



Living  
the  
Future  
Academy  
University of  
Coimbra

PÓS-GRADUAÇÃO

---

# BETÃO ESTRUTURAL



1 2 9 0



UNIVERSIDADE DE  
COIMBRA



## Objetivos

A Pós-graduação em Betão Estrutural é um ciclo de estudos concebido e realizado em parceria com empresas, tendo em vista permitir a aprendizagem em contexto de trabalho.

Tem como objetivo a atualização de conhecimentos e competências de profissionais de engenharia civil, no âmbito do betão estrutural e da construção em betão armado.

Mais concretamente, visa proporcionar a atualização de conhecimentos em três áreas normalmente não abrangidas pela formação convencional em engenharia civil:

- reabilitação de estruturas
- nova regulamentação, no âmbito do DL 95 de 2019 e da nova geração dos Eurocódigos
- digitalização na construção

Cobre a conceção, projeto, gestão, preparação, construção, fiscalização, inspeção e avaliação, manutenção e reabilitação de estruturas de betão armado e coincide com a parte letiva do Mestrado em Estruturas de Betão – da Conceção à Reabilitação

## Condições de admissão

- Titulares de curso de licenciatura, ou equivalente, em Engenharia Civil ou área afim

## Funcionamento

Regime misto (b-learning), podendo-se optar por

- frequência presencial na Universidade de Coimbra, ou
- frequência remota síncrona

## Horários

14 semanas entre setembro e dezembro de 2023 (fuso horário de Portugal continental):

- sextas-feiras das 09h30m às 20h00m
- sábados das 09h30m às 17h00m

## Plano de estudos

Duas unidades curriculares semestrais\* e seis trimestrais

### Unidade Curricular

01 | Inspeção, avaliação e reabilitação não sísmica de estruturas de betão\*

02 | Dinâmica de Estruturas

03 | Nova regulamentação para dimensionamento não sísmico de estruturas de betão\*

04 | Materiais, execução e controlo da qualidade de estruturas de betão

05 | Dimensionamento sísmico de estruturas de betão

06 | Reabilitação sísmica de estruturas de betão armado

07 | BIM na construção

08 | Fundações e estruturas de contenção

## Propinas

- Preço do curso: 600€
- Apoio PRR-Projecto Living the Future Academy:\*\* 50%
- Preço do curso a suportar pelo formando:\*\*\* 300€

\*\* O apoio atribuído no âmbito do PRR, está condicionado aos formandos detentores de NIF português e residência em Portugal, à data da inscrição no curso. Perde o direito ao apoio o formando que, por ausência de frequência, não obtenha aprovação (n.º 2 do artigo 5.º do Regulamento n.º 1126/2022).

\*\*\* Aplica-se um desconto de 10% para membros das Ordens dos Engenheiros e Ordem dos Engenheiros Técnicos

## Períodos inscrição

- 01 de março a 13 de setembro de 2023

## Contactos

- email: [meb@uc.pt](mailto:meb@uc.pt) | telefone: (+351) 239 797 266
- Departamento de Engenharia Civil, FCTUC, Rua Luís Reis Santos - Pólo II, 3030-788 Coimbra

## Inscrições e mais informações

<https://ucpages.uc.pt/cursos-nao-conferentes-de-grau/cursos-prr-lfa/postgraduate-degree-in-structural-concrete/>

## Coordenação

- Ricardo Costa ([rjcosta@dec.uc.pt](mailto:rjcosta@dec.uc.pt))
- Paulo Providência ([provid@dec.uc.pt](mailto:provid@dec.uc.pt))
- Anísio Andrade ([anisio@dec.uc.pt](mailto:anisio@dec.uc.pt))

