

Ficha de Unidade Curricular LEQB

Unidade Curricular

Português

Biossensores

Inglês

Biosensors

Total de horas

Teóricas

15

Teórico-práticas

15

Práticas Laboratoriais

15

Docente Responsável

Nome completo

Nelson Alberto Frade da Silva

Outros Docentes

Nome completo 1

Amin Mahamede S. Vissangi Karmali

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

Após a aprovação nesta unidade curricular o aluno deve:

1. Entender a definição de biossensor, conhecer os elementos que fazem parte da sua constituição e as diversas áreas de aplicação desta tecnologia;
2. Entender a estrutura, função biológica e reactividade dos diversos bioreceptores utilizados na montagem de um biossensor;
3. Entender os princípios das técnicas de transdução utilizadas na montagem de um biossensor;
4. Conhecer as metodologias de imobilização do bioreceptor;
5. Classificar os biossensores quanto ao bioreceptor e elemento de transdução;
6. Conhecer os designs tipicamente utilizadas na montagem de um biossensor e diferenciar as detecções do tipo directa e indirecta;
7. Conhecer a evolução histórica da tecnologia, designadamente os biossensores de 1ª, 2ª e 3ª geração utilizados na medição da glucose no sangue;
8. Conhecer os desenvolvimentos recentes na área dos biossensores, designadamente ao nível da conjugação desta tecnologia com nanomateriais.

After being approved in this course unit, the students should be able to:

1. Understand the definition of biosensor, its main elements and the areas where biosensors are used;
2. Understand the structure, biological function and reactivity of the bioreceptors typically used in biosensors;
3. Understand the principles of the transduction techniques used in biosensor technology;
4. Know the methodologies used for bioreceptor immobilization;
5. Classify the biosensors regarding the used bioreceptor and transduction technique;
6. Know the typical biosensor designs and also differentiate between direct and indirect detection modes;
7. Know the historical evolution of this technology, namely the 1st, 2nd and 3rd generation biosensors used in blood glucose measurement;
8. Know the recent developments in biosensors, especially in what the conjunction of this technology with nanomaterials it concerns.

Conteúdos programáticos

Syllabus

1. Biossensor: definição e elementos constituintes: bioreceptor, transdutor e processamento de sinal;
2. Tipos de bioreceptores: revisões sobre proteínas e ácidos nucleicos;
3. Evolução histórica da tecnologia. Biossensores de 1ª, 2ª e 3ª geração;
4. Metodologias de imobilização do bioreceptor: adsorção física, ligação covalente, ligação covalente cruzada, confinamento em polímeros e membranas semi-permeáveis, encapsulamento em géis;
5. Técnicas de transdução: electroquímica (amperométrica, potenciométrica e condutimétrica), calorimétrica, óptica e piezoelétrica;
6. Classificação dos biossensores quanto ao elemento de reconhecimento biológico: biossensores catalíticos e biossensores não catalíticos ou de afinidade;
7. Designs e arquiteturas envolvidas na montagem de um biossensor para detecção directa e detecção indirecta;
8. Nanobiossensores;
9. Aplicações dos biossensores nas áreas da saúde, do controlo da qualidade alimentar, da indústria, do ambiente e do combate ao bioterrorismo.

1. Biosensor: definition and main elements: bioreceptor, transducer, and signal processor;
2. Types of bioreceptors: review on proteins and nucleic acids;
3. Historical evolution of the technology: 1st, 2nd, and 3rd generation biosensors;
4. Methodologies for the bioreceptor immobilization: physical adsorption, covalent bonding, cross-linking covalent bonding, confinement in polymers and semi-permeable membranes and encapsulation in gels;
5. Transduction techniques: electrochemical (amperometric, potentiometric and conductometric), calorimetric, optical and piezoelectric;
6. Biosensors classification regarding the biological recognition element: catalytic and non catalytic or affinity biosensors;
7. Designs and architectures;
8. Nanobiosensors;
9. Biosensors applications in areas such as, healthcare, food quality control, industry, environment and biological warfare defence.

