

## Ficha de Unidade Curricular LEQB – A3ES

### 1. Caracterização da Unidade Curricular.

- 1.1. Designação da unidade curricular** (1.000 carateres).  
Processos de Separação I / Separation Processes I
- 1.2. Sigla da área científica em que se insere** (100 carateres).  
CEE
- 1.3. Duração<sup>1</sup>** (100 carateres).  
Semestral
- 1.4. Horas de trabalho<sup>2</sup>** (100 carateres).  
162
- 1.5. Horas de contacto<sup>3</sup>** (100 carateres).  
Total: 60  
T: 30 TP: 21 PL: 9
- 1.6. ECTS** (100 carateres).  
6.0
- 1.7. Observações<sup>4</sup>** (1.000 carateres).
- 1.7. Remarks** (1.000 characters).

### 2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo) (1.000 carateres). José Valério Nascimento Palmeira (126 h)

### 3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular (1.000 carateres). Feliz José Mil Homens Dos Santos (60 h)

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

Nesta disciplina pretende-se que os alunos sejam capazes de compreender o funcionamento das operações unitárias mais comuns na indústria química/biológica, e que envolvam a utilização de sólidos e fluidos.

Após a frequência da disciplina, os alunos deverão ser capazes de:

1. Compreender os princípios físicos envolvidos em operações industriais que lidam exclusivamente com sólidos, tais como: operações de redução de tamanho, de classificação e de transporte.
2. Compreender os princípios teóricos envolvidos no movimento de fluidos em leitos porosos e no movimento de fluidos em sólidos, e saber caracterizar algumas operações unitárias baseadas nestes princípios.
3. Compreender e saber caracterizar outras operações sólido-fluido comuns na indústria, tais como: lixiviação, cristalização e secagem.
4. Dimensionar o equipamento e otimizar as condições de funcionamento das operações de separação sólido-fluido estudadas.

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

This course introduces to students the working principles of the most common solid-fluid unit operations that can be found in chemical/biological industries.

By the end of this course, the student should be able to:

1. Understand the physical principles involved in industrial operations that manipulates exclusively solids, as: size reduction operations, classification and transport.
2. Understand the theoretical principles involved in fluid flow in porous beds and solid particles motion in fluids

and characterize some unit operations based on those principles.

3. Understand and characterize other important solid-liquid unit operations as: lixiviation, crystallization and solids drying.
4. Be able to perform equipment sizing as well optimize the working conditions of the considered unit operations.

**5. Conteúdos programáticos (1.000 carateres).**

1. Introdução às operações sólido-fluido.
2. Redução do tamanho de sólidos: Fragmentação, Trituração e Moagem. Mistura. Agitação.
3. Classificação de sólidos: Peneiração; Elutriação; Separação magnética.
4. Transporte de sólidos. Transporte mecânico, hidráulico e pneumático.
5. Movimento de fluidos através de leitos porosos.
6. Filtração.
7. Fluidização.
8. Movimento de partículas em fluidos.
9. Decantação. Flotação.
10. Lixiviação.
11. Cristalização.
12. Secagem.

**5. Syllabus (1.000 characters).**

1. Solid-fluid operations introduction
2. Solid size reduction: crushing, grinding and milling. Mixing and agitation.
3. Classification: Screening, Elutriation. Magnetic Separation.
4. Transportation of solids: mechanic, hydraulic and pneumatic transport. Conveying.
5. Fluids flow in porous solid beds.
6. Filtration.
7. Fluidization.
8. Particles movement through a fluid.
9. Settling. Flotation.
10. Leaching.
11. Crystallization.
12. Drying.

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

É feito o enquadramento das operações a considerar na disciplina, no contexto de um processo industrial (C1). São abordadas operações unitárias que envolvem a manipulação exclusiva de sólidos, nomeadamente, redução, classificação e transporte (C2-C4). Para além da compreensão dos princípios físicos envolvidos (obj. 1), os alunos também consideram alguns aspetos de dimensionamento dos utilizados (obj. 4).