## Unidades curriculares: informação adicional

## 01 | Inspeção, avaliação e reabilitação não sísmica de estruturas de betão

### Objetivos

- A) Compreender os conceitos básicos sobre defeitos, patologias, inspeção e avaliação de estruturas existentes de betão armado.
- B) Saber identificar os principais defeitos com origem nos materiais empregues, projeto, construção, uso ou ações e influências exteriores, suas causas, consequências e gravidade.
- C) Conhecer as técnicas de levantamento de informação e inspeção mais comuns, como e quando as utilizar e organizar a informação.
- D) Conhecer o procedimento de avaliação de uma estrutura de betão armado (avaliação preliminar e avaliação de pormenor), da informação a determinar às conclusões a atingir, e as formas de ação a propor ao dono de obra.
- E) Compreender os conceitos básicos sobre modelação, avaliação e reabilitação não sísmica de estruturas e seu impacto ambiental.
- F) Obter capacidade de decisão sobre se, quando e como intervir. Aplicação da abordagem da NP EN 1504. Intervenções sem e com reforço.
- G) Conhecer novos materiais estruturais, nomeadamente os FRP.
- H) Bases do comportamento ao fogo de estruturas.

### Programa

1. Betão armado: material compósito otimizado, custo económico baixo, custo ambiental elevado. Constituintes betão e aço, durabilidade e propensão para degradação. Estruturas existentes de betão (EEB), necessidade (ambiental e social) para a sua conservação, monitorização e reabilitação. Tempo de vida útil e ciclo de vida de EEB
2. Recobrimento e seu papel: durabilidade, mecânica e resistência ao fogo
3. Patologias, defeitos e danos em EEB
4. Principais técnicas de levantamento e inspeção de EEB
5. Inspeção preliminar
6. Avaliação preliminar e do desempenho
7. Inspeção de pormenor de EEB
8. Modelação e avaliação do desempenho
9. Reabilitação (reparação e reforço) de EEB. Avaliação do impacto ambiental. Aspectos básicos da resistência ao fogo
10. NP EN 1504: princípios, métodos e técnicas. Intervenções sem reforço. Intervenções com reforço: pré-esforço, encamisamento e FRP.

### Docentes

Paulo Providência

## 02 | Dinâmica de Estruturas

### Objetivos

- A) Saber calcular as propriedades dinâmicas e a resposta dinâmica de sistemas lineares discretos ou semi-discretizados e avaliar criticamente os resultados.
- B) Saber estabelecer modelos matemáticos e numéricos para sistemas lineares contínuos (sólidos e estruturas), com um conhecimento aprofundado das hipóteses que lhes estão subjacentes e das suas limitações.

### Programa

- 1. Sistemas lineares discretos
  - 1.1. Sistemas com 1 grau de liberdade
    - Movimento livre
    - Movimento forçado
    - Integração numérica da equação do movimento
  - 1.2. Sistemas com n graus de liberdade
    - Movimento livre não amortecido e o problema algébrico de valores próprios generalizado
    - Amortecimento modal
    - Sobreposição modal
- 2. Sistemas lineares contínuos
  - 2.1. Elastodinâmica
  - 2.2. Dinâmica das estruturas
    - Vigas (modelos de Rayleigh e Timoshenko)
    - Lajes (modelos de Kirchhoff e Mindlin)
  - 2.3. Semi-discretização pelo método dos elementos finitos
- 3. Ilustração assistida por computador de análises dinâmicas.

### Docentes

Anísio A. Martinho de Andrade

## 03 | Nova regulamentação para dimensionamento não sísmico de estruturas de betão

### Objetivos

Conhecer a evolução normativa e tecnológica recente das estruturas de betão:

- A) compreensão do comportamento de elementos de betão em condições de serviço e rotura;
- B) compreensão das teorias, princípios, e modelos de dimensionamento e verificação de elementos de betão.
- C) compreensão e aplicação fundamentada das disposições da Parte 1-1 da NP EN 1992 (EC2-1-1).
- D) saber dimensionar e pormenorizar elementos de betão armado, com avaliação crítica das soluções e apresentação de peças desenhadas para execução
- E) saber analisar e dimensionar zonas de descontinuidade, onde os procedimentos convencionais para peças lineares não são válidos, usando para diversos níveis de complexidade de modelos (LoA I, II e III).

