
1. Caracterização da Unidade Curricular

1.1 Designação

[3213] Projeto Mecânico / Mechanical Design

1.2 Sigla da área científica em que se insere

PMPMI

1.3 Duração

Unidade Curricular Semestral

1.4 Horas de trabalho

162h 00m

1.5 Horas de contacto

Total: 67h 30m das quais TP: 67h 30m

1.6 ECTS

6

1.7 Observações

Unidade Curricular Obrigatória

2. Docente responsável

[1492] Afonso Manuel da Costa de Sousa Leite

3. Docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular

Não existem docentes definidos para esta unidade curricular

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

Os objectivos de aprendizagem desta Unidade Curricular são:

1. Identificar um problema ou situação, definindo todos os seus parâmetros e implicações;
2. Sintetizar e analisar todas as hipóteses possíveis de solução do problema, dentro do seu conhecimento e do conhecimento adquirido na disciplina.
3. Combinar e organizar os conhecimentos anteriormente recebidos, no sentido de obtenção de um sistema que resolva o problema.
4. Pesquisar normas, códigos de cálculos, livros, Internet, etc?
5. Conceber e dimensionar sistemas e equipamentos mecânicos: estaticamente (incluído o efeito das temperaturas), à fadiga, calcular e simular a dinâmica dos seus mecanismos, entrando em linha de conta com o efeito de velocidades, acelerações e efeitos de inércia.
6. Calcular os elementos de ligação: parafusos, rebites, soldadura etc.
7. Seleccionar todos os elementos de compra dimensionados: perfis estruturais, correntes, actuadores, motores, rolamentos, chavetas, parafusos, molas, etc.



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

The learning objectives of this Course Unit are:

1. Identify a problem or situation, defining all its parameters and implications.
2. Synthesize and analyse all possible hypotheses for solving the problem, within the knowledge acquired in previous course units and in the present one.
3. Combine and organize the knowledge previously received, in order to obtain a system that solves the problem.
4. Search for standards, design codes, books, the Internet, etc?
5. Design and calculate mechanical systems and equipment: statically (including the effect of temperatures), fatigue, calculate and simulate the dynamics of their mechanisms, taking into account the effect of velocities, accelerations and inertia effects.
6. Calculate the connection elements: screws, rivets, welding, etc.
7. Select all designed purchase elements: structural profiles, chains, actuators, motors, bearings, keys, screws, springs, etc.

5. Conteúdos programáticos

1. Produção de Documentação Técnica.
2. Fractura/Fadiga. Modos de falha. Factor de Concentração e de Intensidade de tensões. Fadiga de elevado nº de ciclos. Curvas SN, Lei de Basquin. Efeito da tensão média. Critérios de Goodman, Soderberg e Gerber. Regra de Dano acumulado de Palmgren-Miner para fadiga de amplitude constante. Fadiga com carregamento de amplitude variável: Método de Rainflow.
3. Ligações aparafusadas. Rebites, corte e esmagamento.
4. Ligações soldadas. Soldadura ao corte, flexão e torção.
5. Eurocódigos na Construção Metálica.
6. Introdução ao Método dos Elementos Finitos (MEF).
7. Estudos de convergência de tensões: refinação de malha. Método dos "hotspots", de linearização de tensões junto de uma singularidade de tensões.
8. Cálculo e simulação usando materiais compósitos laminados.
9. Simulação de contactos em conjuntos.
10. Efeitos térmicos.
11. Encurvadura.
12. Frequências fundamentais.
13. Simulação de Dinâmica de Mecanismos.



5. Syllabus

1. Production of Technical Documentation.
2. Fracture/Fatigue. Failure modes. Stress Concentration and Stress Intensity Factor. High number of cycles fatigue. SN Curves, Basquin's Law. Effect of mean stress on fatigue life. Goodman, Soderberg and Gerber criteria. Palmgren-Miner Cumulative Damage Rule for Constant Amplitude Fatigue. Fatigue with variable amplitude loading: Rainflow method.
3. Bolted connections. Riveting, cutting and crushing.
4. Welded connections. Welding by shear, bending and torsion.
5. Eurocodes in Metallic Construction.
6. Introduction to the Finite Element Method (FEM).
7. Stress convergence studies: mesh refinement. ?Hotspot? method, for stress linearization near a stress singularity.
8. Calculation and simulation using laminated composite materials.
9. Simulation of contacts in sets.
10. Thermal effects.
11. Buckling.
12. Fundamental frequencies.
13. Mechanism Dynamics Simulation.

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

Os tópicos propostos são considerados adequados, permitindo o aprofundamento de conhecimentos sobre o projecto estrutural de diferentes tipos de estruturas e sistemas mecânicos de efectiva relevância para a formação mais avançada de um futuro profissional de engenharia. Pretende-se proporcionar um conhecimento abrangente dos aspectos mais importantes associados ao projecto de estruturas e sistemas mecânicos, recorrendo a programas de cálculo computacional, a códigos de construção e normas.