Os capítulos C5 e C8 servem de suporte teórico aos mecanismos de transferência de massa, energia e de momento presentes nas operações unitárias que envolvem sólidos e fluidos, e que são consideradas em mais detalhe nos capítulos C6, C7 e C9. Com a exposição da teoria, os alunos deverão atingir os objetivos 2 e 4.

A exposição de matéria referente aos capítulos C10 a C12, dará a conhecer outras operações unitárias envolvendo sólidos e fluidos que são importantes nos processos industriais, dando aos alunos um conhecimento mais alargado das operações mais comuns na indústria (obj. 3).

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

The framing of the operations to be considered in the discipline is carried out in the context of an industrial process (C1). Unit operations involving exclusively solids handling, namely reduction, classification, and transportation (C2-C4), are addressed. In addition to understanding the underlying physical principles (obj. 1), students also consider some sizing aspects of the equipment that can be used (obj. 4).

Chapters C5 and C8 provide theoretical support for the mass, energy, and momentum transfer mechanisms present in unit operations involving solids and fluids, which are further detailed in chapters C6, C7, and C9. Throughout the exposition of theory, students should achieve objectives 2 and 4.

The material covered in chapters C10 to C12 will introduce other unit operations involving solids and fluids that are important in industrial processes, providing students with a broader knowledge of the most common operations in the industry (obj. 3).

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

A lecionação da disciplina está dividida nas seguintes componentes:

Teórica (30 h): princípios teóricos;

Teórico-prática (21 h): problemas práticos;

Laboratorial (9 h): trabalhos práticos em laboratório.

A avaliação de conhecimentos da disciplina no período de aulas, compreende a realização de dois mini-testes escritos (MT1 e MT2) com a duração de 1 h cada e, um teste escrito (TE) com a duração de 2 h.

Após a realização dos trabalhos em laboratório, os alunos produzem relatórios que serão discutidos e avaliados resultando numa classificação da componente laboratorial (TL).

Em substituição da avaliação distribuída constituída por testes (MT1, MT2 e TE), os alunos poderão realizar o exame final (EF).

A nota final ponderada mínima (NF) é 9,50 valores e é obtida por uma das fórmulas:

$$NF=0,20(MT1+MT2)+0,50TE+0,30PL$$

$$NF=0,70EF+0,30PL$$

Com exceção dos mini-testes, os restantes elementos de avaliação (TE, TL e EF) têm nota mínima de 8,00 valores cada.

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

The discipline is divided in:

Theoretical (30 h): theory concepts;

Theoretical-practical (21 h): solving practical problems;

Laboratory (9 h): laboratory experiments.

Knowledge assessment carried out throughout the academic period comprises two written mini tests (MT1 and MT2) with 1 hour duration each, and one written test (WT) with 2 hours of duration.

Following the lab work, students elaborate written reports that are discussed and evaluated. As a result, a lab classification is given (LW).

In substitution of the knowledge assessment composed by the written tests (MT1, MT2 and WT), the students can attend to the final exam (FE).

The minimum weighted final mark (FM) is 9.50 values and is obtained by one of the formulas:

$$FM=0.20(MT1+MT2)+0.50WT+0.30LW$$

$$FM=0.70FE+0.30LW$$

All evaluation components, with exception of MT1 and MT2, must have a minimum classification of 8.00 values.

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

A metodologia de ensino utilizada assenta em três componentes que se complementam.

A componente teórica pode dividir-se em dois tipos de exposição da matéria em sala de aula. A primeira é baseada na utilização de meios informáticos para a projeção visual de informação em tela. Esta é utilizada para descrever o funcionamento geral das operações unitárias e explicar como estas estão ligadas a outras etapas no processo industrial. Também são abordados os aspetos mais específicos relativos ao funcionamento das operações, relacionando as condições operatórias com o seu desempenho. Inclui-se aqui a apresentação de pequenos vídeos que demonstrem o real funcionamento das operações em meio fabril. Esta parte inclui também o estudo de casos reais, promovendo o debate com os alunos. O segundo tipo de exposição de informação teórica é baseado na escrita em quadro das leis que regulam os mecanismos de transferência de massa, energia e

momento e relações que daí derivam. Este segundo tipo torna-se mais efetivo para que o aluno crie o seu próprio suporte documental para estudo, ajudando-o na resolução de problemas.