### Programa

1. Bases para o projeto em betão estrutural
  - Requisitos
  - Estados limites
  - Verificação dos estados limites pelo método dos coeficientes parciais
2. Materiais
  - Betão
  - Aço para armaduras ordinárias
  - Aderência das armaduras ao betão
3. Estados limites últimos
  - Flexão simples, composta, desviada
  - Esforço transversal
  - Torção circular
  - Interação flexão + corte + torção
  - Dimensionamento da armadura em elementos de laje, membrana e casca
4. Serviço. Estados limites de utilização
  - Secção fendilhada e não fendilhada
  - Limitação de tensões
  - Fendilhação
  - Deformação
5. Pormenorização de armaduras
  - Regras gerais
  - Regras particulares para diferentes elementos estruturais
6. Modelos de campos de tensões (MCT)
  - Tipologias de MCT (LoA I, II e III)
  - Desenvolvimento de MCT LoA I, LoA II e LoA III
  - MCT LoA I, II e III para casos típicos
7. A segunda geração de Eurocódigos
  - Punçoamento
  - Dimensionamento ao fogo

### Docentes

Miguel Pedrosa Ferreira

## 04 | Materiais, execução e controlo da qualidade de estruturas de betão

### Objetivos

- A) Compreender a especificação, avaliação de desempenho, produção e controlo de qualidade dos materiais constituintes do betão armado.
- B) Adquirir competências em execução e controlo de qualidade do betão estrutural, nomeadamente no âmbito de: métodos construtivos, cimbres e cofragens, armaduras para betão armado, pré-esforço, betonagens, execução com produtos pré-fabricados.

### Programa

- 1. Betão
  - Constituintes e parâmetros de formulação de betões normais e especiais (FPC, UHPC, SCC, FRC, LWAC, AAC, LBC, RAC)
  - Propriedades do betão fresco
  - Propriedades mecânicas e diferidas do betão endurecido
  - Durabilidade
  - Especificação, desempenho, produção e conformidade
- 2. Armaduras
  - Materiais
  - Propriedades geométricas e mecânicas. Verificação de conformidade
  - Soldaduras e emendas
- 3. Cimbres e cofragens
  - Requisitos básicos
  - Materiais
- 4. Pré-esforço
  - Projeto e instalação
  - Cofragens especiais
  - Remoção de cofragens e cimbres
- 5. Betonagem
  - Especificação do betão
  - Fornecimento, receção e transporte
  - Colocação e compactação
  - Proteção e cura
- 6. Execução com produtos pré-fabricados
  - Produtos pré-fabricados produzidos em fábrica e no estaleiro
  - Manuseamento e armazenagem
  - Colocação e ajuste
  - Execução de juntas

### Docentes

Fernando J. Forte Garrido Branco

## 05 | Dimensionamento sísmico de estruturas de betão

### Objetivos

- A) Compreender a definição das ações sísmicas da NP EN 1998-1.
- B) Compreender os critérios de conceção de estruturas de edifícios para resistência aos sismos.
- C) Aprender a analisar estruturas de edifícios sob ações sísmicas, com conhecimento aprofundado das hipóteses subjacentes aos diferentes métodos, suas limitações e domínio de aplicabilidade, e avaliar criticamente os resultados.
- D) Compreender e aplicar as disposições da NP EN 1998-1 relativas à verificação da segurança e pormenorização de elementos estruturais.
- E) Obter uma visão global da nova geração de eurocódigos estruturais, no âmbito do projeto de estruturas de edifícios de betão armado para resistência aos sismos.

### Programa

- 1. Os sismos e os seus efeitos sobre as estruturas. Risco sísmico em Portugal
- 2. Definição das ações sísmicas na NP EN 1998-1
- 3. Comportamento de elementos de betão armado sob ações cíclicas
- 4. Requisitos de desempenho e critérios de conformidade da NP EN 1998-1
- 5. Conceção de estruturas de edifícios para resistência aos sismos
- 6. Dimensionamento preliminar face às ações horizontais
- 7. Métodos de análise
- 8. Verificação dos estados limites e pormenorização de elementos estruturais de acordo com a NP EN 1998-1
- 9. A nova geração de eurocódigos estruturais.

