

Ficha de Unidade Curricular

1. Caracterização da Unidade Curricular.

1.1. Designação da unidade curricular (1.000 carateres).

Manutenção por Controlo de Condição / Condition-based Maintenance

1.2. Sigla da área científica em que se insere / curso (100 carateres).

EIM

1.3. Duração¹ (100 carateres).

Unidade Curricular Semestral

1.4. Horas de trabalho² (100 carateres).

135h

Parecer favorável, por unanimidade,
na reunião do CTC de 19/07/2023.
O Presidente do CTC,

1.5. Horas de contacto³ (100 carateres).

Total: 45h 00m das quais TP: 45h 00m

1.6. ECTS (100 carateres).

5

1.7. Observações⁴ (1.000 carateres).

Unidade Curricular Opcional

1.7. Remarks (1.000 characters).

Elective

2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (*preencher o nome completo*) (1.000 carateres).

André Rui Dantas Carvalho

3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular (1.000 carateres).

4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes). (1.000 carateres).

Esta unidade curricular tem por objectivo a aprendizagem das tecnologias mais actuais, técnicas e métodos de avaliação do estado e identificação do dano, em máquinas e estruturas, com o enquadramento de uma filosofia de manutenção preventiva condicionada e a aprendizagem das avarias e respectivos sintomas mais comuns nos equipamentos industriais. Por aprendizagem das técnicas e métodos deverá entender-se a compreensão dos princípios físicos em que se baseiam, o conhecimento e alguma prática com os equipamentos e sensores utilizados, o conhecimento do significado de cada um dos parâmetros sensíveis ao dano que podem ser utilizados e a compreensão e aplicação prática da metodologia de detecção e de diagnóstico em cada tecnologia. Os alunos adquirem competências para utilizar na prática as diferentes tecnologias, mais usadas na indústria para a avaliação do estado e identificação do dano em máquinas e estruturas e para organizar um programa de manutenção por controlo de condição.

4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students). (1.000 characters).

This course is aimed at learning the most current technologies, techniques and methods of evaluation and identification of damage in structures and machines, with the most common framework of predictive maintenance and learning of faults and their symptoms in industrial equipment. By learning techniques and methods, it is meant to understand the physical principles that underlie the knowledge and some practice with the equipment and sensors used, the knowledge of the meaning of each of the parameters sensitive to the damage that can be used and the understanding and practical application of the methodology for detection and diagnosis in each technology. Students acquire skills to use in practice the different technologies, most used in industry for the identification and assessment of the state of damage in machines and structures and to define a maintenance program for condition-based maintenance.

5. Conteúdos programáticos (1.000 carateres).

- Introdução ao controlo de condição.
 - Técnicas de controlo de condição: princípios básicos, parâmetros sensíveis ao dano, equipamentos e sensores, medição, deteção e diagnóstico, normas de severidade e análise de tendência.
 - Vibrações
 - Parâmetros processuais
 - Ensaio não destrutivo
- Modelação de Equipamentos
 - Modelação de sistemas contínuos com forma de previsão do comportamento de equipamentos
 - Modelação dinâmica e propriedades mecânicas de eixos
 - Modelação dinâmica e propriedades de vigas
- Avarias e sintomatologia
 - Ressonância, variação de massa, variação de rigidez e variação de amortecimento em estruturas
 - Desequilíbrio, desalinhamento, empeno, desaperto e folgas, velocidade crítica, avarias hidráulicas e aerodinâmicas em máquinas rotativas
 - Avarias típicas em motores de combustão interna, motores eléctricos, engrenagens, correias e rolamentos
- Implementação do controlo de condição
 - Metodologia de implementação
 - Implementação

5. Syllabus (1.000 characters).

- Introduction to Condition Control
 - Condition control techniques: basic principles, damage parameters, equipment and sensors, measurements, detection, and diagnosis. Severity levels and trend analysis.
 - Vibrations.
 - Process parameters.
 - Non Destructive Tests.
- Equipment Modeling
 - Modeling of continuous systems as a method to predict the mechanical behavior of equipment.
 - Dynamic modeling and mechanical properties of shafts.
 - Dynamic modeling and mechanical properties of beams.
- Malfunctions and symptom analysis
 - Resonances, mass, stiffness, and damping variations in structures
 - Unbalances, misalignments, buckling, unfastened bolts and screws, hydraulic and aerodynamic failures in rotating machines.
 - Typical malfunctions in motors, gears, belts, and bearings.

- Implementation of condition Control
 - Implementation methodologies
 - Implementation

6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular (1.000 caracteres).

