
FORMAÇÃO CIENTÍFICA NA UNIVERSIDADE

Reflexões sobre um caso de estudo na área da Química

Alexandre L. Magalhães*

Resumo: A unidade curricular Química Biológica Computacional (Q254) da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto é estruturante na formação de um estudante do 1º ciclo de estudos em Química. O funcionamento desta unidade curricular é apresentado como um caso de estudo da prática pedagógica e o seu exemplo é usado neste trabalho como motivo para a reflexão sobre o atual papel do professor universitário na transmissão do conhecimento e na formação de jovens cientistas.

Palavras-chave: ensino universitário, formação científica, unidade curricular de Química, primeiro ciclo de Bolonha

SCIENTIFIC TRAINING AT THE UNIVERSITY: REFLECTIONS ON A CASE STUDY IN CHEMISTRY

Abstract: The course Computational Biological Chemistry-Q254 of the Bachelor's degree in Chemistry at the Faculty of Science of the University of Porto is fundamental for the academic training of the student. The implementation of this course is taken here as a case study in scientific training in chemistry. The learning outcomes motivate also reflections on the current role of the university tutor in the formation of the students as future scientists.

Keywords: university tutoring, scientific training, Chemistry programme, Bologna's Bachelor's degree

FORMATION SCIENTIFIQUE A L'UNIVERSITÉ: REFLEXIONS SUR UNE ÉTUDE DE CAS EN CHIMIE

Résumé: La unité de cours Chimie Biologique Computationnelle-Q254 de la licence de Chimie de la Faculté des Sciences de l'Université de Porto est fondamentale pour la formation académique de

* UCIBIO, Requite, Universidade do Porto (Porto/Portugal); Departamento de Química e Bioquímica, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto (DQB/FCUP) (Porto/Portugal).

l'étudiant. La mise en œuvre de ce cours est prise ici comme une étude de cas dans la formation scientifique en chimie. Les résultats d'apprentissage motivent également des réflexions sur le rôle actuel du tuteur universitaire dans la formation des étudiants comme futurs scientifiques.

Mots-clés: enseignement supérieur, formation scientifique, unité de cours de Chimie, premier cycle de Bologne

1. Preâmbulo

Este texto apresenta algumas reflexões pessoais sobre a importância da formação científica na universidade usando como exemplo ilustrativo o caso de estudo de uma unidade curricular por mim lecionada na licenciatura em Química que, de certo modo, condensa o saber prático destilado ao longo de quase 30 anos de docência universitária. Já longe está o início da minha carreira profissional como monitor e depois como assistente estagiário em que a aprendizagem e formação para a docência se baseava muito no autodidatismo, na observação do real desempenho dos estudantes e nas trocas de impressões com os regentes das *cadeiras*, quase sempre professores catedráticos com saber acumulado de mais anos de experiência. Um marco importante na carreira do jovem aprendiz acontecia com a realização das *Provas de Aptidão Pedagógica e Capacidade Científica* que incluía a preparação e apresentação de uma aula perante um júri. Hoje em dia, o contexto sociocultural e os meios tecnológicos ao dispor do ensino alteraram-se muito, mas o papel tutorial do docente continua a ter, na minha opinião, uma importância chave na formação de um estudante. Não existe, nem deve existir, um modo único de ensino e de aprendizagem. O processo de formação, tanto do professor como do estudante, é um caminho personalizado, adaptativo e em constante melhoramento com base na experimentação de novos métodos pedagógicos e na observação dos seus efeitos.

Ao longo dos tempos, as políticas de ensino e os conteúdos programáticos mudam, os conhecimentos e os meios tecnológicos evoluem, mas, qualquer que seja o modelo pedagógico adotado, a figura do professor e o seu testemunho como artífice do conhecimento será sempre a principal motivação para o gosto e sucesso na aprendizagem. Todos vivemos de acordo com os nossos referenciais e precisamos dos nossos heróis. Não obstante a utilização de novos meios de comunicação, a aula presencial continua a ser fundamental. A figura do professor será sempre um quadro de referência para o estudante que, pela positiva ou pela negativa, acaba por condicionar a sua própria ação profissional no futuro. O Homem é um ser gregário por natureza e as experiências de vida que marcam a sua formação como indivíduo assentam obrigatoriamente em afetos.

