

## Ficha de Unidade Curricular LEQB

### Unidade Curricular

Português

Processos de Separação 1

Inglês

Separation Processes 1

### Total de horas

Teóricas

27

Teórico-práticas

24

Práticas Laboratoriais

9

### Docente Responsável

Nome completo

José Valério do Nascimento Palmeira

### Outros Docentes

Nome completo 1

Ana Sofia Figueiredo

Nome completo 2

Nome completo 3

Nome completo 4

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

*Learning outcomes of the curricular unit*

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.

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 motion through solids and solids 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.

Conteúdos programáticos

*Syllabus*

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. Centrifugação.
7. Fluidização.
8. Movimento de partículas em fluidos.
9. Decantação. Flotação.
10. Lixiviação.
11. Cristalização.
12. Secagem.

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

**Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular**  
*Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's objectives*

A matéria a ser leccionada inicia com uma introdução aos diferentes tipos de operações unitárias que se podem fazer parte de um processo químico/biológico industrial, e dentro destas é realizada uma apresentação mais específica das operações mais comuns envolvendo exclusivamente sólidos e operações envolvendo simultaneamente sólidos e fluidos. Esta introdução permite ao aluno enquadrar as matérias a serem consideradas dentro do curso que frequentam, assim como também relacionar e distinguir de restantes matérias leccionadas noutras disciplinas.

São considerados três capítulos que estudam operações unitárias que envolvem a manipulação exclusiva de sólidos, nomeadamente, as operações que têm como objectivo a redução de tamanho dos sólidos, a sua classificação assim como os diferentes meios de transporte. Nestes capítulos, para além da compreensão dos princípios físicos envolvidos (Ob. 1), os alunos também consideram alguns aspectos de dimensionamento de equipamento e de optimização das condições operatórias (Ob. 4).

Os capítulos 5 e 8 servem de suporte teórico relativamente aos mecanismos de transferência de massa, de energia e de momento presentes nas operações unitárias que envolvem sólidos e fluidos, e que são consideradas em mais detalhe nos capítulos 6, 7 e 9. Com a exposição de matéria destes capítulos, os alunos conseguirão atingir os objectivos 2 e 4.

A exposição de matéria referente aos capítulos 10 a 12, permitirá aos alunos 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, cumprindo assim o objectivo 3.

This course starts with an introduction to the different types of unit operations that can be found in an industrial chemical/biological process and, among those, special attention is given to unit operations that involve exclusively solids and operations that involve simultaneously solids and fluids. This introduction aims to frame to solid-fluid discipline in the overall course, so the student can understand the connection and differences to other topics taught in other disciplines.

After that, several unit operations that involve exclusively solids are considered (chapters 2 to 4). Besides the

consideration of the physical principles in which these operations are based (goal 1), students also learn about equipment sizing and conditions optimization (goal 4).

Chapters 5 and 8 give information about the mass, energy and momentum transfer principles which are present in the unit operations taught with more detail in chapters 6, 7 and 9. By understanding the information given in these chapters, students will be able to achieve goal 2 and 4.

With the information considered in chapters 10 to 12, students will get familiarized about other important unit operations, extending the knowledge with regard the types of solid-fluid operations that can be found in industry. With these chapters, students will achieve goal 3.

#### Metodologias de ensino (avaliação incluída)

##### *Teaching methodologies (including evaluation)*

A leccionação da disciplina está dividida nas seguintes componentes:

Teórica (27h): consideração dos princípios teóricos;

Teórico-prática (24h): resolução de problemas práticos;

Laboratorial (9h): realização de trabalhos práticos em laboratório.

Avaliação contínua:

Ao longo do semestre são realizados 2 testes parciais (MT1, MT2) com a duração de 1h cada.

Após a realização dos trabalhos em laboratório, os alunos produzem relatórios que serão discutidos e avaliados, sendo atribuída uma classificação da componente laboratorial (L).

No final do semestre será realizado um teste mais extenso (T) com a duração de 3 horas.

Com excepção dos testes parciais, os restantes elementos de avaliação (L e T) têm nota mínima de 9,5 valores cada. A nota final (NF) é dada pela seguinte equação:

$$NF = 0.2 (MT1 + MT2) + 0.3 (L) + 0.5 (T)$$

Exame:

A aprovação à disciplina por exame (EX) obedece à seguinte ponderação:  $NF = 0.3 (L) + 0.7 (EX)$ . Ambas as componentes têm nota mínima de 9,5 valores.

The discipline is divided in the following components:

Theoretical (27h): theory concepts are given;

Theoretical-practical (24h): students solve practical problems;

Laboratory (9h): students perform laboratory experiments.

Continuous evaluation:

During the semester, students are evaluated with 2 short written tests (MT1, MT2) with 1 hour duration each.

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

In the end of the semester, students are also evaluated with an extended test (T) of 3 hours duration.

With the exception of the short tests, the remaining evaluation components (L e T) have a minimum classification of 9,5. The final classification (NF) is given by:

$$NF = 0.2 (MT1 + MT2) + 0.3 (L) + 0.5 (EX)$$

Exam:

Approval can also be obtained by exam (EX), with the following ponderation:  $NF = 0,3 (L) + 0,7 (EX)$ . Both components must have a minimum classification of 9,5.

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

##### *Demonstration of the coherence between the teaching methodologies and the learning outcomes*

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 projecção 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 aspectos 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 efectivo 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 aspectos 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 4 dos 5 trabalhos práticos disponíveis no laboratório, relacionados com os temas seguintes: peneiração, movimento de fluídos em sólidos, movimento sólidos em fluidos, fluidização e filtração. Estes trabalhos, permitem por 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. Ao longo do semestre, está prevista a realização de uma visita de estudo dos alunos a uma indústria que seja caracterizada por ter várias das operações unitárias estudadas incluídas no seu processo fabril.

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 4 of the 5 practical work available in the laboratory, related with the following topics: sieving, fluids flow in porous solid beds, solid particle motion in fluids, fluidization and filtration. 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.

### Bibliografia Principal

#### Main Bibliography

1. G. G. Brown, Unit Operations, CBS Publisers & Distributors, 2005
2. J. F. Richardson, J. H. Harker, J. R. Backhurst, Coulson and Richardson's Chemical Engineering, vol. 2, 5th ed., Butterworth, 2002.
3. C. J. Geankoplis, Transport Processes and Separation Process Principles, 4th ed., Prentice-Hall, 2003.
4. Enrique Ortega-Rivas, Unit Operations of Particulate Solids: Theory and Practice, CRC Press, 2017
5. L. Svarovsky, Solid-Liquid Separation, 4th ed., Butterworth, 2000
6. E. G. Azevedo, A. M. Alves, Engenharia de Processos de Separação, 1ª ed.; Editora IST Press, 2009