

## **Ficha de Unidade Curricular – (Versão A3ES 2018-2023)**

### **1 Caracterização da Unidade Curricular.**

#### **1.1 Designação da unidade curricular (1.000 carateres).**

Ciência dos Materiais (CM - 1915)

#### **1.2 Sigla da área científica em que se insere (100 carateres).**

FIS

#### **1.3 Duração (100 carateres).**

Semestral

#### **1.4 Horas de trabalho (100 carateres).**

148,5h

#### **1.5 Horas de contacto (100 carateres).**

45h; T: 22,5h; TP: 22,5h.

#### **1.6 ECTS (100 carateres).**

5,5

#### **1.7 Observações (1.000 carateres).**

#### **1.7 Remarks (1.000 carateres).**

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

Pedro Lúcio Maia Marques de Almeida

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

Lídia Manuela Duarte Santiago

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

Esta unidade curricular tem por objectivo proporcionar uma formação de base em Ciência e Engenharia dos Materiais fornecendo os fundamentos do conhecimento das propriedades físicas e químicas que mais tarde no curso serão referidas. Os estudantes ficarão a conhecer e compreender a estrutura atómica e molecular da matéria; ficarão a conhecer as propriedades eléctricas dos sólidos (materiais condutores, semicondutores e dieléctricos), relacionando-as com a estrutura atómica e molecular dos materiais. Os estudantes aprenderão a conhecer e compreender os fundamentos da electroquímica e o princípio de funcionamento das células voltaicas e electroquímicas; ficarão ainda a conhecer as aplicações das células voltaicas e das células electrolíticas. Os estudantes deverão adquirir a capacidade de relacionar as propriedades dos materiais com a sua génese e dessa forma conseguir atuar ao nível dos materiais base como forma de modificar as propriedades necessárias para uma certa aplicação no âmbito da Engenharia Eletrotécnica.

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

This unit aims to provide a fundamental knowledge of Materials Science and Engineering providing fundamental knowledge on physical and chemical properties that later will be referred in the following units. The students will know and understand the atomic and molecular structure of matter; they will understand the electrical properties of solids (conductors, semiconductors and dielectric materials), in the framework of the materials' atomic structure. The students will know and understand the fundamentals of electrochemistry and the working principles of galvanic and electrolytic cells and will also become familiar with the applications of galvanic and electrolytic cells. The students will acquire the capability of relating each material property with its genesis and in that way will be able to act at the basic materials level in order to modify the required properties for a certain Electrical Engineering application.

## **5. Conteúdos programáticos (1.000 caracteres).**

### **1 - Estrutura da matéria e ligação química.**

Dualidade onda-partícula da radiação electromagnética. Quantificação da energia electromagnética. Átomo de hidrogénio. Orbitais, níveis de energia e números quânticos. Spin do electrão. Energia de ionização. Átomos multieletrónicos. Carga nuclear efectiva e níveis de energia. Princípio da exclusão de *Pauli* e regra de *Hund*. Configurações electrónicas. Propriedades dos elementos químicos. Afinidade electrónica. Ligação química entre elementos: iónica, covalente, metálica e de hidrogénio. Energia de ligação. Estados físicos: massa, volume e densidade. Propriedades mecânicas: deformação nos metais e outras propriedades mecânicas. Propriedades térmicas. Propriedades ópticas: refração; reflexão; absorção.