É ainda proporcionada aos alunos formação adequada dos aspectos mais importantes da fadiga de componentes através da estimativa da vida da peça em fadiga a elevado número de ciclos, bem como a formação adequada para compreender e efectuar a análise estática e dinâmica por elementos finitos, recorrendo a programas de FEM. É também efectuada a abordagem aos Eurocódigos estruturais em projeto e a de novos materiais como sejam os materiais compósitos de matriz polimérica.

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

The proposed topics are considered appropriate, allowing in-depth knowledge about the structural design of different types of structures and mechanical systems of effective relevance for the more advanced training of a future engineering professional. The aim is to provide comprehensive knowledge of the most important aspects associated with the design of structures and mechanical systems, using computer calculation programs, construction codes and standards.

Students are also provided with adequate training in the most important aspects of component fatigue through the estimation of the fatigue life of the part at a high number of cycles, as well as adequate training to understand and carry out static and dynamic analysis using finite elements, using FEM programs. The approach to structural Eurocodes in design and new materials such as polymer matrix composite materials is also carried out.

7. Metodologias de ensino
(avaliação incluída)

A leccionação será efectuada através de aulas teóricas e práticas. As aulas teóricas funcionarão com exposições sobre cada tema, seguidas de exercícios. Nas aulas práticas proceder-se-á à execução de problemas de simulação recorrendo ao Método dos Elementos Finitos (MEF).

A avaliação da unidade curricular baseia-se na **avaliação distribuída sem exame final**.

Avaliação Distribuída: Realização de três trabalhos práticos individuais (**TP**), de um projeto relacionado com a componente estática de mecanismos (**PE**) e outro projeto relacionado com a componente dinâmica (**PD**). Todos os elementos de avaliação são individualmente pedagogicamente fundamentais.

Classificação Final: $NF = 0,1 (TP1 + TP2 + TP3) + 0,35 (PE + PD)$; mínimo de 9,5 valores para aprovação.

7. Teaching methodologies
(including assessment)

Teaching will be carried out through theoretical and practical classes. Theoretical classes will include presentations on each topic, followed by exercises. In practical classes, simulation problems will be carried out using the Finite Element Method (FEM).

The assessment of the course is based on **distributed assessment without a final exam**.

Distributed assessment: Completion of three individual practical assignments (**TP**), a project related to the static component of mechanisms (**PE**) and another project related to the dynamic component (**PD**). All assessment elements are individually pedagogically fundamental.

Final Grade: $NF = 0.1 (TP1 + TP2 + TP3) + 0.35 (PE + PD)$; minimum of 9.5 points for approval.

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

São usadas diferentes metodologias que possibilitam atingir os objetivos da unidade curricular. Consoante as características dos conceitos a transmitir, são utilizadas aulas teóricas e teórico-práticas, as quais constituem um conjunto que se pretende harmonioso.

Os alunos são conduzidos à realização de testes de verificação da conformidade das análises efectuadas com recurso ao cálculo automático.

É dada particular atenção á utilização esclarecida dos programas comerciais de elementos finitos tentando evitar uma utilização tipo "caixa negra".

Nas aulas teóricas e teórico-práticas é efectuado o treino na utilização de programas comerciais para a modelação e simulação do comportamento estático e dinâmico de estruturas e sistemas mecânicos. É ainda dado particular relevo à utilização dos Eurocódigos estruturais, nomeadamente os de utilização obrigatória em estruturas metálicas.

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

Different methodologies are used to achieve the objectives of the curricular unit. Depending on the characteristics of the concepts to be transmitted, theoretical and theoretical-practical classes are used, which constitute a set that is intended to be harmonious.

Students are also informed and required to carry out tests to verify the conformity of analyzes carried out using automatic calculation.

Particular attention is given to the informed use of commercial finite element programs, trying to avoid a "black box" type of use.

In theoretical and theoretical-practical classes, training is carried out in the use of commercial programs for modeling and simulating the static and dynamic behavior of mechanical structures and systems. Particular emphasis is also given to the use of structural Eurocodes, namely those mandatory for metallic structures.

9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória

Oden, J.T. e Ripperger, E.A., "Mechanics of Elastic Structures", McGraw-Hill, 2ª edição, 1981

Budynas, R.G. e Nisbett, J.K., "Shigley's Mechanical Engineering Design", McGraw-Hill, 10ª edição, 2014.

Hearn, E.J., "Mechanics of Materials Volume 1 and 2 : An Introduction to the Mechanics of Elastic and Plastic Deformation of Solids and Structural Materials", 3ª Edição, Elsevier, 1997.

Campilho R.D., "Método dos Elementos Finitos, Ferramentas para Análise Estrutural", Publindústria, Porto, 2012.

Moaveni, S., "Finite Element Analysis: Theory and Application with Ansys", Pearson, 2014.

Chang, K.-H., "Motion simulation and mechanism design with Solidworks motion 2021", SDC publications, 2021.

Beer, F., Johnston, Jr., E.R., Mazurek, David, Cornwell. P., "Vector Mechanics for Engineers: Statics and Dynamics", 10ª edição, McGraw-Hill Education, 2012.

Eurocódigos. normas e regulamentos.

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



ISEL
INSTITUTO SUPERIOR DE
ENGENHARIA DE LISBOA

Ficha de Unidade Curricular A3ES
Projeto Mecânico
Licenciatura em Engenharia Mecânica
2024-25

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