas e em tempo real para comunicação com dispositivos industriais,

o estudo das comunicações de alto-nível baseada no conceito de IIoT e na interoperabilidade de processos e a manipulação de Bases de Dados e ferramentas web na cloud.

Os alunos no final desta unidade curricular (UC) deverão ser capazes de:

- Conhecer a organização e arquitetura de um SDC, as suas principais componentes, e a suas tendências no contexto da IIoT. Conhecer as redes de sensores sem fios e Internet da Coisas para ambientes industriais (IIoT) como IEEE 802.15.4, ZigBee, WirelessHart e o ISA100.
- Estudar, projetar e programar aplicativos de tempo-real baseado em sistemas operativos de tempo-real (RTOS) ou baseados em ROS2. Fazer a análise dos aspetos específicos dos sistemas de tempo real aplicado aos sistemas embebidos;
- Projetar, codificar e implementar uma rede de comunicação robusta e fiável baseado no protocolo CAN e no protocolo Modbus,
- Conhecer e identificar controladores de processo avançados de última geração baseados em IA, como os controladores de lógica fuzzy;
- Conhecer o conceito de IIoT e aprender a dominar alguns dos principais aplicativos web, como o Node-RED, a gestão de bases de dados e a utilização do protocolo MQTT tendo em vista a interoperabilidade de processos;
- Projetar e desenvolver uma aplicação distribuída de controlo para interagir com os dispositivos de uma rede industrial e a respetiva comunicação remota com aplicações de alto nível para fazer o registo, a visualização e o armazenamento de dados baseado num banco de dados. Esta aplicação deve ainda ser concebida para alcançar uma estrutura de supervisão gráfica o mais próxima possível das conhecidas soluções SCADA.

### **Conteúdos Programáticos**

- 1) Introdução
- 2) Arquitetura dos sistemas embebidos (SE)
- 3) Sistemas de tempo-real (STR)
- 4) Sistemas de Controlo Distribuído (DCS) e Sistemas SCADA em ambientes Industriais
- 5) Introdução ao ROS 2 no contexto de sistemas distribuídos
- 6) Modelos e Redes de Comunicação para Sistemas DCS & SCADA & FieldBus
- 7) Tecnologias e plataformas de Internet das Coisa para ambientes industriais

### **Conteúdos Programáticos (detalhado)**

- 1) Introdução
  - Apresentação do Programa, Avaliação e Organização da disciplina;
  - Breve introdução aos Sistemas Embebidos (SE);
  - Elementos de um Sistema Distribuído de Controlo Industrial (DCS);
  - Breve visão dos sistemas de controlo em tempo real (RTS);
  - Apresentação de projetos SDC de anos anteriores.

- 2) Arquitetura dos sistemas embebidos
  - Plataformas de hardware (AVR, PICs);
  - Microprocessador de um ou vários núcleos, organização, mecanismo de interrupções, unidade E/S, memórias e registos;
  - Desenvolvimento de sistema de controlo por microcontrolador;
  - Executivos multitarefa de tempo-real em sistemas embebidos.

### 3) Sistemas de tempo-real (STR)

- Definição, classificação e características dum STR - FreeRTOS
- Políticas de escalonamento;
- Análise de Escalonabilidade - com prioridades fixas e com prioridades dinâmicas;
- Controlo de Tarefas, secção críticas, interrupções, Filas de mensagens, Semáforos;
- Comunicação em tempo-real; Comunicação Event-Trigger Vs Time-Trigger;
- Linguagens de programação de tempo real.

### 4) Sistemas de Controlo Distribuído (DCS) e Sistemas SCADA em ambientes Industriais

- Elementos dum sistema de controlo Industrial;
- Os modernos sistemas de controlo e instrumentação;
- Interfaces Homem-Máquina; Interfaces entre computador e processos;
- Hardware e Software de sistemas de controlo;
- Evolução dos Sistemas de controlo distribuído (DCS);
- Característica chave de um sistema SCADA;
- Software SCADA;

### 5) Introdução ao Robot Operating System 2 (ROS 2) no contexto de sistemas distribuídos.

- O Paradigma da Robótica Moderna: Distribuído por Natureza
- Estratégia de Comunicação ROS2: Os Blocos de Construção
- Tópicos, Serviços, Ações
- Serviço de Distribuição de Dados (DDS) e Qualidade de Serviço (QoS)

### 6) Modelos e Redes de Comunicação para Sistemas DCS & SCADA & FieldBus

- Revisão de conceitos básicos sobre comunicações, redes dedicadas e Barramentos de Campo;
- Arquitecturas de redes e barramentos de campo à luz do modelo OSI;
- Classificação dos Métodos de Acesso;
- Rede Ethernet, o protocolo Modbus; Hart;
- Aplicações Típicas DCS & SCADA - Funções de um sistema Fieldbus - Arquitetura e componentes principais;
- Caso de estudo: CAN-Controller Area Network, soluções de implementação, camada física e soluções mais divulgadas para a camada aplicação - Classificação dos barramentos Fieldbus:
  - A- Soluções Não-Baseadas no protocolo Ethernet
  - B- Soluções Baseadas no protocolo Ethernet.

### 7) Tecnologias e plataformas de Internet das Coisas para ambientes industriais (IIoT)

- Breve visão das redes de sensores sem fios (WSN) e IIoT;
- Ferramentas de visualização de dados para a Internet of Things;
- Breve visão das plataformas de Cloud para IoT;
- Estudo dos principais tecnologias, aplicações e protocolos IoT como o Node-RED, a gestão de bases de dados e a utilização do protocolo MQTT;
- Caso de estudo de aplicações IOT: ligação à plataforma IBM Watson IoT.

