instituto superior de engenharia de lisboa

Ficha de Unidade Curricular A3ES
Reatores Químicos e Biológicos
Licenciatura em Engenharia Química e Biológica

2025-26

1. Designação da unidade curricular

[4425] Reatores Químicos e Biológicos / Chemical and Biological Reactors

2. Sigla da área científica em que se insere	CEE
3. Duração	Unidade Curricular Semestral
4. Horas de trabalho	135h 00m
5. Horas de contacto	Total: 67h 30m das quais T: 30h 00m | TP: 30h 00m | P: 7h 30m
6. % Horas de contacto a distância	Sem horas de contacto à distância
7. ECTS	5
8. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular	[1763] Luís Miguel Minhalma | Horas Previstas: 120 horas
9. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular	[848] Feliz José Mil-Homens dos Santos | Horas Previstas: 180 horas [1259] José Valério do Nascimento Palmeira | Horas Previstas: 960 horas [1362] Nelson Alberto Frade da Silva | Horas Previstas: 225 horas

10. Objetivos de aprendizagem e a sua compatibilidade com o método de ensino (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes).	1. Identificar os parâmetros importantes no dimensionamento e nas condições de operação de reatores químicos e biológicos. 2. Dimensionar os diferentes tipos de reatores. 3. Identificar e dimensionar os diferentes tipos de acessórios necessários para o bom funcionamento de um determinado reator. Estudar condições mecânicas de arejamento, agitação, aquecimento e arrefecimento nos diferentes tipos de reatores. 4. Integrar conceitos interdisciplinares. Capacidade analítica e crítica. 5. Integrar aspetos tecnológicos e inovativos na construção de reatores.

10. Intended Learning objectives and their compatibility with the teaching method (knowledge, skills and competences by the students).	1. Identify the important parameters in the design and in the operating conditions of the chemical and biological reactors. 2. Design of the different types of reactors. 3. Identify and design the different accessories needed for the optimal running of reactors. Study the aeration, agitation, heating and cooling in different types of reactors. 4. Integrate interdisciplinary concepts. 5. Integrate technological and economical aspects in the construction of reactors.

11. Conteúdos programáticos

1. Introdução aos reatores químicos e biológicos.

2. Revisão de grandezas estequiométricas e de termodinâmica química. Grau de conversão. Balanço energético. Constante de equilíbrio e efeito da temperatura. Cinética Química, de crescimento microbiano e enzimática.

3. Classificação dos Reatores. Princípios do projeto de reatores. Balanços mássicos e entálpicos. Equações características. Tempo de residência e tempo espacial. Classificação de agitadores e seu dimensionamento. Arejamento.

4. Reatores descontínuos monofásicos.

5. Reatores contínuos tubulares (pistão).

6. Reatores contínuos CSTR. Associação em série. Reatores com reciclo.

7. Seleção e comparação entre os diferentes tipos de reatores. Aplicações.

8. Agitação e seu dimensionamento.

9. Transferência de massa em fermentadores, arejamento e determinação dos coeficientes de transferência de massa.

10. Esterilização e sua cinética. Esterilização descontínua e contínua: vantagens e desvantagens. Esterilização de gases.

11. Syllabus

1. Introduction to chemical and biological reactors.

2. Stechiometric definitions. Degree of conversion. Chemical thermodynamics. Energy balances. Chemical equilibrium and effect of temperature. Kinetics in chemical, biological and enzymatic reactions.

3. Classification of reactors. Principles of reactors design. Mass and energy balances. Characteristic equations. Residence and special time. Classification of mixers and their design. Aeration.

4. Monophase batch reactors.

5. Continuous Plug-flow reactors.

6. CSTR Reactors. Association of reactors in series. Recycle.

7. Selection and comparison between different types of reactors. Applications.

8. Agitation and its dimensioning.

9. Mass transfer in fermenters, aeration and determination of mass transfer coefficients.

10. Sterilization. Sterilization methods, its importance and kinetics. Batch and continuous sterilization: advantages and disadvantages. Air sterilization.