### **2 – Materiais aplicados à Engenharia Electrotécnica e suas propriedades.**

Os estados de agregação da matéria: estado gasoso, líquido e sólido. Outros estados: plasmas e meios granulares. Estado sólido. Sólidos iónicos, covalentes, metálicos e moleculares. Sólidos amorfos e cristalinos. Estrutura cristalina e defeitos estruturais. Cristais líquidos. Teoria clássica da condução eléctrica num metal. Estados electrónicos em cristais. Bandas de energia electrónica. Banda de condução e banda de valência. Propriedades eléctricas: condutividade e resistividade eléctrica (condução nos sólidos, líquidos e gases); condutância e resistência eléctrica; permitividade dieléctrica e rigidez dieléctrica. Condução eléctrica e condução térmica no modelo de electrões livres. Variação da resistividade com a temperatura e a frequência (efeito coroa). Resistência de contacto nos metais. Materiais de elevada condutividade. Materiais de elevada resistividade: ligas de aquecimento; ligas de medição; ligas de regulação. Aplicações: resistências; fusíveis; bimetais; fios e cabos condutores. Supercondutores. Condução perfeita e efeito de *Meissner*. Pares de *Cooper* e teoria BCS. Supercondutores de tipo I e II. Electrões quase-livres e electrões fortemente ligados. Lacunas. Semicondutores e isolantes. Materiais dieléctricos. Materiais isolantes de uso mais frequente. Aplicações. Condensadores. Comportamento dos dieléctricos em funcionamento: resistência de isolamento; resistência superficial; rigidez dieléctrica; rigidez dieléctrica superficial; disrupção dos dieléctricos. Semicondutores do tipo N e P; a junção P-N. Termoresistências: fotocondutores; células fotovoltaicas. Propriedades magnéticas. Classificação e características dos materiais magnéticos.

### **3 – Electroquímica.**

Soluções. Molaridade. Electrólitos. Condução electrolítica. Reações de oxidação-redução. Números de oxidação. Células voltaicas. Tensão de uma célula voltaica. Potenciais padrão.

Equação de *Nernst*. Células voltaicas comerciais. Baterias recarregáveis de chumbo. Pilhas secas. A pilha de hidrogénio. Electrólise. Estequiometria da electrólise. Energia consumida na electrólise. Aplicações industriais da electrólise: separação de elementos, galvanostegia, electro-refinação do cobre. Corrosão electroquímica. Tipos de corrosão. Proteção contra a corrosão.

## 5. Syllabus (1.000 characters).

### 1 - Structure of matter and chemical bonding.

Wave-particle duality of the electromagnetic radiation. Quantification of electromagnetic energy. Hydrogen atom. Orbitals, energy levels and quantum numbers. Electron spin. Ionization energy. Multielectron atoms. Effective nuclear charge and energy levels. *Pauli's* exclusion principle and *Hund's* rule. Electronic configurations. Properties of chemical elements. Electron affinity. Chemical bonds between elements: ionic, covalent, metallic and hydrogen bonds. Binding energy. Physical states: mass, volume and density. Mechanical properties: deformation in metals and other mechanical properties. Thermal properties. Optical properties: refraction; reflection; absorption.

### 2 - Materials applied to Electrical Engineering and their properties.

The aggregation states of matter: gas, liquid and solid states. Other states: plasmas and granular media. Solid state. Ionic, covalent, metallic and molecular solids. Amorphous and crystalline solids. Crystalline structure and structural defects. Liquid crystals. Classical theory of electrical conduction in metals. Electronic states in crystals. Electronic energy bands. Conduction band and valence band. Electrical properties: conductivity and electrical resistivity (conduction in solids, liquids and gases); conductance and electrical resistance; dielectric permittivity and dielectric strength. Electrical and thermal conductivity in the free electron model. Resistivity dependence on temperature and frequency (corona effect). Contact resistance in metals. High conductivity materials. High resistivity materials: heating alloys; measuring alloys; regulatory alloys. Applications: resistances; fuses; bimetals; wire and cable conductors. Superconductors. Perfect conductivity and *Meissner* effect. *Cooper* pairs and BCS theory. Type I and type II superconductors. Quasi-free electrons and strongly bonded electrons. Vacancies. Semiconductors and insulators. Dielectric materials. Most common insulating materials. Applications. Capacitors. Behaviour of dielectrics in operation: insulation resistance; surface resistance; dielectric strength; surface dielectric strength; disruption of the dielectric. Semiconductors type N and P; the P-N junction. RTDs: photoconductors; photovoltaic cells. Magnetic properties. Classification and characteristics of magnetic materials.