### Metodologias de avaliação

Avaliação contínua baseada em três componentes:

1. Trabalhos laboratoriais elaborados semanalmente (50%) - Esta componente avalia a participação ativa e o desempenho nos exercícios práticos e tarefas realizadas durante as aulas de laboratório.
  2. Demonstração do projeto final (30%) - apresentação e demonstração funcional do sistema distribuído de controlo industrial desenvolvido no âmbito do projeto final.
  3. Relatório final de projeto (20%) - Avaliação da documentação técnica do projeto final.
- A classificação final resulta da soma ponderada destas três componentes e tem de ser superior a 10 valores.
- Os critérios de avaliação aplicam-se a todas as épocas de avaliação.

#### **Software utilizado em aula**

Ferramentas gratuitas:

- SCADABR ([www.scadabr.com.br/](http://www.scadabr.com.br/))
- FreeRTOS (<https://www.freertos.org>)
- Arduino IDE (<https://www.arduino.cc>)
- Atmel Studio ([www.atmel.com/microsite/atmel\\_studio6/](http://www.atmel.com/microsite/atmel_studio6/))
- Visual Studio Code (Microsoft)
- Times Tool ([www.timestool.com/](http://www.timestool.com/))

#### **Estágio**

Não aplicável.

#### **Bibliografia recomendada**

- Barros, M. (0). *Sebenta e Slides de - Sistemas Distribuídos de Controlo (in PT)*. Acedido em 24 de setembro de 2015 em <http://www.e-learning.ipt.pt/course/view.php?id=1020>
- Barry, R. (2016). *Mastering the FreeRTOS Real Time Kernel*. (Vol. 1). (pp. 1-371). <https://www.freertos.org>. [https://www.freertos.org/Documentation/RTOS\\_book.html](https://www.freertos.org/Documentation/RTOS_book.html)
- Mahalik, N. (2003). *Fieldbus Technology, Industrial network Standards for realtime distributed control*. (Vol. 1).. 2003, Springer. Springer online
- Margolis, M. (2011). *Arduino Cookbook*. (Vol. 1).. 2, O'Reilly Media. O'Reilly Media online
- Technologies, I. (2004). *Practical Distributed Control Systems (DCS) for Engineers and Technicians*. (Vol. 1). (pp. 1-623). 6.1, IDC Technologies. [www.idc-online.com](http://www.idc-online.com)

#### **Coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos**

Os conteúdos programáticos definidos cobrem um largo espectro do conhecimento e do domínio das engenharias e permitem aos alunos ter a capacidade de dominar os conceitos e os instrumentos básicos de Sistemas de Controlo Distribuídos. Serão apresentadas as ferramentas essenciais, para o aluno projetar, simular e implementar sistemas avançados de controlo distribuídos usando sistemas embebidos e um sistema de comunicação muito popular na indústria automóvel. Privilegiou-se uma abordagem mais orientada para a prática, na medida em que nos parece ser esta a fórmula que mantém os estudantes mais motivados.

#### **Metodologias de ensino**

Aulas teóricas expositivas  
Aulas práticas laboratoriais  
Metodologia baseada em projeto (PBL)

### **Coerência das metodologias de ensino com os objetivos**

A base de estudo da disciplina de SDC envolve o cruzamento de vários domínios do conhecimento científico. A este nível de estudos, privilegiou-se, uma metodologia mais orientada para a demonstração de conceitos teóricos e da ilustração de aplicações práticas, na medida em que nos parece ser esta a fórmula que mantém os estudantes mais motivados. Nas aulas teórico-práticas será feito um acompanhamento aos alunos, através do esclarecimento de dúvidas, da resolução de exercícios e da orientação de trabalhos práticos laboratoriais que ilustram de uma maneira objetiva as matérias descritas nos objetivos da unidade curricular. A aplicação desta metodologia pedagógica em cada módulo abordado visa desenvolver no aluno as competências que o permitam pesquisar e interpretar informação de forma autónoma e desenvolver as capacidades de reflexão e autocritica na avaliação dos problemas que lhe são propostos. No final o mini-projecto proposto pelo professor ou por um grupo de alunos, permitirá ao aluno aplicar os conhecimentos adquiridos e desenvolver a sua capacidade de comunicação, num ambiente de trabalho de equipa e de partilha de conhecimentos.

### **Língua de ensino**

Português

### **Pré-requisitos**

Não aplicável.

### **Programas Opcionais recomendados**

Não aplicável.

### **Observações**

Objetivos de Desenvolvimento Sustentável:

- 4 - Garantir o acesso à educação inclusiva, de qualidade e equitativa, e promover oportunidades de aprendizagem ao longo da vida para todos;
- 8 - Promover o crescimento económico inclusivo e sustentável, o emprego pleno e produtivo e o trabalho digno para todos;
- 9 - Construir infraestruturas resilientes, promover a industrialização inclusiva e sustentável e fomentar a inovação;
- 13 - Adotar medidas urgentes para combater as alterações climáticas e os seus impactos;
- 15 - Proteger, restaurar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, travar e reverter a degradação dos solos e travar a perda de biodiversidade;

---

Docente responsável

**Manuel  
Barros**

Digitally signed by Manuel Barros  
DN: C=PT, L=Tomar, O=Instituto  
Politécnico de Tomar,  
organizationIdentifier=VATPT-  
503767549, SN=Barros, GN=Manuel,  
CN=Manuel Barros, E=fmbarros@ipt.pt  
Reason: I am the author of this  
document  
Location:  
Date: 2025.10.21 18:52:44+01'00'  
Foxit PDF Reader Version: 2025.2.1

