

Instrução do pedido

3. Descrição e fundamentação dos objetivos, sua adequação ao projecto educativo, científico e cultural da instituição, e unidades curriculares

3.3. Unidades curriculares

Instruction of the request

3. Description and grounding of the study programme's objectives and its coherence with the institution's, scientific and cultural project and curricular units

3.3. Curricular units

3.3.1 Unidade curricular (PT):

Análise Estrutural

3.3.1 Curricular Unit (EN):

Structural Analysis

3.3.2 Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

Joaquim António Oliveira de Barros, 60 horas

3.3.2 Teacher in charge (fill in the full name) and number of contact hours in the curricular unit:

Joaquim António Oliveira de Barros, 60 hours

3.3.3 Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular (1000 caracteres máx.):

Salvador José Esteves Dias, 60 horas

3.3.3 Other teachers and number of contact hours in the curricular unit (1000 caracteres máx.):

Salvador José Esteves Dias, 60 hours

3.3.4 Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes) (1000 caracteres máx.):

Obter conhecimentos sólidos de análise estrutural, com especial enfoque no método dos deslocamentos; modelação estrutural, com especial incidência em edifícios, por recurso a programas de cálculo automático (análise e interpretação de resultados); análise crítica do comportamento de estruturas utilizando programas baseados no

método dos elementos finitos (MEF) considerando comportamento linear-elástico para os materiais.

3.3.4 Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students) (1000 caracteres máx.):

Acquire solid knowledge in structural analysis, with special emphasis on the displacement method; structural modeling, with focus on buildings, by using computer programs of structural analysis (analysis and interpretation of results); critical analysis of the behaviour of structures using computer programs based on the finite element method (FEM) assuming linear and elastic behavior for the materials.

3.3.5 Conteúdos programáticos (1000 caracteres máx.):

- 1 - Método dos deslocamentos;
- 2 - Utilização de software de estruturas reticuladas 3D: modelação de edifícios e interpretação crítica de resultados;
- 3 - Conceitos fundamentais do método dos elementos finitos (MEF);
- 4 - Utilização de software baseado no MEF: modelação de paredes, estruturas volumétricas, lajes, cascas planas, e sistemas estruturais modelados por diferentes tipos de elementos finitos; interpretação crítica de resultados.

3.3.5 Syllabus (1000 caracteres máx.):

- 1- Displacement method;
- 2- Using software of structural analysis for 3D frame type structures: modelling buildings and critical interpretation of the results;
- 3- Fundamental concepts of the finite element method (FEM);
- 4- Using software based on FEM for the modelling and analysis of the following type of structures: walls (considered in plane stress state), volumetric structures (simulated by solid finite elements), 3D shells formed by plane elements (Reissner-Mindlin), modelled by several compatible types of finite elements; critical interpretation of the results.

3.3.6 Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular (3000 caracteres máx.):

Aplicar o conceito de rigidez e flexibilidade do ponto de vista estrutural; Determinar os graus de liberdade e os esforços para cada tipo de estrutura reticulada; Compreender a existência de referenciais locais, auxiliares e global no contexto da análise estrutural; Calcular os deslocamentos e os esforços e traçar os diagramas de esforços de estruturas reticuladas por aplicação da formulação matricial do método dos deslocamentos; Utilizar software de análise estrutural na modelação de estruturas e na obtenção e interpretação de resultados correspondentes a estados limites de utilização e últimos de estruturas reticuladas; Modelar a influência de lajes, paredes e caixas de elevador/escadas no quadro do comportamento de uma estrutura simulada com pórtico 3D. Avaliar o efeito de assentamentos de apoio e esquadros de reforço; Determinar a matriz de rigidez, o vetor solicitação e as equações de equilíbrio no quadro do MEF aplicado a estruturas submetidas a estado plano de tensão, de deformação, estruturas axi-simétricas, volumétricas, lajes e cascas planas; Modelar sistemas estruturais compostos por mais do que um tipo distinto de elemento finito; Interpretar, de forma crítica, resultados obtidos com programas baseados no MEF.