### Docentes

Anísio A. Martinho de Andrade

## 06 | Reabilitação sísmica de estruturas de betão armado

### Objetivos

- A) Capacidade de conceber estruturas sismo-resistentes no âmbito da reabilitação sísmica de estruturas de betão armado.
- B) Capacidade de identificar as principais vulnerabilidades sísmicas de estruturas existentes.
- C) Compreender as diferenças e as semelhanças entre as abordagens por forças e por deslocamentos.
- D) Capacidade de efetuar o dimensionamento pela capacidade real.
- E) Capacidade de identificar, dimensionar e implementar estratégias e técnicas de reforço sísmico no âmbito da Parte 3 do Eurocódigo 8.

### Programa

1. Comportamento e análise sísmica de estruturas
  - Abordagens para análise e dimensionamento sísmico de estruturas
  - Quantificação da ação sísmica
  - Métodos de análise estrutural
2. Vulnerabilidade sísmica de estruturas existentes
  - Causas, riscos e soluções
  - A realidade portuguesa
3. Avaliação sísmica de estruturas existentes
  - Requisitos de desempenho sísmico
  - Informação para avaliação de desempenho
  - Avaliação de desempenho sísmico
  - Procedimentos simplificados (LNEC)
4. Reforço e reabilitação sísmica
  - Estratégias de reabilitação
  - Principais técnicas de reforço e reabilitação sísmica.

### Docentes

Ricardo Joel Teixeira Costa

## 07 | BIM na construção

### Objetivos

- A) Compreender o conceito de BIM, suas vantagens e usos.
- B) Compreender como pode o BIM ser implementado na indústria AEC, atendendo às limitações e potencialidades inerentes ao estado atual do mercado, da regulamentação e da tecnologia.
- C) Compreender o que é interoperabilidade e quais os formatos e protocolos abertos a suportam.
- D) Saber aplicar ferramentas BIM no contexto do projeto e execução com especial ênfase para a criação de desenhos a partir de modelos 3D.

### Programa

1. Modelação da Informação na Construção (BIM)
  - Definição e enquadramento
  - Taxonomia e terminologia
  - LoX
  - Modelação paramétrica
  - Interoperabilidade (IFC, MVD, IDS e BCF)
  - Usos BIM
  - Sistema de classificação
  - CDE
  - Contratação BIM
  - Maturidade BIM
  - Competência BIM
2. Conceitos de Desenho Técnico para produção de desenhos com recurso a modelos 3D
  - Normalização aplicável
  - Métodos de projeção
  - Regras e procedimentos em sistemas CAD
  - Referenciação e organização de desenhos na indústria da AEC
  - Desenhos relativos ao projeto de edifícios.

### Docentes

Ricardo Joel Teixeira Costa

## 08 | Fundações e estruturas de contenção

### Objetivos

- A) Compreender e aplicar os princípios de dimensionamento de fundações diretas e profundas, verificando a sua segurança de acordo com os Eurocódigos. Complementar o dimensionamento externo (geotécnico) e interno (estrutural) com a pormenorização em desenhos de execução.
- B) Conhecer as várias soluções para estruturas de contenção de terras, de modo a escolher a solução mais apropriada para cada situação. Adquirir capacidade de dimensionar muros de betão armado em L e conhecer o dimensionamento de cortinas multi-apoiadas.

### Programa

- 1. Fundações superficiais
  - Estados Limite Últimos (Capacidade de carga, escorregamento pela base)
  - Estado Limite de Utilização (Assentamento, rotação)
  - Dimensionamento estrutural
- 2. Fundações profundas
  - Capacidade de carga axial de estacas isoladas e em grupo
  - Estacas sob carregamento transversal
  - Dimensionamento estrutural de estacas e maciços de encabeçamento
- 3. Estruturas de suporte de aterros
  - Revisão da teoria dos impulsos
  - Dimensionamento geotécnico de muros em L
  - Dimensionamento estrutural de muros em L
- 4. Estruturas de suporte de escavação
  - Soluções construtivas
  - Dimensionamento geotécnico
  - Dimensionamento estrutural.

### Docentes

António Manuel Gonçalves Pedro