

## Ficha de Unidade Curricular MEQB

## Unidade Curricular

Português

Ciência e Tecnologia de Polímeros

Inglês

Polymer Science and Technology

## Total de horas

Teóricas

45

Teórico-práticas

Práticas Laboratoriais

## Docente Responsável

Nome completo

José Virgílio de Sousa Coelho Prata

Nº horas de contacto

45

## Outros Docentes

Nome completo 1

Horas de contacto

Nome completo 2

Horas de contacto

Nome completo 3

Horas de contacto

Nome completo 4

Horas de contacto

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

Português

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

1. Calcular e interpretar o significado das massas molares médias ( $M_n$  e  $M_w$ ), grau de polimerização e índice de polidispersidade. Conhecer os métodos de determinação de  $M_n$  e  $M_w$  e o âmbito da sua aplicação.
2. Interpretar e descrever os principais tipos de polimerização e cinéticas associadas.
3. Identificar, descrever e aplicar as principais técnicas de polimerização.
4. Estabelecer correlações estrutura-propriedades-função para os principais tipos de polímeros estruturais e funcionais.
5. Saber como são aplicados os diversos métodos de análise e caracterização estrutural de polímeros e interpretar os resultados obtidos.
6. Descrever os tipos de reactores de polimerização mais comuns, identificando as especificidades requeridas para cada tipo de polimerização.
7. Descrever as principais tecnologias de processamento de polímeros em função das propriedades do polímero e das suas aplicações.

Inglês

Upon approval, the student should be able to:

1. Calculate and interpret the meaning of average molar masses ( $M_n$  and  $M_w$ ), degree of polymerization and polydispersity; describe the methods of determination of  $M_n$  and  $M_w$  and their scope.
2. Interpret and describe the main types of polymerization mechanisms and their associated kinetics.
3. Identify, describe and apply the main polymerization techniques.
4. Establish structure-properties-function correlations for the main types of structural and functional polymers.
5. Know how the various methods of analysis and characterization of polymers are applied and interpret the outcomes.
6. Describe the most common types of polymerization reactors, identifying the required specificities for each polymerization type.
7. Describe the main polymer processing technologies as a function of polymer properties and their applications.

Conteúdos programáticos

Português

1. Princípios de Química Macromolecular. Homopolímeros e copolímeros. Polímeros lineares, ramificados, entrecruzados e de rede. Relação com propriedades físicas e mecânicas.  
 2. Estrutura, caracterização e propriedades de polímeros. Estereoquímica e taticidade. Métodos de caracterização estrutural de polímeros. Análise térmica. Morfologia de polímeros. Propriedades físicas e mecânicas. Massas molares médias ( $M_n$ ,  $M_w$ ) e sua distribuição. Polidispersidade. Métodos experimentais para a determinação de  $M_n$  e  $M_w$ .  
 3. Síntese de polímeros. Polimerização de crescimento por passos e por abertura de anel. Polimerização por crescimento de cadeia. Polimerização radicalar. Polimerização iónica. Polimerização de coordenação. Cinéticas e mecanismos. Técnicas de polimerização homogénea e heterogénea.  
 4. Tecnologia e indústria de polímeros. Reactores de polimerização. Tecnologias de processamento de polímeros. Processos de reciclagem de polímeros. Produção, mercados e sectores de aplicação.

Inglês

1. Principles of Macromolecular Chemistry. Homopolymers and copolymers. Linear, branched, crosslinked and network polymers. Interrelationships with physical and mechanical properties.  
 2. Polymers' structure, characterization and properties. Stereochemistry and tacticity. Methods for the structural characterization of polymers. Thermal analysis. Polymer morphology. Physical and mechanical properties. Average molar masses ( $M_n$ ,  $M_w$ ) and their distribution. Polydispersity. Experimental methods for the determination of  $M_n$  and  $M_w$ .  
 3. Polymer synthesis. Step-growth and ring-opening polymerizations. Chain-growth polymerization. Radical polymerization. Ionic polymerization. Coordination polymerization. Kinetics and mechanisms. Homogeneous and heterogeneous polymerization techniques.  
 4. Polymer technology and industry. Polymerization reactors. Polymer processing technologies. Polymers' recycling. Production, markets and application sectors.

