



Ficha de Unidade Curricular A3ES
Mecânica da Fractura
Mestrado em Engenharia Mecânica
2025-26

1. Designação da unidade curricular

[3076] Mecânica da Fractura / Fracture Mechanics

2. Sigla da área científica em que se insere

TPM

3. Duração

Unidade Curricular Semestral

4. Horas de trabalho

189h 00m

5. Horas de contacto

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

6. % Horas de contacto a distância

Sem horas de contacto à distância

7. ECTS

7

8. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular

[2077] Teresa Leonor Ribeiro Cardoso Martins Morgado | Horas Previstas: N/D

9. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular

Não existem docentes definidos para esta unidade curricular

10. Objetivos de aprendizagem e a sua compatibilidade com o método de ensino (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes).

A unidade curricular tem como objetivo transmitir conceitos teóricos de base sobre a teoria da mecânica da fratura e apresentar casos práticos da sua aplicação em engenharia, focando casos de Ruína, Mecânica da Fratura Linear Elástica, Mecânica da Fratura Elasto-Plástica, Fadiga e Fluência. Para além destes objetivos, pretende-se fazer uma introdução ao conceito de Adequação ao Serviço (*Fitness for Service*) e das principais metodologias utilizadas a nível internacional através de aplicação de normas.

Pretende-se ainda transmitir os conhecimentos essenciais sobre o comportamento mecânico dos materiais na perspetiva do projeto mecânico e utilização de sistemas mecânicos. Apresentar os principais procedimentos dos ensaios mecânicos de materiais e as metodologias de previsão de vida e influência dos defeitos em situações fratura/ruína de estruturas e componentes mecânicos.

10. Intended Learning objectives and their compatibility with the teaching method (knowledge, skills and competences by the students).

The course aims to convey basic theoretical concepts about fracture mechanics theory and present practical cases of its application in engineering, focusing on cases of Ruin, Linear Elastic Fracture Mechanics, Elasto-Plastic Fracture Mechanics, Fatigue and Creep. In addition to these objectives, the aim is to introduce the concept of Fitness for Service and the main methodologies used internationally through the application of standards. The aim is also to impart essential knowledge about the mechanical behavior of materials from the perspective of mechanical design and the use of mechanical systems. Present the main procedures for mechanical testing of materials and the methodologies for predicting the life and influence of defects in fracture/ruin situations of mechanical structures and components.

11. Conteúdos programáticos

1. Introdução: Modos de falha. Controle da fratura. Avaliação da fragilidade. Ensaios de impacto.
2. Mecânica da Fratura Linear Elástica: Critérios energéticos. Fator de intensidade de tensão: Estado de tensão plana e deformação plana, conceito de curvas R. Ensaios e domínio de validade.
3. Mecânica da Fratura Elasto-Plástica: Conceito de Integral J e CTOD. Curva empírica de projeto. Ensaios, limitações e domínio de validade.
4. Fadiga: Iniciação e propagação. Lei de Paris. Curvas SN. Efeito da tensão média. Diagrama de Goodman. Regra de Palmgren-Miner. Fadiga de amplitude variável. Espectros de carregamento. Modelos de contagem de ciclos.
5. Fluência: Fatores que influenciam o comportamento à Fluência. Previsão da vida em fluência. Parâmetro de Orr-Sherby-Dorn. Parâmetro de Larsson-Miller. Ensaios de fluência acelerada.
6. Controlo de condição: Conceito de adequação ao serviço ?Fitness for Service?. Controle da Fratura. Diagrama de avaliação de falha.