3.3.6 Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes (1000 caracteres máx.):

Apply the concept of flexibility and stiffness in the structural point-of-view; Determine the degrees of freedom and the internal resultant stresses for each type of frame structures; Understand the necessity of having several types of reference systems in the structural analysis: local, auxiliary and global; Evaluation of the displacements, deformed configurations, internal resultant stresses and the corresponding diagrams, by using the matrix approach of the displacement method; Analysis and interpretation of the results obtained from software applied to the structural analysis of buildings for serviceability and ultimate limit conditions; Modelling the influence of slabs, walls, stiff cores of vertical development (stairway enclosure; elevators) when simulating 3D frame structures; assess the effect of support settlements and the influence of stiffer elements in the behaviour of a structure; determine the stiffness matrix, load vector and equilibrium equations under the framework of the FEM applied to structures submitted to plain strain, plain stress, structures considered in axisymmetric conditions, slabs and plane shells; Modelling structural systems formed by components discretised by different types of finite elements; Critical interpretation of the results obtained by using software based on FEM.

3.3.7 Metodologias de ensino (avaliação incluída) (1000 caracteres máx.):

Composta por módulos de 3 horas teórico-práticas mais 1 hora prática por dia durante cinco dias da semana ao longo de 3 semanas. Nas aulas teórico-práticas procede-se à exposição dos conceitos, princípios e teorias, devidamente complementada com a apresentação de exemplos de aplicação. Nas aulas práticas são discutidas as dúvidas dos exercícios e trabalhos. Dois trabalhos por grupo e um teste sumativo. Um dos trabalhos consiste na modelação e análise do comportamento de uma estrutura utilizando software de estruturas reticuladas 3D. O segundo trabalho é dedicado à

utilização de software baseado no MEF para modelação e interpretação de resultados de estruturas tipo parede, depósitos, lajes, cascas planas e estruturas volumétricas, bem como combinando mais do que um destes tipos de sistemas estruturais.

No último dia de aulas os grupos apresentarão oralmente os dois trabalhos realizados (10+10 minutos). O teste sumativo é relativo a toda a matéria lecionada.

Para aprovação nesta unidade curricular é necessário, além das exigências ao nível de presenças nas aulas práticas, obter uma nota final igual ou superior a 9.5/20 valores e (cumulativamente) ter atingido a classificação mínima de 8.0 valores no teste sumativo.

3.3.7 Teaching methodologies (including assessment) (1000 caracteres máx.):

Composed by modules of 3 theoretical-practical lessons and 1 hour of practical lesson per day during 5 days along 3 weeks. In the theoretical-practical lessons the concepts, principles and theories are provided, and they are applied by solving examples. In the practical lessons the doubts occurred in the execution of exercises and works are treated. Two works per group and an individual test. One of the works consists on the modelling and analysis of a structure by using a computer program for structural analysis of 3D frames. The second is dedicated to the use of software based on the FEM for modelling and interpretation of the results of walls, tanks, slabs, 3D plane shells, volumetric structures (modelled by solid elements), and hybrid type structures (modelled by several types of finite elements).

In the last lesson the groups present orally both executed works (10+10 minutes). The test treats all the subjects covered in the UC.

For being approved, besides the necessity of attending the practical lessons, the final classification must be higher or equal to 9.5 in 20, and (cumulatively) a classification that is higher or equal to 8 in 20 in the test must be attained.

3.3.8 Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular (3000 caracteres máx.):

Nesta unidade curricular pretende-se que os alunos obtenham conhecimentos fundamentais da modelação e análise de estruturas de forma a poderem prosseguir, de forma sustentada, a aquisição de competências nas unidades curriculares relacionadas com o dimensionamento de estruturas, sejam elas de betão armado, metálicas e ou outros materiais, desde que sejam conhecidas as suas propriedades fundamentais. Assim, são ensinados os conceitos fundamentais de análise de estruturas, com especial incidência para os tipos de estruturas reticuladas, graus de liberdade, tipos de esforços que se desenvolvem nas barras e conceitos de flexibilidade e rigidez. O