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

Português

Os Objectivos de aprendizagem 1-7 seguem de modo geral uma relação unívoca com os conteúdos programáticos 1-4, sendo auto-explicativa a sua relação. Uma visão global aprofundada de várias áreas associadas à ciência e tecnologia de polímeros constitui-se como o objectivo fundamental de aprendizagem a proporcionar aos estudantes. Nesse sentido, os conteúdos programáticos foram desenhados de modo a providenciar aos estudantes uma forte base de conhecimento sobre um conjunto diversificado de tópicos, os quais englobam:  
 1. A descrição dos princípios da química macromolecular: i. Definições e nomenclatura; ii. Tipos de homopolímeros e copolímeros (aleatórios, alternados, em bloco e de enxerto); iii. Arquitecturas moleculares. Polímeros lineares, ramificados, entrecruzados e de rede. Relação com propriedades físicas e mecânicas; iv. Polímeros estruturais e funcionais. Polímeros naturais e sintéticos.  
 2. Estrutura, caracterização e propriedades: i. Estereoquímica e taticidade; ii. Métodos de caracterização estrutural de polímeros (FT-IR, Raman, NMR, UV-vis e Fluorescência); iii. Propriedades térmicas. Cristalinidade. Métodos de análise térmica (TGA, DTA, DSC); iv. Morfologia de polímeros. Propriedades mecânicas (tensão, compressão, impacto; módulo elástico) e sua variação com a temperatura; v. Propriedades físicas. Solubilidade; relações de energia livre. Volume hidrodinâmico e raio de giração. Equações de Flory-Fox e Mark-Houwink-Sakurada; vi. Massas molares médias ( $M_n$ ,  $M_w$ ), sua distribuição e polidispersidade. Métodos de determinação experimental de massas molares médias. Métodos absolutos e relativos (análise de grupos terminais, osmometria de membrana, light scattering, espectrometria de massa (MALDI-MS), viscosimetria e cromatografia de permeação em gel).  
 3. Síntese de polímeros: i. Polimerização de crescimento por passos e por abertura de anel; ii. Polimerização por crescimento de cadeia. Polimerização e copolimerização radicalar. Polimerização catiónica e aniónica; iii. Polimerização de coordenação; iv. Cinética e mecanismos das diversas polimerizações; v. Controlo da massa molar média. Polimerizações vivas; vi. Principais técnicas de polimerização homogénea e heterogénea (em massa, solução, interfacial, suspensão e emulsão) e correlação estrutura/morfologia-propriedades.  
 4. Tecnologia e Indústria de Polímeros: i. Reactores de polimerização (descontínuo, PFR e CSTR). Características e desempenho dos reactores associados aos vários processos de polimerização; ii. Tecnologias de processamento de polímeros (extrusão, moldagem por injeção e sopro, filmificação, termoformação, moldagem por compressão e transferência) e equipamento; iii. Degradação de materiais poliméricos e prevenção; iv. Processos de reciclagem de polímeros sintéticos; v. Polímeros: factos e números. Produção, mercados e sectores de aplicação.

Inglês

The learning outcomes 1-7 follow in general an unequivocalness relationship with the syllabus topics 1-4 and are thus self-explanatory. The fundamental learning objective is to provide the students with a deep overall view of the several areas related to the polymer science and technology. For that purpose, the syllabus contents were designed in order to provide a strong background to the students in various subjects, which comprehend:  
 1. A description of the Principles of Macromolecular Chemistry: i. Definitions and nomenclature; ii) Homopolymer and copolymer types (random, alternating, block and graft); iii. Molecular architectures. Linear, branched, crosslinked and network polymers. Interrelationships with physical and mechanical properties; iv. Structural and functional polymers. Natural and synthetic polymers.  
 2. Polymers' structure, characterization and properties: i. Stereochemistry and tacticity; ii. Methods for the structural characterization of polymers (FT-IR, Raman, NMR, UV-vis and Fluorescence); iii. Thermal properties. Crystallinity. Thermal analysis methods (TGA, DTA, DSC); iv. Polymer morphology. Mechanical properties (tensile and compressive strength, flexural strength, impact resistance and elastic modulus) and their change with temperature; v. Physical properties. Solubility; free-energy relationships. Hydrodynamic volume and radius of gyration. Flory-Fox and Mark-Houwink-Sakurada equations; vi. Average molar masses ( $M_n$ ,  $M_w$ ), their distribution and polydispersity. Experimental methods for the determination of  $M_n$  and  $M_w$ . Absolute and relative methods (end-group analysis, membrane osmometry, light scattering, mass spectrometry (MALDI-MS), viscosimetry, and gel permeation chromatography).  
 3. Polymer synthesis: i. Step-growth and ring-opening polymerizations; ii. Chain-growth polymerization. Radical polymerization and copolymerization. Cationic and anionic polymerization; iii. Coordination polymerization; iv). Kinetics and mechanisms; v. Control of average molar masses. Live polymerizations; vi. Main homogeneous and heterogeneous polymerization techniques (bulk, solution, interfacial, suspension and emulsion), and structure/morphology-properties correlations.  
 4. Polymer technology and industry: i. Polymerization reactors (batch, PFR and CSTR). Features and performance of polymerization reactors; ii. Polymer processing technologies (extrusion, injection and blow molding, filmification, thermoforming, transfer and compression molding) and equipment; iii. Polymers' degradation and prevention; iv. Synthetic polymers' recycling; v. Polymers: facts and numbers. Production, markets, and application sectors.