11. Syllabus

1. Introduction: Modes of failure. Control of fractures. Evaluation of fragility. Impact testing.
2. Linear Elastic Fracture Mechanics: Energy approaches. Concept of stress intensity factor. The effect of plane stress and plane strain on fracture behavior. Concept of R-curves. Mechanical tests. Range of applicability.
3. Elastic-Plastic Fracture Mechanics: Concept of integral J and CTOD. Empirical curve in mechanical design. Test limitations and scope of application.
4. Fatigue: Fatigue crack propagation. Paris Law. Mean stress effects. SN curves. Goodman criterion. Palmgren-Miner Rule. Variable amplitude loading fatigue. Load spectra. Cycle counting methods.
5. Creep: Factors affecting material resistance to creep. Types of creep tests. Design of mechanical components subjected to creep. Orr-Sherby-Dorn parameters. Larsson-Miller parameters. Accelerated creep tests.
6. Failure control: concept of fitness for service. Fitness for service - FFS". Fault evaluation diagrams.

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

Os presentes conteúdos programáticos constituem-se como tópicos avançados no domínio da mecânica da fratura, sendo considerada necessária a existência de conhecimentos ao nível do que é expectável num 1.º ciclo de estudos num curso de engenharia mecânica ou afim. Neste pressuposto, os tópicos propostos (cuja descrição se encontra muito resumida nesta ficha), são considerados adequados, permitindo o aprofundamento de conhecimentos sobre o dano e a saúde estrutural de diferentes tipos de estruturas de efetiva relevância para a formação mais avançada de um futuro profissional de engenharia. Entende-se, portanto, que os conteúdos programáticos propostos permitem atingir os objetivos propostos para esta unidade curricular e assim contribuir para uma formação mais estruturada e completa nesta área.

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

The present syllabus comprises a set of advanced topics in the field of fracture mechanics, being considered necessary the existence of previous knowledge at the level of what is expected in a 1st cycle of studies in mechanical engineering or similar courses. In this sense, the proposed topics (whose description is very summarized in this form) are considered adequate, allowing a deeper level of knowledge about damage and structural health of different types of structures in the presence of defects and subjected to different loading conditions. This knowledge is of utmost relevance for the advanced education of a mechanical engineer. It is understood, therefore, that the proposed syllabus allows to achieve the proposed objectives for this curricular unit and thus contribute to a more structured and complete training in this area.

13. Metodologias de ensino e de aprendizagem específicas da unidade curricular articuladas com o modelo pedagógico

A lecionação será efetuada através de aulas de carácter teórico-prático. O aluno será introduzido a cada capítulo através de exposições de apresentação de cada tópico, seguidas de alguns exemplos teórico-práticos para consolidação dos conceitos. Nas aulas restantes proceder-se-á à resolução de exercícios onde os alunos aplicarão os conhecimentos adquiridos.

Os alunos serão acompanhados em contexto de aula teórico-prática no desenvolvimento de um projeto em grupo sob o tema ?Integridade estrutural de um componente mecânico metálico?.

13. Teaching and learning methodologies specific to the curricular unit articulated with the pedagogical model

The lectures will be theoretical and practical. The student will be introduced to each chapter through a presentation of each topic, followed by some theoretical and practical examples to consolidate the concepts. In the remaining lessons, students will solve exercises in which they will apply the knowledge they have acquired.

Students will be accompanied in a theoretical-practical class context in the development of a group project on the theme ?Structural integrity of a metallic mechanical component?.

14. Avaliação

Método de avaliação : Avaliação distribuída com exame final. Realização de exame escrito (NE) nas épocas de avaliação previstas com valorização de 60% da nota final (NotaFinal). Nota mínima 9,5. Realização de um Projeto (Nota_Projeto) com valorização de 40% da nota final (NotaFinal).

Avaliação distribuída: Realização de um Projeto (Nota_Projeto) com valorização de 40% da nota final (NotaFinal). A avaliação do projeto é feita através de três relatórios intercalares (R_Inter_1, R_Inter_2) e um relatório final (RF) e respetivas defesas orais (PO_1, PO_2, PO_F) com apresentações em PowerPoint. Classificações mínima de 8 valores e a média mínima de 9,5.

$$\text{Nota_Projeto}(40\%) = 0,10(\text{R_Inter_1} + \text{PO_1}) + 0,15(\text{R_Inter_2} + \text{PO_2}) + 0,15(\text{RF} + \text{PO_F})$$

Exame Final : Exame escrito (NE) com valorização de 60% da nota final (NotaFinal). Nota mínima 9,5.