A sacrossanta e nobre missão que é a transmissão de conhecimento foi, e ainda é, muitas vezes reduzida à exposição enciclopédica de dados e factos. No entanto, ela deve ser muito mais completa e enriquecedora do que isso, principalmente num mundo globalizado pelos meios de comunicação em rede e servido por um manancial de informação que a *internet* representa. O acesso autónomo e rápido a este colossal banco enciclopédico pode criar no estudante a perigosa ilusão de que a via do saber aí se esgota. A transmissão do conhecimento tem de manter a sua vertente humanizada e a dimensão afetiva corporizadas na figura do professor, mas deve ser ajudada agora pelo extraordinário potencial dos meios tecnológicos ao dispor.

Em cursos científicos universitários é desejável que o professor se apresente como exemplo de agente de ciência e não como mero conhecedor de saber enciclopédico, como outrora foi muito a sua imagem. A universidade é, por definição, geradora de conhecimento, neste caso particular de conhecimento científico. Num 1º ciclo de três anos de estudos não devemos cair na tentação de *dar* (termo falsamente altruísta) muita matéria. O conhecimento factual é hoje tão vasto que qualquer planificação de conteúdos programáticos, por mais intensa que seja, pecará sempre por défice. Este pensamento tornar-se-á perturbadoramente obsessivo no docente se o objetivo for a mera exposição das matérias. O professor deve selecionar um conjunto equilibrado de assuntos realmente basilares e adequados às características do curso que leciona e não esquecer que, pelo seu exemplo concreto de postura como agente de ciência, deve transmitir valores fundamentais e estruturantes como entusiasmo pela pesquisa, curiosidade, rigor, honestidade intelectual e espírito autocrítico.

2. Contextualização

2.1. A importância da Química Biológica na formação de um químico

O projeto *Tuning Educational Structures in Europe* (Tuning, 2000), no qual participou a *ECTNA-European Chemistry Thematic Network Association*, representa um esforço concertado a nível europeu para implementar o processo de *Bolonha* (Bologna, 2007). Este pretende definir critérios básicos de qualidade nos *curricula* das instituições de ensino superior, mantendo contudo a diversidade e independência desejáveis das universidades na conceção dos seus diversos planos de estudo. A Química foi a primeira área temática no âmbito do projeto *Tuning* a produzir um conjunto de recomendações para o seu 1º ciclo de estudos designado por *Chemistry Eurobachelor* (Mitchell & Whewell, 2010). Este documento serviu de guia para a reforma curricular, imposta por despacho ministerial, que a Faculdade de Ciências da

Universidade do Porto levou a cabo nos estudos em Química e que entrou em funcionamento no ano letivo 2007-2008.

Na página 43 deste documento lê-se claramente que «It is suggested that all programmes ensure that students become conversant with the following main aspects of chemistry», seguindo-se uma lista de 15 alíneas, entre as quais «o) The structure and reactivity of important classes of biomolecules and the chemistry of important biological processes». Por outro lado, relativamente às competências e aptidões cognitivas que se espera que um estudante adquira, é claramente mencionado na página 44 deste documento: «Computational and data-processing skills, relating to chemical information and data». Neste contexto, e reconhecendo a importância da componente de química biológica na formação de 1º ciclo de um *químico*, surgiu a necessidade de incluir uma unidade curricular que permitisse ao estudante o contacto com esta área do conhecimento. Como será explicado abaixo, optou-se por uma abordagem diversificada nos conteúdos e nos instrumentos didáticos, de modo a conseguir transmitir ao estudante a relevância e o impacto que esta vertente da investigação científica atingiu na nossa sociedade onde a ciência e tecnologia têm um papel estruturante.