A componente teórico-prática é introduzida através de aulas intercaladas com as aulas teóricas. Desta forma, logo após a aprendizagem dos aspetos teóricos, os alunos podem consolidar os conhecimentos adquiridos através da resolução de um conjunto de problemas em sala de aula. Para cada capítulo relevante, os alunos recebem fichas com problemas adicionais que deverão resolver autonomamente fora do período de aulas, recorrendo ao professor em caso de necessidade no período de aulas de apoio.

A terceira componente consiste na realização de trabalhos práticos em laboratório, relacionados com algumas das operações unitárias estudadas. Estes trabalhos, permitem colocar em prática os conhecimentos teóricos já aprendidos, através do cálculo de parâmetros necessários ao dimensionamento de equipamentos, assim como ajudarão os alunos a mais facilmente relacionarem variáveis que caracterizam as operações unitárias estudadas.

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

The teaching methodology is based on three components that complement each other.

The theoretical component can be divided into two types of lecturing in the classroom. The first is based on the use of electronic means for the visual projection of information on screen. This is used to describe the overall functioning of the unit operations and explain how these are linked to other steps in the manufacturing process. Are also addressed the more specific aspects concerning the operation of the operations, especially those that relate the operating conditions with performance. Short videos demonstrating the actual functioning of the operations in real industrial environment are also exhibited. This part also includes the study of real cases, promoting the debate with students. The second type of lecturing in class is based on writing in the board. This is used to show the laws regulating the transfer of mass, energy and momentum and relationships which are derived from those laws. This second type of lecturing becomes more effective for the students to create their own text support for study.

The theoretical-practical component is introduced through classes interspersed with lectures. In this way, soon after learning the theoretical aspects, students can apply the obtained knowledge by solving a number of problems in the classroom. For each relevant chapter, additional problems are provided to students, so they can solve by themselves outside of classes, but getting help from the teacher in a tutorial way.

The third component consists in carrying out practical work out in the laboratory, related to some of the unit operations studied. The lab works allow the students to use the obtained theoretical knowledge, through the calculation of parameters necessary for the design of equipment. The lab work will also help students to more easily relate variables that characterize the unit operations which are studied.

Throughout the semester, it is planned to carry out a visit to an industry that include several unit operations studied in classes.

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

1. Azevedo, E. G., & Alves, A. M. (2009). *Engenharia de Processos de Separação*. IST Press.
2. Brown, G. G. (2005). *Unit Operations*. CBS Publishers & Distributors.
3. Richardson, J. F., Harker, J. H., & Backhurst, J. R. (2002). *Coulson and Richardson's Chemical Engineering, vol. 2* (5<sup>th</sup> ed.). Butterworth.
4. Geankoplis, C. J. (2003). *Transport Processes and Separation Process Principles* (4<sup>th</sup> ed.). Prentice-Hall.
5. Ortega-Rivas, E. (2017). *Unit Operations of Particulate Solids: Theory and Practice*. CRC Press.
6. Seader, J. D., & Henley, E. J. (2012). *Separation Process Principles* (3<sup>rd</sup> ed.). John Wiley & Sons.
7. Sparks T., & Chase G. (2015). *Filters and Filtration Handbook* (6<sup>th</sup> ed.). Butterworth-Heinemann.
8. Beckmann, W. (2013). *Crystallization: Basic Concepts and Industrial Applications*. Willy-VCH.

<sup>1</sup> Anual, semestral, trimestral, ...

<sup>2</sup> Número total de horas de trabalho.

<sup>3</sup> Discriminadas por tipo de metodologia adotado (T - Ensino teórico; TP - Ensino teórico-prático; PL - Ensino prático e laboratorial; TC - Trabalho de campo; S - Seminário; E - Estágio; OT - Orientação tutorial; O - Outro).

<sup>4</sup> Assinalar sempre que a unidade curricular seja optativa.