Classificação Final (CF) : $\text{NotaFinal} = \text{NE} * 0,60 + \text{Nota_Projeto} * 0,40$



14. Assessment

Assessment method: Distributed assessment with final exam. Written exams (NE) at the scheduled assessment times with a value of 60% of the final grade (Final Grade). Minimum mark 9.5. Completion of a Project (Project_Grade) worth 40% of the final grade (Final_Grade).

Distributed assessment : Completion of a Project (Project_Grade) worth 40% of the final mark (Final_Grade). The project is assessed through two interim reports (R_Inter_1 and R_Inter_2) and a final report (RF) and respective oral defenses (PO_1, PO_2, PO_F) with PowerPoint presentations. Minimum marks of 8 and a minimum average of 9.5.

$$\text{Project_Grade}(40\%) = 0.10(R_Inter_1 + PO_1) + 0.15(R_Inter_2 + PO_2) + 0.15(RF + PO_F)$$

Final Exam: Written Exam with 60% of the final grade (Final_Grade). Minimum mark 9.5.

$$\text{Final Grade (FC): } \text{Final_Grade} = NE * 0.60 + \text{Project_Grade} * 0.40$$

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

A metodologia de lecionação adotada permite ao aluno um acompanhamento mais efetivo dos conteúdos programáticos desta unidade curricular, na medida em que após a exposição de cada tópico, e após a ilustração através de exemplos tipo, cada aluno é solicitado no sentido da resolução de alguns casos (problemas). Os alunos são ainda sensibilizados e incentivados a utilizar aplicações informáticas de computação simbólica e de simulação em elementos finitos, no sentido de complementar a sua aprendizagem e de facilitar e agilizar a resolução do projeto sobre o estudo de integridade estrutural de um componente mecânico em contexto da Mecânica da Fratura. Considera-se em conformidade que a metodologia utilizada facilita não só a apreensão, mas também a capacidade de utilização de conhecimentos conforme são os objetivos da unidade curricular.

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

The lectures adopted allow students to follow the syllabus of this course more effectively, since after each topic has been explained and illustrated using examples, each student is asked to solve some cases (problems). Students are also made aware of and encouraged to use computer applications for symbolic computation and finite element simulation, in order to complement their learning and to facilitate and speed up the resolution of the project on the study of the structural integrity of a mechanical component in the context of Fracture Mechanics. It is therefore considered that the methodology used facilitates not only learning, but also the ability to use knowledge in accordance with the objectives of the course.

16. Bibliografia de consulta/existência obrigatória

- Anderson, Ted L. Fracture mechanics: fundamentals and applications. CRC press, 2017.
- Moura Branco, C. Mecânica dos Materiais. Fundação Calouste Gulbenkia, 2011
- Dowling, N., Kampe, S., Kral, M. Mechanical Behavior of Materials - Engineering Methods for Deformation, Fracture and Fatigue, 5th Edition. Pearson 2020
- Richard, H., Sander, M. Fatigue Crack Growth, Detect-Assess-Avoid. Solid Mechanics and its Applications, Springer, 2016
- Zahavi, E. Fatigue Design: Life Expectancy of Machine Parts. CRC Press, 2019.
- Janssen, M., Zuidema, J., & Wanhill, R. Fracture Mechanics, 2nd. Spon Press, 2004.
- Shukla, A. Practical fracture mechanics in design. CRC Press, 2004.
- Stephens, Ralph I., Ali Fatemi, Robert R. Stephens, and Henry O. Fuchs. Metal fatigue in engineering. John Wiley & Sons, 2000.
- Fracture Mechanics ? Ewalds, H. Wanhill, R ? Ed. Eward Arnold, 1989
- Fracture and Fatigue, vol 19 - Metals Handbook - ASM ? American Society of Metals, 1996

17. Observações

Unidade Curricular Obrigatória

Data de aprovação em CTC: 2024-07-17

Data de aprovação em CP: 2024-06-26