2.2. O caso concreto da unidade curricular Q254

A Química Biológica Computacional (Q254) é uma unidade curricular (UC) de base técnico-científica que integra o atual plano de estudos da licenciatura em Química (1º ciclo de estudos de três anos letivos) da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto. A licenciatura foi adaptada às exigências do modelo de Bolonha, tendo entrado em funcionamento no ano letivo de 2007-2008.

Esta UC situa-se no quarto semestre do ciclo de estudos, sendo considerado que as temáticas abordadas, os seus objectivos pedagógicos e as competências desenvolvidas são estruturantes na formação de um químico conforme está consignado no documento *Chemistry Eurobachelor* (Mitchell & Whewell, 2010).

A escolha da Química Biológica Computacional (Q254) para elaboração do presente texto assentou em várias razões. Em primeiro lugar, desde que ingressei na carreira de docente universitário, estive sempre ligado à lecionação de disciplinas desta área científica. Esta longa experiência letiva permitiu-me adquirir competências pedagógicas específicas resultantes do diálogo estabelecido com os estudantes e da análise dos seus desempenhos relativamente à aprendizagem de tópicos de química computacional. Por outro lado, tendo esta UC uma vertente computacional prática, o docente é obrigado a repensar constantemente os métodos de ensino, uma vez que os estudantes que chegam à universidade todos os anos trazem novas

exigências, interesses e métodos de estudo, fruto de uma sociedade cada vez mais tecnológica e em evolução rápida.

A contínua evolução dos computadores e dos algoritmos de cálculo permite o estudo de modelos moleculares cada vez maiores e mais realistas, tornando a química computacional estratégica no plano do desenvolvimento tecnológico, especialmente nas áreas da química biológica, na concepção de novos fármacos, catalisadores e novos materiais, entre outros (Tolfree & Smith, 2009; Bultinck, De Winter, Langenaeker, & Tollenare, 2004). Não é de estranhar, portanto, que a comunidade científica internacional tenha reconhecido o valor desta área ao atribuir o prêmio Nobel da Química a Walter Kohn e John Pople em 1998 pelos seus trabalhos no desenvolvimento de metodologias de química quântica e computacional e, mais recentemente, em 2013, a Martin Karplus, Michael Levitt e Arieh Warshel pela aplicação de modelos computacionais a sistemas moleculares de larga dimensão, como proteínas.

2.3. Organização da unidade curricular

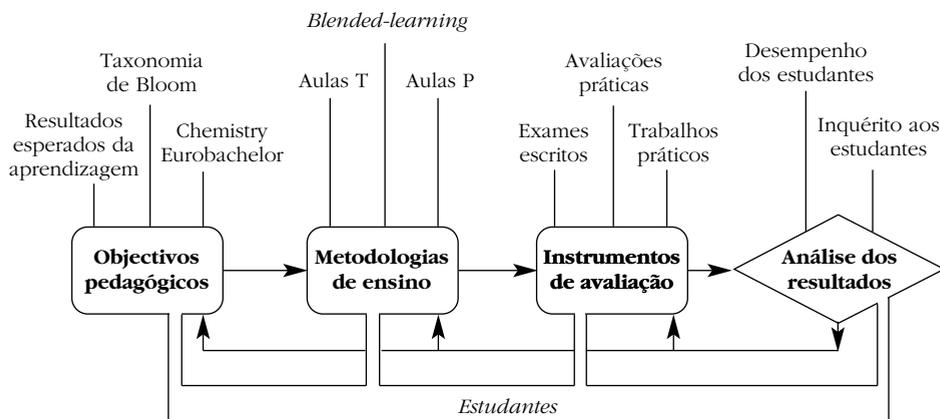
2.3.1. Concepção geral

A concepção geral de uma UC assenta em três vetores fundamentais: objetivos pedagógicos, metodologias de ensino e instrumentos de avaliação, de acordo com Felder e Brent (2003). A figura seguinte mostra o esquema de relacionamento entre estas três etapas que é seguido no caso particular da Química Biológica Computacional (Q254), tendo em consideração as peculiaridades do ensino deste tipo de matéria.

