

**Unidade Curricular (português):**

Processos Industriais

**Curricular unit (inglês):**

Industrial Processes

**Docente responsável**

**Nome completo:** José Virgílio de Sousa Coelho Prata

**Número de horas de contacto na unidade curricular:** 32

**Outros docentes:**

Elisabete Bastos Alegria - 12

António Jorge Velez Marques – 8

Rita Isabel Dias Pacheco - 8

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

Após a aprovação na unidade curricular, o estudante deverá possuir a capacidade de:

1. Caracterizar as fontes de matéria-prima de origem fóssil e renovável, suas utilizações e limitações numa perspetiva sustentável.
2. Identificar e descrever os principais processos químicos e biológicos associados às indústrias do petróleo, gás natural e carvão, indústrias petroquímicas a jusante, e biorefinarias integradas.
3. Compreender e descrever as principais vias (bio)sintéticas e processos industriais utilizados na obtenção de produtos químicos e biológicos.
4. Compreender a necessidade do desenvolvimento de processos químicos e/ou biológicos mais verdes e integrados para a implementação da sustentabilidade através da inovação.
5. Identificar e compreender os problemas de ambiente, saúde e segurança mais comuns relacionados com os processos industriais e saber avaliar alternativas de matérias-primas e processos baseados nos princípios e métricas da engenharia verde.

**Learning outcomes of the curricular unit:**

Upon approval, the student should be able to:

1. Characterize the fossil and renewable resources for the chemical industry, their use and limitations in a sustainable perspective.

2. Identify and describe the main chemical/biological processes related to the crude oil, natural gas and coal processing industries and downstream petrochemical industries and integrated biorefineries.

3. Understand and describe the main (bio)synthetic routes and industrial processes leading to chemical and biologic products.

4. Understand the need for the development of greener and integrated chemical and/or biological processes as part of the tools to drive sustainability through innovation.

5. Identify and understand most common environmental, health and safety issues when considering industrial processes and evaluate alternative materials and processes based on green engineering principles and metrics.

#### **Conteúdos programáticos:**

1. Fontes não-renováveis de matéria-prima; petróleo, carvão e gás natural. Produtos derivados. Principais processos e operações. Processos de fabrico de unidades C1 a C4, aromáticos e derivados.

2. Indústrias Inorgânicas. Produtos inorgânicos de base e de especialidade. Indústrias do Vidro, Cerâmicos, Cimento e Adubos. Metais e catalisadores metálicos. Produção e mercados.

3. Fontes renováveis de matéria-prima; biomassa vegetal. Biopolímeros. Indústria de celulose. Biocombustíveis. Processos e mercados. Biorefinarias integradas.

4. Biocatálise e Bioprocessos. Aplicações nas indústrias Biofarmacêutica, Química Fina e Alimentar.

5. Indústrias de Química Fina. Processos e vias sintéticas nas indústrias de Corantes, Agroquímica e Farmacêutica. Desenvolvimento, regulação e produção. Estudo de casos de engenharia verde nas indústrias de química fina. Métricas químicas e de processo.

#### **Syllabus:**

1. Non-renewable resources. Crude oil, coal and natural gas. Derived chemicals. Main processes and operations. Down-stream chemicals; C1 to C4, aromatics, and derivatives.

2. Inorganic Chemicals Industry. Inorganic-based commodities and speciality products. Glasses, ceramics, cement and fertilizers industries. Metals and metal-based catalysts. Production and markets.

3. Renewable resources; vegetal biomass. Biopolymers. Cellulose industry. Biofuels. Processes and markets. Integrated biorefineries.

4. Biocatalysis and Bioprocesses. Applications to Biopharmaceutical, Fine Chemicals and Food Industries.

5. Fine Chemicals Industries. Processes and synthetic routes in dyes, agrochemicals and pharmaceuticals. Development, regulation and production. Green engineering case studies in fine chemicals industries. Chemistry and process metrics.

**Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos da unidade curricular:**

O objetivo fundamental de aprendizagem é proporcionar aos estudantes uma visão global aprofundada dos processos, e das transformações químicas/biológicas associadas, que correntemente sustentam as indústrias químicas e biotecnológicas. Ao longo do programa, uma visão holística, conectiva e integrada dos vários tópicos da UC, desde a química e biologia sintéticas, processos e operações, à sustentabilidade industrial, é fortemente enfatizada, contribuindo claramente para os resultados a alcançar.