Os conteúdos programáticos desta UC focam-se, essencialmente, na componente mais prática e aplicável na indústria das vibrações mecânicas. O programa da UC começa com uma matéria introdutória, onde se visa apresentar aos alunos os conceitos básicos da metodologia da Manutenção por Controlo de Condição, bem como uma breve revisão dos conteúdos lecionados em Vibrações Mecânicas. Como a grande maioria dos equipamentos que serão sujeitos ao Controlo de Condição são máquinas rotativas (ou com componentes rotativos), o grupo seguinte pretende familiarizar os alunos com os fenómenos característicos de veios, bem como da sua modelação, com vista a desenvolver uma predição da Assinatura Base de um equipamento. De seguida são apresentados os casos mais frequentes de falhas ou de mal funcionamento de equipamentos, devido às vibrações excessivas, bem como os métodos de deteção e correção (quando possível).

6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes (1.000 characters).

The programmatic contents of this course focus essentially on the practical and industrial applications of mechanical vibrations. The course program begins with an introductory subject aimed at presenting students with the basic concepts of Condition-based Maintenance, as well as a brief review of the topics covered in Mechanical Vibrations. Since most of the equipment, to which Condition-based Maintenance is applicable, are rotating machines (or machines with rotating components), the following section aims to familiarize students with the characteristic phenomena of shaft systems, as well as their modeling, to develop a prediction of the equipment Baseline Signature. Next, the most frequent cases of equipment failures or malfunctions due to excessive vibrations are presented, along with methods of detection and correction (when possible).

7. Metodologias de ensino (avaliação incluída) (1000 caracteres).

A matéria é exposta nas aulas com recurso a apresentações, simuladores virtuais, software de elementos finitos, software de simulação dinâmica, software de cálculo matemático, manipuladores simbólicos e modelos didáticos em laboratório. A avaliação é composta por 3 trabalhos de grupo (NT1, NT2 e NT3, com 2 a 3 alunos) valendo, cada um, 20% da nota final e pelo exame final (NE, que vale 40% da nota final (NF) e tem uma duração de 1 hora), de acordo com a fórmula seguinte.

$$NF = 0,2*NT1+0,2*NT2+0,2*NT3+0,4*NE$$

O conjunto dos trabalhos é pedagogicamente fundamental e tem nota mínima de 8,0 valores. O exame final é pedagogicamente fundamental e tem uma nota mínima de 9,5 valores.

7. Teaching methodologies (including assessment) (1.000 characters).

The program is exposed in classes using presentations, virtual simulators, finite element software, dynamic simulation software, mathematical calculation software, symbolic manipulators, and didactic models in the laboratory. The evaluation consists of three group assignments (NT1, NT2, and NT3, groups of 2 or 3 persons), each contributing to 20% of the final grade (NF), and a final exam (NE, 40% of the final grade and has a duration of 1 hour), according to the following equation:

$$NF = 0.2*NT1+0.2*NT2+0.2*NT3+0.4*NE$$

The three assignments as a whole are pedagogically fundamental and have a minimum grade of 8.0 of 20. The final exam is also pedagogically fundamental and has a minimum grade of 9.5 of 20.

8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular (3.000 carateres).

Esta UC é essencialmente uma disciplina de conteúdos práticos, que são mais facilmente avaliados com a aplicação de trabalhos laboratoriais. Estes trabalhos são focados na deteção e correção das falhas apresentadas nos conteúdos programáticos, recorrendo a modelos computacionais e a equipamento laboratorial especializado. O objectivo destes trabalhos é proporcionar aos alunos simulacros, de situações possíveis de encontrar em campo, num ambiente controlado e didático. Os trabalhos são entregues num formato de relatório técnico. Como os trabalhos são de grupo, é necessário um exame final para permitir individualizar a avaliação dos alunos. O exame foca-se nos mesmos conteúdos, mas de uma forma mais conceptual, que permite compreender o nível de aprendizagem de cada aluno.

8. Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes (3.000 characters).

This course is essentially a practical discipline and learning progress is more easily verified through laboratory assignments. These assignments focus on the detection and correction of failures presented in the course content, using computational models and specialized laboratory equipment. The objective of these assignments is to provide students with simulations of situations that they may encounter in the field, within a controlled and didactic environment. The assignments are submitted in the form of technical reports. Since the assignments are done in group, a final exam is necessary to individualize the assessment of students. The exam focuses on the same content but in a more conceptual manner, allowing for an understanding of each student's level of learning.

9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória (1.000 carateres).

- Mobley, R. K. (2017). An introduction to predictive maintenance (3rd ed.). Butterworth-Heinemann.
- Wowk, V. (2006). Machinery vibration: Measurement and analysis (3rd ed.). McGraw-Hill Education.
- Rao, S. S. (2019). Mechanical vibrations (6th ed.). Pearson.
- Inman, D. J. (2013). Engineering Vibration (4th ed.). Pearson.
- Harris, C., & Piersol, A. G. (2009). Harris' shock and vibration handbook (6th ed.). McGraw-Hill Professional.