Segundo este esquema, as três componentes devem ser planeadas de um modo integrado e não independentemente umas das outras. A sua organização difere ligeiramente do original (Felder & Brent, 2003) fundamentalmente por eu considerar que, ao contrário do que os autores defendem, estas três fases devem surgir em sequência para cada módulo da UC, e as suas regras e características devem ser claramente comunicadas aos estudantes no início do curso. Qualquer ajuste de melhoramento que seja decidido, decorrente do processo final de análise dos resultados, deverá ser efetuado na iteração seguinte, isto é, no planeamento do curso seguinte. As características médias dos estudantes e as suas opiniões devem ser o fator principal na definição de todas as etapas, funcionando assim como uma *ponte salina* que permite o bom funcionamento de todo o circuito.

FIGURA 1

Esquema de conceção da unidade curricular Q254



Cada uma das fases inclui um conjunto próprio de ferramentas apresentadas detalhadamente nas secções seguintes.

2.3.2. Nível de dificuldade do curso e número de créditos ECTS

No âmbito dos vários ciclos de estudo da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto (FCUP), cada UC é classificada em três níveis (100, 200 e 300) de acordo com o grau crescente de profundidade do ensino e do nível de dificuldade e complexidade. O primeiro dígito do código Q254 desta UC indica que ela é de nível de dificuldade intermédio (200).

No atual plano de estudos, à Química Biológica Computacional (Q254) correspondem 5 ECTS. Este é um índice que se relaciona com a estimativa do esforço pessoal global do estudante. Atendendo ao Regulamento elaborado pela Secção Permanente do Senado da Universidade do Porto, de 4 de maio de 2005, e na sua versão mais recente de 20 de janeiro de 2010, 1 ECTS corresponde a 27 horas de trabalho do estudante, pelo que esta UC obrigará o estudante a um estudo médio global de 135 horas. No atual plano de estudos, o número de horas de contacto atribuídas à Química Biológica Computacional (Q254) é de 56, distribuídas equitativamente entre aulas do tipo teórico (T) e prático (P).

2.3.3. Corpo docente

Apesar de o nível de dificuldade desta UC ser intermédio, a leção de temáticas de química computacional aplicadas a sistemas biológicos por docentes doutorados e especialis-

tas aumenta indubitavelmente a qualidade do ensino. Esta é uma ideia que deveria ser generalizada a quase todas as áreas de atividade docente universitária como foi explicado no *Preâmbulo*. Neste contexto, e como será referido seguidamente, optei por incluir no planeamento das aulas teóricas três palestras convidadas, dadas por jovens investigadores, e duas lições sobre DNA e sua interação com proteínas, dadas por uma docente da Faculdade de Medicina da Universidade do Porto.

2.3.4. *Objetivos pedagógicos*

As várias etapas de planeamento de um curso devem ser interdependentes, como sugere a Figura 1, mas a definição dos objetivos pedagógicos a que este se propõe deve constituir o primeiro passo de todo o processo iterativo. Com a implementação do processo de Bolonha, os resultados da aprendizagem (*learning outcomes*) apresentam-se como uma das chaves para a avaliação da qualidade de cada programa/ciclo e devem servir de guia para o planeamento de cada curso/módulo. Assim, e no caso particular da Química Biológica Computacional (Q254), os resultados esperados específicos da aprendizagem devem enquadrar-se naqueles que foram definidos a nível mais geral para a licenciatura em Química da FCUP, e que se basearam no conjunto de competências e capacidades recomendadas no *Chemistry Eurobachelor* (Mitchell & Whewell, 2010).