Nesse sentido, os conteúdos programáticos foram desenhados de modo a providenciar aos estudantes uma forte base de conhecimento na área dos processos industriais chave, os quais englobam: 1. Processos e operações correntes e emergentes do gás natural, petróleo e carvão; 2. Petroquímica, produtos químicos da fileira e produtos derivados; 3. Produtos inorgânicos de base e de especialidade; fontes de matéria-prima, processamento e aplicações; indústrias transformadoras de metais e produções derivadas. 3. Fontes renováveis de matérias-primas. Processos clássicos e emergentes para a produção de produtos de base e especialidade. Processos envolvendo biopolímeros naturais e modificados; a indústria de celulose. Biocombustíveis e tecnologias associadas. Biorefinarias modelo. 4. Bioprocessos e biocatálise. Perspetiva global dos principais bioprocessos tecnológicos subjacentes às indústrias biofarmacêuticas, química fina e alimentar. Produção industrial de enzimas e biocatálise. Sustentabilidade das biotransformações. 5. Processos e vias sintéticas conducentes a produtos de química fina. Análise global de processos selecionados das indústrias de corantes, agroquímica e farmacêutica. Processos tecnológicos correntes e emergentes. Estudos de caso aplicando os princípios da engenharia verde com vista ao incremento da sustentabilidade de materiais e processos.

**Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's objectives:**

The fundamental learning objective is to provide the students with a deep overall view of the processes and associated chemical/biochemical transformations that currently underpin the chemical and biochemical industries. An holistic, interconnected and integrated view of the several course subjects, from synthetic chemistry and biology, processes and operations, to industrial sustainability, is strongly emphasized along the course syllabus, clearly contributing to the expected outcomes.

For that purpose, the syllabus contents were designed in order to provide a strong background to the students in the realm of key industrial processes, which encompasses: 1. The natural gas, crude oil and coal current and emerging processes and technologies; 2. Petrochemistry, downstream chemicals, and products thereof; 3. Inorganic-based commodities and speciality products. Raw materials sources, processing and applications. Metal processing industries and derived outputs; 3. Renewable feedstocks. Classical and emerging processes for production of commodity and speciality chemicals. Processes involving natural and modified biopolymers; the

cellulose industry. Biofuels and associated technologies. Model Biorefineries. 4. Bioprocesses and biocatalysis. Overview of the main technological processes underlying the biopharmaceutical, fine chemicals and food industries. Industrial enzyme production and biocatalysis. Sustainability in biotransformations. 5. Processes and synthetic routes leading to fine chemicals. Overview of selected processes from dye, agrochemical and pharmaceutical industries. Current and emerging technological processes. Case studies applying green engineering principles toward enhanced materials and processes sustainability.

#### **Metodologias de Ensino (avaliação incluída):**

A metodologia de ensino compreenderá a lecionação expositiva assegurada por professores especializados nas várias áreas que compõem o programa e suportada por meios áudio-visuais, sendo acompanhada pela análise de casos de estudo retirados de contextos industriais. Adicionalmente os estudantes prepararão ao longo do semestre uma monografia sob a supervisão de um professor. A avaliação será realizada através de testes parciais (T), subdivididos por cinco tópicos do programa (duração total da avaliação até 4h), com classificação média ponderada mínima de 10 (65% da classificação final (NF)), e a elaboração, apresentação e discussão públicas de uma monografia (M) (35% da NF). Aprovação com NF mínima de 10.

$$NF = (T \times 0.65) + (M \times 0.35) \geq 10$$

A avaliação por exame é composta por um exame escrito final (FE) (65% da NF) e a elaboração, apresentação e discussão pública de uma monografia (M) (35% da NF). Aprovação com NF mínima de 10.  $NF = (FE \times 0.65) + (M \times 0.35) \geq 10$

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

Lectures will be based on expositive theoretical lessons assured by professors with specialized background on the several syllabus topics and supported by audio-visual resources, accompanied by the analysis of case-studies retrieved from industrial contexts. Additionally, the students will prepare along the semester a monograph under professor supervision. The assessment will be done through partial tests (T), subdivided into five syllabus topics (total evaluation time up to 4h), with a minimum weighted score of ten (65% of the final grade (NF)) and the elaboration and public presentation and discussion of a monograph (M) (35% of NF).