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

Durante a leccionação do programa será apresentada aos alunos a definição de biosensor recomendada pela IUPAC, com identificação dos elementos que constituem um biosensor (objectivo 1). Será efectuada uma revisão sobre macromoléculas, designadamente ao nível da estrutura, função biológica e reactividade, visando o melhor entendimento, por parte do aluno, do mecanismo analítico de um biossensor (objectivo 2). Será apresentada a evolução histórica dos biosensores, com destaque para o desenvolvimento do dispositivo de medição da glucose no sangue utilizado por pessoas com diabetes (objectivo 7). Serão leccionadas as principais metodologias e procedimentos de imobilização do bioreceptor, visando a estabilidade das moléculas biológicas, a optimização da performance analítica e a reutilização dos dispositivos. Estas incluirão a adsorção física, ligação covalente, ligação covalente cruzada, confinamento em polímeros e membranas poliméricas e encapsulamento em géis (objectivo 4). Serão leccionadas as técnicas de transdução do sinal decorrente do processo de reconhecimento molecular. Estas incluirão a amperometria, a potenciometria e a condutimetria no âmbito da transdução electroquímica. Na transdução óptica serão salientadas técnicas baseadas na absorção de radiação electromagnética e na emissão de energia por fotoluminescência, quimioluminescência e bioluminescência. Será salientada a transdução óptica baseada no efeito de ressonância do plasmão de superfície, uma vez que a técnica permite uma detecção directa da interacção entre o bioreceptor e o analito, sem recurso a marcadores de reacção. Por fim, a transdução piezoeléctrica ou acústica (técnica que também permite uma detecção directa), sublinhando o tipo de materiais piezoeléctricos utilizados na montagem de biosensores (objectivo 3). Será apresentada uma classificação dos biosensores com base no elemento de reconhecimento biológico e no tipo de transdutor utilizados (objectivo 5). Serão apresentados os designs e arquitecturas tipicamente utilizados na montagem de um biossensor, evidenciando as diferenças entre detecção directa e detecção indirecta com recurso a marcadores de reacção do tipo redox, ópticos ou enzimáticos (objectivo 6). Discutir-se-ão os desenvolvimentos mais recentes nesta área, em particular os nanobiosensores que conjugam a tecnologia dos biosensores com nanomateriais como as nanopartículas metálicas, nanotubos de carbono, grafeno, ou pontos quânticos. Será salientada a possibilidade de miniaturização decorrente desta conjugação de tecnologias, com desenvolvimento de dispositivos biosensores implantáveis para monitorização e diagnóstico em tempo real (objectivo 8). Serão apresentadas aos alunos aplicações dos biosensores em áreas como a saúde, o controlo da qualidade alimentar, a indústria, o ambiente e o combate ao bioterrorismo, demonstrando a sua versatilidade e importância cada vez mais presentes no domínio da análise química e bioquímica (objectivo 1).

During the lectures on this course unit, the IUPAC's biosensor definition and the main elements of a biosensor will be presented to the students (objective 1). A review on macromolecules, namely their structure, biological function and reactivity, will also be considered, aiming at a better understanding of a biosensor analytical mechanism (objective 2). The historical evolution of biosensors technology will be addressed, emphasizing the development of the device for blood glucose measurement used by diabetic patients (objective 7). It will be discussed the main methodologies and procedures used for immobilization of the bioreceptor, in order to improve the biological molecules stability, the biosensors overall analytical performance and the reutilization of the devices. These will include physical adsorption, covalent bonding, cross-linking covalent bonding, confinement in polymers and semi-permeable membranes and encapsulation in gels (objective 4). The techniques used for the molecular recognition signal transduction will be considered during the lectures. These will address amperometry, potentiometry and conductometry, in what electrochemical transduction it concerns. In the case of optical transduction, some techniques based on electromagnetic radiation absorption and energy emission by photoluminescence, chemiluminescence and bioluminescence will be highlighted. It will be emphasized the case of optical transduction based on surface plasmon resonance, since it is a technique that allows the direct detection of the interaction between the bioreceptor and the analyte without the use of reaction labels. Last, the piezoelectric transduction (which also allows a direct detection), where some types of piezoelectric materials typically used in biosensors assembly will be underlined (objective 3). A classification of the biosensors based on the biological recognition element as well as the type of transduction will be presented to the students (objective 5). It will be discussed the main designs and architectures used when assembling a biosensor, considering the differences between direct detection and indirect detection using redox, optical or enzymatic reaction labels (objective 6). The recent developments in this area, especially nanobiosensors that combine biosensor technology with nanomaterials such as, metallic nanoparticles, carbon nanotubes, graphene

or quantum dots, will be discussed. In this regard, it will be underlined the possibility of miniaturization arising from this technology combination, with the development of implantable biosensor devices used for real-time medical monitorization and diagnostics (objective 8). It will be presented to the students several applications of biosensors in areas such as healthcare, food quality control, industry, environment and biological warfare defence, demonstrating also the versatility and importance each time more present in what chemical and biochemical analysis it concerns (objective 1).

Metodologias de ensino (avaliação incluída)

Teaching methodologies (including evaluation)

O ensino da disciplina envolve aulas teóricas (T) e teórico-práticas (TP). As aulas teóricas serão constituídas por sessões de exposição da matéria, que se pretendem o mais interactivas possível. Nas aulas TP serão apresentados casos concretos de aplicação da matéria leccionada nas aulas teóricas, com análise crítica de artigos científicos, vídeos e informação que verse desenvolvimentos actuais sobre biossensores. Também nas aulas TP se fomentará o envolvimento dos alunos na discussão dos casos de estudo apresentados.

