



**Escola Superior de Tecnologia de Tomar**

**Ano letivo: 2023/2024**

**Engenharia Civil**

Licenciatura, 1º Ciclo

Plano: Despacho nº 10366/2022 - 24/08/2022 (Parceria ESTT/ESAI)

**Ficha da Unidade Curricular: Análise de Estruturas**

ECTS: 5; Horas - Totais: 135.0, Contacto e Tipologia, TP:42.0;

Ano | Semestre: 2 | A

Tipo: Obrigatória; Interação: Presencial; Código: 908957

Área Científica: Estruturas

**Docente Responsável**

Carlos Jorge Trindade da Silva Rente

Professor Adjunto

**Docente(s)**

Carlos Jorge Trindade da Silva Rente

Professor Adjunto

**Objetivos de Aprendizagem**

Trata-se de uma UC na qual se pretende que o aluno compreenda, modele e calcule estruturas reticuladas hiperestáticas, e adquira um conjunto de competências: compreender os princípios, desenvolver modelos de cálculo, analisar e resolver problemas e utilizar programas de cálculo.

**Objetivos de Aprendizagem (detalhado)**

Trata-se de uma UC na qual se pretende que o aluno compreenda, modele e calcule estruturas reticuladas hiperestáticas, de acordo com as seguintes competências: A. Compreender os princípios fundamentais do comportamento estático das estruturas reticuladas em regime de linearidade elástica. B. Desenvolver modelos de cálculo adaptados a situações correntes de funcionamento de sistemas estruturais.

C. Analisar e resolver estruturas hiperestáticas com base nos Métodos das Forças, Deslocamentos e Cross. D. Utilizar os Teoremas Energéticos como forma expedita de cálculo estrutural. E. Compreender e utilizar a teoria das Linhas de Influência na determinação de componentes de reacção de apoio, esforços e deslocamentos em estruturas. F. Utilizar programas de cálculo de estruturas reticuladas planas como ferramenta de suporte à verificação dos

resultados obtidos analiticamente e à sensibilização para os factores que condicionam o seu comportamento no contexto do projecto estrutural.

### **Conteúdos Programáticos**

1. Princípios gerais do equilíbrio elástico dos corpos sólidos.
2. Introdução à análise de estruturas.
3. Teorema dos trabalhos virtuais.
4. Análise de estruturas pelo Método das Forças.
5. Métodos energéticos no cálculo de estruturas.
6. Análise de estruturas pelo Método dos Deslocamentos.
7. Método de Cross
8. Linhas de influência.

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

1. Princípios gerais do equilíbrio elástico dos corpos sólidos.  
Revisões da estática. Estruturas em equilíbrio estático. Estruturas de um só corpo e de vários corpos.
2. Introdução à análise de estruturas.  
Tipos de estruturas. Tipos de solicitações. Problema estrutural. Deslocamentos e deformações. Estado de tensão. Relações entre tensões e deformações. Equações de equilíbrio. Princípio da sobreposição dos efeitos elásticos.
3. Teorema dos trabalhos virtuais.  
Deformação virtual. Princípio dos trabalhos virtuais. Trabalho das forças exteriores. Trabalho de deformação interno. Determinação da energia de deformação interna em peças lineares por acção do esforço axial, do esforço transversal, do momento flector e do momento torsor. Teorema dos trabalhos virtuais. Determinação de deslocamentos em estruturas reticuladas.
4. Análise de estruturas pelo Método das Forças.  
Indeterminação estática das estruturas reticuladas. Conceito de compatibilidade de deslocamentos elásticos. Descrição do método das forças. Matriz de flexibilidade e vector dos termos independentes para várias solicitações. Sistematização da aplicação do método das forças. Influência de variações de temperatura, do pré-esforço, de assentamento de apoios ou de apoios elásticos. Estruturas articuladas, contínuas ou mistas. Simplificações de simetria. Cálculo de deslocamentos em estruturas hiperestáticas.
5. Métodos Energéticos no cálculo de estruturas.  
Teorema de Clapeyron. Teoremas de Betti e Maxwell. Teorema da reciprocidade das forças. Teorema de Castigliano. Teorema de Menabrea. Aplicação dos Teoremas Energéticos ao cálculo de deslocamentos e esforços.
6. Análise de estruturas pelo Método dos Deslocamentos.  
Princípios básicos do método dos deslocamentos. Indeterminação cinemática. Descrição do método. Matriz de rigidez e vector solicitação. Equações de equilíbrio de forças. Formulação directa e formulação matricial. Sistematização da aplicação do método dos deslocamentos.
7. Método de Cross  
Estruturas de nós fixos e de nós móveis. Factor de rigidez e coeficiente de transmissão. Coeficiente de distribuição de momentos. Momentos iniciais. Procedimento de resolução para