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

A lecionação das aulas referentes à introdução aos processos químicos e biológicos, bem como a integração de conhecimentos referentes às reações químicas, biológicas e enzimáticas (pontos 1. e 2. do prog.) permite ao aluno atingir os objetivos 1. e 5., i.e. leva à identificação dos parâmetros mais importantes na operação de reatores e seus acessórios, bem como a avaliação económica dos diferentes tipos de reatores, uma vez que são exploradas todos os aspetos e parâmetros que influem na operação e dimensionamento dos.

A lecionação e resolução de exercícios referentes aos diferentes modos de operação dos diferentes tipos de reatores, pontos 3. a 10. do programa, permite ao aluno atingir os objetivos 2. a 4, dimensionamento de reatores e acessórios, através da demonstração e resolução de múltiplos balanços de massa e energia, e da utilização de conhecimentos adquiridos noutras UCs, nomeadamente nas UCs das áreas da termodinâmica, química-física, microbiologia e fenómenos de transferência.

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

The teaching, in the first classes, relative to the introduction of the chemical and biological reactive processes and the integration of previously acquired knowledge regarding chemical, biological and enzymatic reactions (points 1. and 2. of the program) allows the student to reach goals 1. and 5., i.e. at this point the students should be able to identify the most important parameters in the operation of reactors and of their accessories, and should also be able to access a preliminary economic evaluation of the reactors and their operation, as all the aspects related to the dimensioning and operation of chemical, biological and enzymatic reactors are explored.

The teaching of the items 3. to 10. of the syllabus allows the student to attain the goals 2. to 4., through the demonstration and resolution of multiple mass balances and recurring to the knowledge acquired in previous CUs, like Thermodynamics, Physical-Chemistry, Microbiology and Transport Phenomena.

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

Nas aulas T são transmitidos os conhecimentos e as ferramentas essenciais com o apoio de slides e quadro branco. As aulas TP contemplam a resolução de exercícios. Nas aulas práticas serão realizados 2 trabalhos laboratoriais.

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

In the T classes, essential knowledge and tools are transmitted with the support of slides and whiteboards. The TP classes include the resolution of exercises. In the practical classes, 2 laboratory works will be carried out.

14. Avaliação

A avaliação é efetuada por avaliação distribuída com exame final. Na avaliação teórica distribuída ao longo do período letivo (TE), são realizados dois testes escritos. Os estudantes ficam dispensados do exame final (EF), caso a avaliação (TE) >= 9.50 val.. A componente laboratorial (CL) é avaliada através de: desempenho (20%); 1 relatório por cada trabalho laboratorial (30%), 1 poster (20%) e apresentação oral (30%).

Para obter aprovação, a média mínima dos TE é de 9,50 val. (classificação mínima de cada um dos testes é 8,00 val.); a classificação mínima da CL e do EF é 9,50 val.. A classificação final mínima (CF) é 9,50 val. e é obtida por: CF=0,8TE+0,2CL ou CF=0,8EF+0,2CL.

14. Assessment

The evaluation is carried out by distributed evaluation with a final exam. In the theoretical distributed assessment throughout the academic period (TE), two tests are carried out. Students are exempt from the final exam (EF), if the evaluation (TE) >= 9.50 val.. The laboratory component (CL) is evaluated by: performance (20%) ; 1 report for each laboratory work (30%), 1 poster (20%) and oral presentation (30%).

To be approved, the minimum simple average of the TE is 9.50 val. (minimum classification of each component is 8.00 val.); the minimum CL and EF score is 9.50 val.. The minimum final grade (CF) is 9.50 val. and is obtained by: CF=0.8TE+0.2CL or CF=0.8EF+0.2CL.

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

As aulas teóricas são essenciais a uma rigorosa e completa cobertura dos tópicos do programa, os quais surgem como resposta a situações e problemas práticos. A resolução de exercícios em contexto de aula permite ilustrar a aplicação prática dos conceitos e ferramentas estudados, ao mesmo tempo que se aprofundam os conhecimentos teóricos.