No período lectivo a avaliação versará a realização de dois testes (T1 e T2) parciais e de um trabalho escrito (TE). Este consistirá na análise crítica de um artigo científico actual que contemple uma aplicação prática de um biossensor enquadrada na matéria leccionada. A nota final (NF) será apurada em função da nota dos testes (NT) e da nota do trabalho escrito (NTE), da seguinte forma:

$$NT = (T1+T2)/2, NT \geq 9.5$$

$$NTE > 9.5$$

$$NF = 0,7*NT + 0,30*NTE$$

$$NF \geq 9.5$$

The course unit classes will include theoretical lessons (T) and interactive lessons (TP). In theoretical lessons, the theoretical concepts regarding the main subject will be delivered and explored, interacting with the students. In TP lessons, it will be presented case studies regarding applications of the theoretical concepts acquired, with review of scientific papers, videos and relevant information about recent developments in biosensor technology. The students will also be required to actively participate in TP classes.

The evaluation will include the realization of two tests (T1 and T2) and a written task (TE). This will consist on a critical review of a recent scientific article that embraces a practical application of a biosensor within the theoretical delivered concepts. The final grade (NF) will be obtained based on the tests classification (NT) and the written task classification (NTE) according to:

$$NT = (T1+T2)/2, NT \geq 9.5$$

$$NTE > 9.5$$

$$NF = 0,7*NT + 0,30*NTE$$

$$NF \geq 9.5$$

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

Com os fundamentos teóricos sobre o assunto a leccionar, transmitidos nas aulas teóricas, pretende dotar-se aos alunos dos conhecimentos necessários à compreensão da estrutura, design, mecanismo analítico e aplicações dos biossensores. Adicionalmente, permitir-lhes que numa situação real consigam decidir e optar pela montagem e arquitectura mais adequadas de um biossensor para uma determinada aplicação em particular. Procurar-se-á consolidar e reflectir sobre estes conhecimentos nas aulas teórico-práticas, com o estudo de casos concretos em diversas áreas de aplicação dos biossensores e em cuja interpretação e discussão os alunos serão estimulados a intervir. Pretende-se ainda desta forma contribuir para uma visão mais prática e actual dos assuntos leccionados. Com a realização de dois testes e a apresentação de um trabalho escrito, pretende-se que o aluno tenha um maior acompanhamento da matéria leccionada ao longo do período lectivo. As horas de atendimento complementam o estudo individual e permitem a clarificação dos temas com dúvidas. A avaliação contínua contribui para um melhor acompanhamento da matéria por parte dos alunos. Os alunos que não obtêm aprovação na avaliação contínua podem realizar a avaliação por exame final.

The theoretical concepts about the main topic of this course unit, delivered in theoretical classes aim at providing the students the fundamental knowledge for understanding of the structure, design, analytical mechanism of a biosensor as well as their numerous applications. Additionally, provide them with the ability to correctly decide for the most adequate assembly and design of a biosensor in a real practical situation. This fundamental knowledge will be consolidated and explored in interactive lessons by studying relevant case studies in several areas of biosensor applications in which the students will be strongly stimulated to participate. These “work sessions” aim also to contribute for a more practical and updated perspective of the taught subjects. The evaluation profile, with two testes and a written task, intend to ensure that the students can follow more closely the subjects addressed during the semester, thus consolidating their knowledge.

Bibliografia Principal

Main Bibliography

1. Turner, A. P. F., Karube, I., Wilson, G.S. (2012). *Biosensors: fundamentals and applications*, Oxford University Press.
2. Banica, F. G. (2012). *Chemical Sensors and Biosensors. Fundamentals and Applications*. Chichester, United Kingdom: Wiley.
3. Ali, J., Najjeb, J., Ali, M. A., Aslam, M. F., Raza, A. (2017). *Biosensors: Their Fundamentals, Designs, Types and Most Recent Impactful Applications: A Review*. *J. Biosens Bioelectron*, 8(1), 1-9.
4. Patel, S., Nanda, R., Sahoo, S., Mohapatra, E. (2016). *Biosensors in Health Care: The Milestones Achieved in Their Development towards Lab-on-Chip-Analysis*. *Biochem Res. Int.*, 3, 1-12.
5. Sagadevan, S., Periasamy, M. (2014). *Recent trends in nanobiosensors and their applications - A review*. *Rev. Adv. Mater. Sci.*, 36, 62-69.
6. Bhalinge, P., Kumar, S., Jadhav, A., Suman, S., Gujjar, P., Perla, N. (2016). *Biosensors: Nanotools of Detection- A Review*. *Int. J. of Healthcare Biomed. Res.*, 4(3), 26-39.