Approval is achieved with a grade of 10 as a minimum.

$$NF = (T \times 0.65) + (M \times 0.35) \geq 10$$

The final exam evaluation is composed by a written final exam (FE) (65% of NF) and the elaboration, public presentation and discussion of a monograph (M) (35% of NF). Approval is achieved with a grade of 10 as a minimum.  $NF = (FE \times 0.65) + (M \times 0.35) \geq 10$

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

Os objetivos de aprendizagem são fortemente baseados na lecionação teórica expositiva com recurso a meios multimédia, a qual é essencial para uma cobertura compreensiva de todos os

tópicos do programa. Devido à natureza extensiva e diversificada do programa, cobrindo de modo compreensivo os processos químicos e biológicos associados às várias indústrias químicas e biotecnológicas, a lecionação é assegurada por professores especializados nas diversas áreas do programa. Para além da bibliografia geral que consta na presente ficha, em cada tópico especializado de matéria são disponibilizados aos estudantes handouts e outro material de apoio à compreensão dos conteúdos e conceitos, designadamente as Melhores Técnicas Disponíveis para cada indústria, permitindo ao estudante aplicado um acompanhamento sistemático e organizado de toda a matéria ao longo do curso. Os estudantes são mobilizados desde o início do semestre para a realização de um estudo monográfico integrado nos conteúdos programáticos, que procura um aprofundamento do conhecimento científico e tecnológico num determinado tema, indo para além da matéria teórica lecionada, em particular em áreas científicas e/ou tecnológicas emergentes relacionadas com os processos industriais, possibilitando adicionalmente o desenvolvimento das capacidades de pesquisa bibliográfica em bases de dados científicas entretanto consultadas para a realização da monografia. Este trabalho é complementado com a apresentação e discussão pública recorrendo a meios de multimédia correntes.

A metodologia de ensino implementada e o modelo de avaliação são baseados na aprendizagem individual e também na aprendizagem em grupo. A primeira resultará do acompanhamento e estudo contínuo das matérias lecionadas em sala de aula com o auxílio da bibliografia recomendada e outros meios de apoio e a segunda através da análise e discussão em grupo de tópicos específicos relevantes para a UC aquando da preparação e apresentação dos trabalhos monográficos. Estes dois vetores permitirão ao estudante atingir com a profundidade adequada os vários objetivos de aprendizagem definidos.

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

The learning outcomes are strongly based on expositive lectures supported by multimedia presentations which are essential to a comprehensive coverage of all the syllabus topics. Due to their extensive and diversified nature, which cover comprehensively the chemical and biological processes associated to various chemical and biotechnological industries, lecturing is accomplished by specialized professors covering the several areas of the syllabus topics. Besides the general bibliography found in the current sheet, handouts and other supporting study material, namely the Best Available Techniques regarding any particular industry, are made available to the students in each topic in order to contribute to the understanding of contents and concepts, allowing the applied student to undergo a systematic and organized study of the topics throughout the course.

A monograph assignment, as an integrative application of part of the syllabus topics, is distributed to the students from the beginning of the course. This work is expected to deepen the student's scientific and technological knowledge on some particular subject beyond those lectured, in particular in emerging scientific and/or technological areas related to industrial processes, allowing interalia the development of literature search skills on scientific databases meanwhile checked for the monograph accomplishment. This work is complemented by its public presentation and discussion with the help of the usual multimedia supports.

The implemented teaching methodology and the evaluation model are based on individual learning and also in group learning. The first of them is a result of the continuous follow-up study of lectured class topics with the help of recommended bibliography and other available learning supports and the second through the in-group analysis and discussion of specific topics relevant to the course while preparing and presenting the monographs. These two paths will allow the student to accomplish in a very appropriate manner the previously defined learning goals.

**Bibliografia principal:**

1. Matar, S., Chemistry of Petrochemical Processes, 2nd ed., Gulf Publishing Company, 2000.
2. Weissermel, K., Arpe, H. J., Industrial Organic Chemistry, 4th ed. Wiley-VCH, 2003.
3. Szmant, H. H., "Organic Building Blocks of the Chemical Industry", John Wiley & Sons, 1989.
4. Büchel, K. H., Moretto, H. H., Woditsh, P., " Industrial Inorganic Chemistry", 2nd ed., Wiley-VCH, 2000.
5. Jiménez-González, C., Constable, D. J. C., Green Chemistry & Engineering: A Practical Design Approach, Wiley, 2011.
6. Wertz, J.-Luc, Bédué, O., Lignocellulosic Biorefineries, EPFL Press, 2013.
7. Sharma, S. K., Mudhoo, A., A Handbook of Applied Biopolymer Technology. Synthesis, Degradation and Applications, RSC Publishing, 2011.
8. Ek, M., Gellerstedt, G., Henriksson, G., Pulping Chemistry and Technology, Walter de Gruyter, 2009.
9. Walsh, G., Biopharmaceuticals, 2nd ed., Wiley, 2003.
10. Lima, N., Mota, M., Biotecnologia - Fundamentos e Aplicações, Lidel Edições Técnicas, 2003.