As aulas teóricas são dadas com recurso a meios informáticos de projeção de modo a que seja facilitada a projeção de figuras. As projeções são acompanhadas com explicação verbal e escrita complementar no quadro. Os alunos são desafiados à participação e a aula é interrompida sempre que haja dúvidas de modo a que sejam resolvidas de imediato.

As aulas teórico-práticas envolvem a execução de exercícios de aplicação onde será colocado aos alunos o desafio na procura de soluções para um problema.

As listas de exercícios disponibilizadas, pela sua organização, conteúdo e diversidade do grau de dificuldade, permitem ao aluno acompanhar minuciosamente todos os tópicos da matéria e são o principal instrumento do estudo individual. Os exercícios que as constituem são os adequados ao desenvolvimento das capacidades de cálculo e raciocínio dedutivo.

As aulas lecionadas em laboratório (3) visam demonstrar e proporcionar ao aluno a operação de diferentes reatores, químicos e biológicos, sendo realizados trabalhos com reatores contínuos e descontínuos, e com reações químicas, enzimáticas e biológicas. Os conceitos teóricos são aplicados aos dados obtidos nos trabalhos laboratoriais e a sua análise é feita sob três formas diferentes de exposição: relatório escrito, poster e apresentação oral.

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

Lectures are essential to a correct and comprehensive coverage of all topics of the syllabus, while in-class solution of exercises allows for a successful application of the theoretical knowledge to practical problems.

Theoretical classes are given with the use of computer and data show in order to facilitate the projection of figures and tables and the use of dynamic films and/or systems to make it easier to understand the phenomena that occur in the dynamics of systems. The projections are accompanied by a verbal and written explanation on the board. Students are challenged to participate, and the class is interrupted whenever doubts are raised so that they can be clarified promptly.

Theoretical-practical classes involve the execution of application exercises where students will be challenged to find solutions for a given problem.

By their organization, contents and diversity in the degree of difficulty, the exercises sheets allow students to closely monitor all topics of the syllabus and are the main tool regarding

individual study. The exercises that constitute them are suited for the development of calculus and deductive reasoning.

The laboratory classes (3) envisage the demonstration to the student of the operation of different reactors, chemical or biological, being these experiments carried out in continuous or batch reactors and with chemical, enzymatic, and biological reactions. The theoretical concepts are applied to the data obtained in the laboratory and their analysis is done under three different forms of exposition: written report, poster and oral presentation.

16. Bibliografia de consulta/existência obrigatória

1. P. Doran, Bioprocess Engineering Principles, Academic Press, 2013.

2. A.M.N. dos Santos, Reatores Químicos, Fundação Calouste Gulbenkian, 1990.

3. O. Levenspiel, Chemical Reaction Engineering, 3rd ed., John Wiley & Sons, 1999.

4. F. Lemos, J. M. Lopes, F. Ramôa Ribeiro, Reatores Químicos, Coleção Ensino da Ciência e Tecnologia, IST, 2002.

5. H.S. Fogler, Elements of Chemical Reaction Engineering, 4th ed., Prentice Hall International, 2006.

6. P. Trambouze, J. Euzen, Chemical Reactors from Design to Operation; E. Technip 2004.

7. M. Mota, N. Lima, Biotecnologia: Fundamentos e Aplicações, Lidel Ed Técnicas, 2003.

8. G. Tchobanoglous, F. L. Burton (Ed.), H. D. Stensel, 4th ed., Wastewater Engineering: Treatment and Reuse, McGraw-Hill, Engineering: Treatment and Reuse, McGraw-Hill, 2013.

9. J. B. Rawlings, J. G. Ekerdt, 2 nd ed., Chemical Reactor Analysis and Design Fundamentals, Nob Hill Publishing, LLC, 2020.

17. Observações

Unidade Curricular Obrigatória

Data de aprovação em CTC: 2025-07-30

Data de aprovação em CP: 2025-07-29