Definir um conjunto de resultados esperados da aprendizagem não é tarefa fácil. Além de deverem obedecer a aspetos mais formais de simplicidade, clareza e facilidade de avaliação, eles devem enquadrar-se na própria dinâmica do processo de aprendizagem. Esta tarefa é facilitada pelo recurso a um instrumento do domínio cognitivo que se tem revelado muito útil para este fim, que é a Taxonomia de Bloom (1956) ou uma versão mais recente descrita por Anderson e Krathwohl (2001). Neste modelo estabelece-se uma hierarquia de seis estágios de grau crescente de complexidade durante o processo cognitivo, que se inicia no ato de assimilação de informação e finaliza na fase mais elaborada de criação.

Neste contexto, e numa primeira aproximação, os resultados esperados da aprendizagem para a unidade curricular Química Biológica Computacional (Q254) podem ser enunciados da seguinte maneira:

- Relacionar princípios fundamentais da Química e da Física com fenómenos biológicos;
- Descrever a estrutura e as propriedades de todos os aminoácidos que incluem as proteínas naturais;
- Reconhecer a estrutura molecular de proteínas e os motivos 3D que elas adotam em cada nível de organização estrutural;

- Descrever os vários tipos de função/atividade proteica em organismos vivos;
- Relacionar a função de uma proteína com a sua estrutura;
- Descrever os princípios básicos da ação catalítica de enzimas e os mecanismos de interação com substratos;
- Descrever a estrutura molecular do DNA e as noções básicas da sua replicação e interação com proteínas;
- Compreender os princípios básicos da Dinâmica Molecular, realizar simulações em sistemas proteicos simples e interpretar os resultados;
- Utilizar as ferramentas computacionais necessárias para obter e tratar a informação de bases de dados de estruturas proteicas, nomeadamente do PDB-Protein Data Bank;
- Manipular modelos moleculares de proteínas usando o *software* específico de visualização VMD-Visual Molecular Dynamics (Humphrey, Dalke, & Schulten, 1996).

2.4. Metodologias de ensino

2.4.1. Considerações gerais

Como foi referido em §2.3.2, à Química Biológica Computacional (Q254) correspondem 5 ECTS e 56 horas letivas de contacto que são distribuídas atualmente de um modo equitativo entre aulas do tipo teórico e prático.

Qualquer metodologia de ensino adotada pelo docente tem efeitos distintos no processo cognitivo dos diferentes estudantes. De facto, de acordo com Felder (1993), e como é do conhecimento dos docentes com alguma experiência, nem todos as pessoas aprendem da mesma maneira. Este autor define as formas pessoais de aprendizagem preferidas pelo estudante (*learning styles*) de acordo com as suas características cognitivas em cada um dos seguintes cinco aspetos: i) tipo de informação que o estudante prefere apreender – *sensorial* (imagens, sons, sensações físicas), *intuitiva* (memórias, ideias, percepções); ii) tipo de informação sensorial mais eficaz – *visual* (imagens, diagramas, demonstrações), *verbal* (sons, texto, fórmulas); iii) tipo de organização da informação preferido – *indutivo* (princípios gerais são inferidos a partir de factos e observações), *dedutivo* (consequências e aplicações são deduzidas a partir dos princípios); iv) processamento preferido da informação – *ativo* (envolvimento em atividades físicas ou de discussão), *reflexivo* (através de introspeção); v) modo de progressão do conhecimento do estudante – *sequencial* (progressão lógica e encadeada de pequenos incrementos), *global* (em grandes saltos de um modo holístico).

Tradicionalmente o ensino universitário é feito de um modo quase exclusivamente intuitivo, verbal, dedutivo, reflexivo e sequencial. O desfasamento entre o modo de ensino do

professor e os modos de aprendizagem dos estudantes pode ser minimizado e, conseqüentemente, a eficácia da educação em ciência maximizada, se o docente puder alterar e adaptar os seus métodos de ensino. Obviamente, é inviável para um único docente, e num mesmo curso, oferecer os 32 métodos de ensino resultantes de todas as combinações possíveis que permitam satisfazer os estilos de aprendizagem de todo o seu universo de estudantes. O mais razoável será, pois, diversificar sempre que possível o tipo de elementos de estudo, de modo a maximizar o número de estudantes que se adaptam ao ensino ministrado.