estruturas de nós fixos (processo directo de Cross) e de nós móveis (processo indirecto de Cross).

#### 8. Linhas de influência

Conceito e campo de aplicação das linhas de influência à determinação de esforços e deslocamentos em estruturas reticuladas.

### **Metodologias de avaliação**

Realização de uma prova escrita em época de avaliações (75%) e trabalhos práticos propostos durante o semestre (25%).

Aprovação com mínimo de 9,50 valores em cada uma das componentes de avaliação.

Classificação final obtida pela média ponderada entre o resultado da prova escrita e dos trabalhos práticos.

### **Software utilizado em aula**

FTOOL - 2D Frame Analysis Tool

### **Estágio**

Não aplicável

### **Bibliografia recomendada**

- Martha, L. (2010). *Análise de Estruturas - Conceitos e Métodos Básicos* . 1, Campus. Rio de Janeiro
- Neville, A. e Ghali, A. (1997). *Structural Analysis. A unified classical and matrix approach* . 4, E&FN Spon. London
- Hibbeler, R. (2006). *Structural Analysis* . 6, Prentice Hall. Singapore
- Ziemian, R. e Gallager, R. e McGuire, W. (2000). *Matrix Structural Analysis* . 1ª, John Wiley and Sons. New York

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

A unidade curricular de Estruturas I foi organizada tendo por base a seguinte correspondência entre os conteúdos programáticos (1 a 8) e os objectivos estabelecidos A a F):

1,2 -> A;

4,6,7,8 -> B.

3,4,6,7 -> C

5 -> D

8 -> E

4,5,6,7,8 -> F

### **Metodologias de ensino**

Exposição teórica dos aspectos fundamentais relacionados com os conteúdos programáticos da unidade curricular. Resolução de exercícios práticos que permitam a intervenção crítica dos alunos.

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

A aquisição dos conhecimentos, aptidões e competências que fazem parte dos objectivos da unidade curricular é feita através da apresentação e discussão de exemplos práticos, da realização de trabalhos sugeridos nas aulas de componente prática-laboratorial, do acompanhamento e orientação proporcionados pelas horas de contacto e pelo incentivo à utilização de ferramentas informáticas de cálculo estrutural como suporte à verificação de resultados obtidos através da utilização de métodos de análise estrutural e à compreensão do funcionamento dos sistemas estruturais.

### **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;



### **Docente responsável**

**CARLOS JORGE TRINDADE DA SILVA RENTE**  
Digitally signed by CARLOS JORGE TRINDADE DA SILVA RENTE  
DN: C=PT, O=Carião de Cidadão, OU=Assinatura Qualificada do Cidadão, OU=Cidadão Português, SN=TRINDADE DA SILVA RENTE, G=CARLOS JORGE, SERIALNUMBER=B1060267467, CN=CARLOS JORGE TRINDADE DA SILVA RENTE  
Reason: I am the author of this document  
Location:

\_\_\_\_\_

Homologado pelo C.T.C.  
Acta n.º 13 Data 10/01/2022  
\_\_\_\_\_