aluno aprende a determinar a matriz de flexibilidade de barra de qualquer tipo de estrutura reticulada, a partir da qual é determinada a correspondente matriz de rigidez utilizada no método dos deslocamentos. Nas aulas práticas os alunos fazem exercícios para aplicar e demonstrar os conhecimentos adquiridos sobre o método dos deslocamentos. Os fundamentos da formulação matricial do método dos deslocamentos são ensinados e os alunos são incentivados a utilizar programas de cálculo automático para a modelação de estruturas porticadas. A modelação da influência de lajes, caixas de elevador e escada, paredes de contraventamento e a interação solo-estrutura é exemplificada no quadro da modelação de estruturas porticadas 3D. Por intermédio de trabalho individual opcional os alunos podem demonstrar as competências adquiridas na modelação estrutural e interpretação dos resultados. Os conceitos fundamentais do MEF são ensinados de forma aos alunos aprenderem a determinação da matriz de rigidez, do vetor solicitação e estabelecer as equações de equilíbrio ao abrigo do MEF. O tipo de elemento finito, as regras de integração, o refinamento e a modelação das condições de apoio e implementação das propriedades dos materiais são tratados no contexto do rigor da simulação. Os alunos utilizam software baseado no FEM na modelação de diferentes tipos de sistemas estruturais e efetuam a análise crítica dos resultados obtidos. Neste contexto será efetuado um trabalho em grupo onde se incentiva a modelação de uma estrutura que exige a utilização de mais do que um tipo distinto de elemento finito, e a análise crítica dos resultados é exigida.

O teste permite avaliar os conhecimentos adquiridos pelos alunos.

3.3.8 Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes (3000 caracteres máx.):

In this UC it is intended that the students obtain fundamental knowledge on the modelling and analysis of structures in order they are able to acquire, in a consistent and solid basis, competences in the UCs related to the design of structures made by any type of material, as long as the relevant properties of the materials are known. Therefore, the fundamental concepts of structural analysis are given, with special emphasis on framed type structures, such is the case of degrees of freedom, type of resultant stresses that occur in bar elements, stiffness and flexibility. The student learn to determine the compliance matrix of any type of bar element, from which the corresponding stiffness matrix is evaluated.

In the practical lessons the students solve exercises dedicated to the application of the concepts of the displacement method. The fundamental concepts of the displacement method formulated according to the matrix approach are provided, and the students are encouraged to use computer programs for the simulation and analysis of framed structures.

The strategies for considering in the modelling of 3D frame type structures the presence of slabs, stiff cores (like stairway/elevators enclosure) and walls for resisting to lateral loads, are taught. The soil-structure interaction is treated. By individual optional work, the students are encouraged to demonstrate the competences acquired in the structural modelling and in the interpretation of the obtained results

The fundamental concepts of FEM are provided in order the students are capable of determining the stiffness matrix, the load vector and the system of equilibrium equations. The selection of the: type of finite element, integration scheme, mesh refinement, simulation of the support conditions, material properties, and their influence on the structural behaviour are treated. By using FEM-based software, several types of structures analyse several types of structures and interpret the obtained results. In this context, in the modality of a work executed in group, the students are encouraged to model a structure where more than one different type of finite element needs to be applied, and execute a critical analysis of the obtained results.

The test has the purpose of checking the knowledge acquired by students.

3.3.9 Bibliografia principal / Main bibliography (1000 caracteres máx.):

S.J.E. Dias e J.A.O. Barros, “Exercícios resolvidos de Estruturas I”, Eds. S.J.E. Dias e J.A.O. Barros, ISBN 972-8692-17-X, 170 p, 2004.

J.A.O. Barros, “Método dos deslocamentos”, Ed. J.A.O. Barros, ISBN 972-8692-19-6, 301 pags., Março 2005.

S.J.E. Dias e J.A.O. Barros, “Exercícios resolvidos de Estruturas II”, Eds S.J.E. Dias e J.A.O. Barros, ISBN 972-8692-18-8, 248 p, Março 2005.

William Weaver, Jr., James M. Gere, “Matrix analysis of framed structures”, Van Nostrand Reinhold, 1990.

Ghali and Neville, Jr., “Structural Analysis”, Third edition, Ed. Chapman and Hall, 1989.

Barros, J.A.O., “Método dos elementos finitos aplicado a estruturas reticuladas”, Relatório técnico 04-DEC/E-25, Dep. Eng^a Civil, Escola Eng^a, Universidade do Minho, 180 p., Junho 2004.

Barros J.A.O., “FEM-based formulation for linear analysis of curved shells”, Technical Report No. 12-DEC/E-27, University of Minho, 54 pp, November 2012.

Zienkiewicz, O.C., Taylor, R.L., The finite element method, Elsevier, 2006.