

# Engenharia Enzimática

**Ocorrência:** 1.º Ano, 1.º Semestre

**Carga Horária:** TP: 30,0; PL: 22,5

**Área Científica:** Biotecnologia

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

Pretende-se que os estudantes adquiram competências na área da engenharia aplicada a processos biológicos com enzimas. Deste modo, espera-se que no final do semestre, os estudantes consigam escolher e perceber os mecanismos envolvidos na catálise enzimática e proceder a técnicas de mutagenese dirigida e aleatória para a modificação de proteínas. Nesta UC espera-se ainda que as metodologias para produção de enzimas em reatores, conforme a sua natureza, a purificação a jusante e as metodologias de uso de reatores enzimáticos sejam apreendidas pelos estudantes.

## **Conteúdos programáticos:**

- Aplicações das enzimas: Propriedades gerais; Classificação e nomenclatura; Estrutura e função de enzimas.
- Engenharia de proteínas: “protein design”. Mutagenese dirigida e aleatória. Evolução molecular.
- Mecanismos envolvidos na catálise enzimática; Cinética das enzimas livres e imobilizadas; Reações com um único substrato ou mais; Inibição da atividade enzimática. Efeitos da imobilização na cinética e propriedades das enzimas; estabilidade e “folding” de proteínas.
- Cinética enzimática em sistemas multifásicos. Efeitos conformacionais e estereoquímicos. Efeitos de partição. Efeitos de transferência de massa. Sistemas multifásicos não convencionais.
- Produção de enzimas. Estratégia de obtenção e purificação de enzimas intracelulares e extracelulares.
- Imobilização de enzimas. Métodos de imobilização.
- Reatores enzimáticos monofásicos e multifásicos: tipos e classificação de reatores enzimáticos. Modelação de reatores enzimáticos ideais e não ideais; desativação enzimática.

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

O conteúdo desta UC visa aprofundar alguns dos conceitos fundamentais relacionados com enzimas, nomeadamente as suas propriedades, conceitos sobre cinética enzimática e metodologias de engenharia de proteínas, lecionadas sobretudo nos primeiros capítulos. Os balanços de massa e energia são abordados na modelação e dimensionamento de reatores enzimáticos. Os conteúdos são abordados numa dinâmica baseada na exposição de matéria e na resolução de exercícios com exemplos do laboratório e indústria, de modo a que os objetivos da UC sejam cumpridos.

**Metodologias de ensino (avaliação incluída):**

Esta UC compreende uma componente letiva teórica/prática. Os conteúdos teóricos são lecionados via apresentações em suporte informático PowerPoint, intercalando com uma componente de aplicação prática que inclui a resolução de exercícios. Há ainda uma componente de aulas experimentais para a realização de um pequeno número de atividades para uma melhor consolidação dos conhecimentos.

A avaliação da UC poderá ser contínua, através da realização de 2 frequências durante o semestre (1.º teste, 30%, 2.º teste 45%) e 2 relatórios no âmbito das atividades experimentais realizadas (2x 7,5%) com apresentação de um dos trabalhos oralmente em Inglês (10%), com suporte PowerPoint. Os trabalhos podem ser também realizados para diminuir a carga do exame (1.ª e 2.ª época) para 75%. Finalmente, a avaliação poderá ser totalmente composta pelo exame final em 1.ª ou 2.ª época (100%).

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

As metodologias de ensino incluem aulas teóricas que recorrem a uma estratégia de exposição em sala de aula com o objetivo de passar conceitos, definições e mecanismos de interpretação dos problemas. Com as aulas teóricas é pretendido transmitir ao estudante o conhecimento necessário para a persecução dos objetivos da unidade curricular. As metodologias de ensino também incluem aulas práticas que recorrem a uma estratégia de resolução de exercícios sob supervisão do docente. Com as aulas práticas é pretendido que o estudante adquira competência para compreender, descrever e relacionar o conhecimento. As aulas laboratoriais permitem aplicar os conhecimentos numa situação real, consolidando os conhecimentos e melhorando a perceção dos conteúdos apresentados. O regime de avaliação por trabalhos e testes foi estabelecido para uma aferição acompanhada ao longo do semestre das competências adquiridas. A avaliação por exame final permite também aferir se as competências de integração de conhecimentos foram alcançadas.

**Bibliografia:**

- Cabral, J.M.S., Gama, M., Aires-Barros, M.R.M., Engenharia Enzimática, Edição/reimpressão: 2003, Páginas: 260, Editor: Lidel, ISBN: 9789727572724.
- Teixeira, J.A., Fonseca, M.M., Reatores Biológicos, fundamentos e aplicações, Edição/reimpressão: 2006, Páginas: 520, Editor: Lidel, ISBN: 9789727573660.
- Samuelson, J.C., Enzyme Engineering, Methods and Protocols; Edição: 2013; Series: Methods on Molecular Biology, Vol. 978, Humana Press, ISBN 978-1-62703-292-6.
- Buchholz, K., Kasche, V., Bornscheuer, U.T., Biocatalysts and Enzyme Technology; Edição: 2012; Páginas: 626, John Wiley & Sons.
- Lutz, S., Bornscheuer, U.T., Protein Engineering Handbook, Edição: 2012; Páginas: 1015, John Wiley & Sons.