#### Metodologias de ensino (avaliação incluída)

##### Português

O ensino é baseado em aulas teóricas expositivas com recurso a meios multimédia e na apresentação e discussão sistemática de trabalhos de grupo relativos a vários tópicos do programa, exigindo um constante empenho do estudante na aprendizagem e o desenvolvimento concomitante de capacidades analíticas e de síntese da bibliografia.

A avaliação contínua é constituída por duas componentes: 3-4 trabalhos (TG) de grupo, com apresentação e discussão oral ao longo do semestre, correspondendo a 40% da nota final (NF) e um teste (T) (60% NF), com classificação mínima de 10 em qualquer componente. Aprovação com NF mínima de 10.  $NF = (TG \times 0.4) + (T \times 0.6) \geq 10$

A avaliação por exame é constituída por duas componentes: 3-4 trabalhos (TG) de grupo, com apresentação e discussão oral ao longo do semestre, correspondendo a 40% da nota final (NF) e um exame escrito (FE) (60% NF), com classificação mínima de 10 em qualquer componente. Aprovação com NF mínima de 10.  $NF = (TG \times 0.4) + (FE \times 0.6) \geq 10$

##### Inglês

Lectures are based on theoretical expositive classes supported by multimedia resources and on the regular presentation and discussion of group-work assignments related to various syllabus topics. This model requires a constant commitment of the student toward his learning and the concomitant development of bibliographic analytical and synthetic skills.

The continuous evaluation is based in two components: 3-4 group-work assignments (TG) (40% of final grade (NF)), with presentation and discussion along the semester, and a written test (T) (60% of NF), with a minimum score of 10 in each component. Approval with a grade of 10, as a minimum.

$NF = (TG \times 0.4) + (T \times 0.6) \geq 10$

The final exam (FE) evaluation comprises two components: 3-4 group-work assignments (TG) (40% of NF) with presentation and discussion along the semester, and a written exam (FE) (60% of NF), with a minimum score of 10 in each component. Approval with a grade of 10, as a minimum.

$NF = (TG \times 0.4) + (FE \times 0.6) \geq 10$

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

##### Português

O ensino é baseado em aulas teóricas expositivas suportadas em meios áudio-visuais e na apresentação e discussão sistemática de trabalhos de grupo (ca. 3-4 trabalhos/grupo durante um semestre) relativos a vários tópicos do programa, exigindo por parte dos estudantes um constante empenho na aprendizagem ao longo do semestre. Adicionalmente, com este modelo, quer as capacidades analíticas e de síntese de material bibliográfico quer as capacidades de expressão e comunicação verbal dos conteúdos científicos e técnicos do seu trabalho serão asseguradas. Outro aspecto relevante associado à metodologia de ensino e aos objectivos da aprendizagem reside no facto de se realizarem pelo menos duas visitas de estudo a unidades industriais de grande dimensão a nível nacional (nas últimas edições do curso as visitas foram realizadas à FISIPE, Fibras Sintéticas de Portugal, S.A. e à RESIQUÍMICA - Resinas Químicas, S.A.) que certamente contribuirão para a consolidação de conhecimentos entretanto apreendidos, em ambiente industrial.

O modelo de avaliação em curso, compreendendo as componentes de teste e/ou exame e a apresentação regular de trabalhos científicos integrados nos conteúdos programáticos, permite por outro lado aferir convenientemente da satisfação dos objectivos de aprendizagem fixados.

##### Inglês

The course is basically taught in theoretical expositive lectures supported by audio-visual resources and on the regular presentation and systematic discussion of group-work assignments (ca. 3-4 works/group during one semester) related to several syllabus topics, requiring a constant commitment in the learning process throughout the course by the students. Moreover, with this model, not only the analytical and synthetic skills related to literature searches but as well the expression and communication capabilities of the students are certainly fostered. Another relevant aspect associated with the teaching methodologies and the learning outcomes is associated to the fact that during the course at least two technical visits to medium/large polymer factories are normally schedule (in the past two editions of the course, FISIPE, Fibras Sintéticas de Portugal, S.A. and RESIQUÍMICA – Resinas Químicas, S.A. were visited) which definitely help the consolidation of knowledge meanwhile acquired, in an industrial environment.

The present evaluation model, comprising the test and/or exam and the regular presentation of scientific works integrated in the syllabus contents allow in addition a convenient monitoring of the learning outcomes.

#### Bibliografia Principal

1. Carraher, Jr., C. E., Polymer Chemistry, 7th ed., CRC Press, 2008.
2. Ebevele, R. O., Polymer Science and Technology, CRC Press, 2000.
3. Campbell, I. M., Introduction to Synthetic Polymers, 2nd ed., Oxford University Press, 2000.
4. Braun, D., Cherdron, H., Rehahn, M., Ritter, H., Voit, B., Polymer Synthesis: Theory and Practice, 4th ed., Springer, 2005.