### 3 - Electrochemistry.

Solutions. Molarity. Electrolytes. Electrolytic conduction. Oxidation-reduction reactions. Oxidation numbers. Voltaic cells. Voltage of a voltaic cell. Standard potential. *Nernst* equation. Commercial voltaic cells. Rechargeable lead batteries. Dry batteries. The stack of hydrogen. Electrolysis. Stoichiometry of electrolysis. Energy consumed in the electrolysis. Industrial applications of electrolysis: Separation, Electroplating, electro-refining of copper. Electrochemical corrosion. Types of corrosion. Protection against corrosion.

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

O programa conduz os alunos do conhecimento dos constituintes fundamentais da matéria – átomos, moléculas, estruturas cristalinas, etc - à forma como as interações entre estes determinam as propriedades dos materiais nos diferentes estados da matéria, com particular destaque para as suas propriedades eléctricas.

No programa desta unidade curricular, dá-se especial ênfase às referências aos materiais utilizados nas aplicações no âmbito da Engenharia Eletrotécnica, suas propriedades físicas e relação propriedades/aplicações.

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

The program is conceived as a building up process that will allow the students to understand materials from its fundamental constituents - atoms and molecules - and how the interactions among these lead to the particular behaviour of substances in the different states of matter, with special emphasis on electrical properties.

On this unit's program, a special attention is also given to the materials used in the framework of Electrical Engineering, to their physical properties and to the relation between properties and applications.

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

É disponibilizado através da página MOODLE da disciplina, o acesso a conteúdos teóricos, séries de problemas para apoio às aulas e testes de avaliação.

As aulas têm uma parte expositiva com recurso aos meios audiovisuais disponíveis (acetatos, powerpoint, etc.), sendo apresentados frequentemente exemplos práticos de aplicação dos conceitos teóricos expostos; a outra parte das aulas é dedicada à resolução de séries de exercícios. São ainda realizadas demonstrações em laboratório dos conceitos e aplicações expostos nas aulas teóricas. A avaliação consiste na realização de dois testes durante o período lectivo, sendo neste caso a nota final igual à média da nota obtida nos dois testes, exigindo-se nota mínima de 8 valores em qualquer um deles, ou de um exame final.

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

Through the MOODLE platform webpage, access will be granted to theoretical contents, exercises and previous tests/exams. The lessons are divided in two parts: one for the presentation of the theoretical concepts, using data shows and other available media, and frequently practical examples are presented; the other part is used for the resolution of exercises. There will be also laboratorial demonstrations in the classroom exemplifying concepts and applications presented in the theoretical classes. The course evaluation consists in two written tests performed during the teaching term, being in this case the final grade equal to the average of the grades obtained in the two tests, the minimum grade in each test being 8/20, or in a final exam.

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

A realização de exercícios permite aos alunos testar e consolidar a aquisição dos conhecimentos teóricos de forma operativa. A exposição frequente de exemplos práticos aplicados à Engenharia Electrotécnica permite a ligação ao mundo real e às outras unidades curriculares do curso.

A realização de demonstrações laboratoriais permite aos alunos tomar contacto com a validade e realidade dos conceitos teóricos aprendidos, bem como dispositivos e componentes usados em Engenharia Electrotécnica.

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

Solving exercises will allow the students to strengthen their knowledge acquisition in an operative way. The frequent use of real world examples applied to Electrical Engineering will trigger the students' interest and will contextualize the learned matters in the more general framework of their degree.

The laboratorial demonstrations performed in the classroom allow the students to experience the validity and reality of the theoretical concepts acquired, as well as components and devices used in Electrical Engineering.

**9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória (1.000 caracteres).**

1. H. Young e R. Freedman, SearsZemansky Física IV - Ótica e Física Moderna, 10ª edição, AddisonWesley, 2004.
2. D. Reger, S. Goode e E. Mercer, Química:Princípios e Aplicações, F. Calouste Gulbenkian, 1997.
3. D. Halliday, R. Resnick e K. Krane, "Física 4", 5ª edição, Livros Técnicos e Científicos, Ltda., 2003.
4. W. Smith, Princípios de Ciência e Engenharia dos Materiais, 3ª edição, McGraw-Hill, 1996.