# Enzymatic Engineering

**Calendar:** 1<sup>st</sup> Year, 1<sup>st</sup> Semester

**Contact Hours:** TP: 30.0; PL: 22.5

**Scientific Area:** Biotechnology

**Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):**

It is intended that students acquire skills in the engineering area applied to biological processes with enzymes. Thus, it is expected that at the end of the semester, students are able to choose and understand the mechanisms involved in enzyme catalysis and perform techniques for random and directed mutagenesis as well as for protein modification. In this curricular unit it is also expected that students learn the methodologies employed in the production of enzymes in bioreactors and downstream purification.

**Syllabus:**

- Applications of enzymes: General properties of enzymes; Classification and nomenclature of enzymes; Structure and function of enzymes;
- Protein engineering: "protein design". Directed and random mutagenesis. Molecular evolution.
- Mechanisms of enzyme catalysis; Kinetics of free and immobilized enzymes; Reactions with one or more substrates; Inhibition of enzyme activity. Effects of immobilization on the kinetics and properties of enzymes; stability and "folding" of proteins.
- Enzyme kinetics in multiphase systems. Steric and conformational effects. Partition effects. Mass transfer effect. Unconventional multiphase systems.
- Production of enzymes. Strategy for obtaining and purification of intracellular and extracellular enzymes.
- Immobilization of enzymes. Immobilization methods.
- Enzymatic phase and multiphase reactors: types and classification of enzyme reactors. Modeling of ideal and non-ideal enzymatic reactors; enzyme deactivation.

**Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**

The content of this curricular unit seeks to deepen some of the fundamental concepts related to enzymes, including their properties, enzyme kinetics and protein engineering methodologies, taught especially in the early chapters. The mass and energy balances are addressed in modeling and design of enzyme reactors.

The contents are discussed based on an exposure of subjects and exercise solving with examples of laboratory and industry, in order that the curricular unit's objectives are met.

**Teaching methodologies (including evaluation):**

This curricular unit comprises a theoretical / practical component. Theoretical contents are taught via PowerPoint presentations. Intercalating theory with practical applications focusing on problem solving will be done. There is still a component of experimental classes for holding a small number of activities for better knowledge consolidation.

The evaluation of the curricular unit may be continuous, by performing two tests during the semester (1<sup>st</sup> test, 30%, 2<sup>nd</sup> test 45%) and two reports within the scope of the experimental activities (2x 7.5%) with an oral presentation of the work in English (10%), with a PowerPoint support. These reports can also be performed to reduce the burden of the final exam (in 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> season) to 75%. Finally, the evaluation may be composed entirely by the final exam in 1<sup>st</sup> or 2<sup>nd</sup> season (as 100%).

**Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**

The teaching methods include lectures with the goal of passing concepts, definitions and mechanisms for the problems/exercises interpretation. Lectures are intended to transmit the student the knowledge to pursuit the aims of the curricular unit. The teaching methods include practical classes that use an exercise resolution strategy under the professor supervision. Practical classes are intended to give the student the competences to understand, describe and relate knowledge. Laboratory classes allow the application of knowledge in a real context, consolidating knowledge and improving the perception of the presented contents. The evaluation with reports and tests was established for continuous evaluation throughout the semester of the acquired skills. The evaluation with a final exam also allows to assess whether the skills for knowledge integration were achieved.

**Bibliography:**

- Cabral, J.M.S., Gama M., Aires-Barros, M.R.M., Engenharia Enzimática, Edição/reimpressão: 2003, Pages: 260, Editor: Lidel, ISBN: 9789727572724.
- Teixeira, J.A., Fonseca, M.M., Reatores Biológicos, fundamentos e aplicações, Edição/reimpressão: 2006, Pages: 520, Editor: Lidel, ISBN: 9789727573660.
- Samuelson, J.C., Enzyme Engineering, Methods and Protocols; Edition: 2013; Series: Methods on Molecular Biology, Vol. 978, Humana Press, ISBN 978-1-62703-292-6.
- Buchholz, K., Kasche, V., Bornscheuer, U.T., Biocatalysts and Enzyme Technology; Edition: 2012; Pages: 626, John Wiley & Sons.
- Lutz, S., Bornscheuer, U.T., Protein Engineering Handbook, Edition: 2012; Pages: 1015, John Wiley & Sons.