2.4.2. Conteúdo programático e calendarização

Os tópicos que são abordados nesta UC foram definidos de acordo com os objetivos de aprendizagem, conforme pode ser consultado na respetiva ficha no sistema SIGARRA (Sistema de Informação para Gestão Agregada dos Recursos e dos Registos Académicos da Universidade do Porto): estudar propriedades físicas, químicas, biológicas e estruturais das proteínas e DNA; conhecer os princípios de catálise enzimática; usar técnicas computacionais para o estudo e previsão das propriedades abordadas.

O plano de calendarização é projetado para 14 semanas letivas.

2.4.3. Aulas presenciais do tipo teórico (T)

A lecionação desta UC inclui duas aulas T semanais de uma hora cujo planeamento prevê uma perfeita articulação com as aulas práticas computacionais. Além dos conceitos gerais de química biológica, são apresentados também os fundamentos dos métodos de previsão computacional de enrolamento (*folding*) de proteínas e do algoritmo de Dinâmica Molecular. Todas as exposições teóricas são efetuadas recorrendo à projeção de diapositivos preparados exclusivamente para estas aulas. O recurso a imagens, esquemas, figuras, animações, vídeos, programas interativos e *internet* torna o processo de aprendizagem mais eficaz por se conseguir satisfazer um leque mais alargado de estilos de aprendizagem dos estudantes, conforme explicado em §2.4.1. Esta abordagem torna-se particularmente importante nesta UC onde a visualização e manipulação de modelos moleculares é fundamental. Os diapositivos apresentados na exposição teórica não são disponibilizados na sua versão integral, evitando assim que eles possam ser usados por alguns estudantes como único material de leitura, em detrimento da consulta do livro de referência. Porém, são disponibilizados antecipadamente na plataforma *Moodle* da UC (ver §2.4.5.) ficheiros do tipo *pdf* com as versões simplificadas dos diapositivos e em formato de folheto (três diapositivos em tamanho reduzido por cada página A4 com espaço para registo de notas pessoais) que os estudantes devem imprimir e levar para as aulas T. Pretende-se, desta forma, munir os estudantes de um suporte físico personali-

zado com utilidade como elemento de estudo. Na verdade, disponibilizo há alguns anos estes folhetos com miniaturas simplificadas dos diapositivos, tendo observado que grande parte dos estudantes os utiliza.

De acordo com o plano traçado para o período letivo de 14 semanas, o programa e os sumários das aulas encontram-se na ficha da UC no sistema SIGARRA, em https://sigarra.up.pt/fcup/pt/ucurr_geral.ficha_uc_view?pv_ocorrencia_id=336576.

Nas aulas n^{os} 19, 20 e 26, e em conformidade com o modelo de ensino/aprendizagem defendido anteriormente, convidei uma investigadora e dois estudantes de doutoramento do nosso grupo de investigação para falarem dos seus trabalhos e mostrarem alguns resultados. De acordo com o exposto acima, é muito importante diversificar a oferta formativa, nomeadamente solicitando a colaboração de agentes da ciência ativa que podem testemunhar em causa própria o *estado da arte* da área em que são especialistas. Na realidade, tenho verificado em conversa com os estudantes que estes seminários científicos têm produzido um impacto francamente positivo, porque são apresentados por pessoas pouco mais velhas do que eles e que falam de casos concretos de matérias e de aplicação em investigação de técnicas computacionais abordadas nas aulas teóricas anteriores.

As duas últimas aulas (n^{os} 27 e 28) estão reservadas para os tópicos de DNA e interação DNA/proteínas. Como químico, conheço as generalidades desta temática, mas ela não faz parte da minha área de investigação corrente. Decidi então, já no ano letivo de 2011-2012, convidar a Professora Doutora Delminda Neves da Faculdade de Medicina da Universidade do Porto a lecionar estas duas aulas numa perspetiva molecular mais dirigida a futuros químicos. Além de ser docente de unidades curriculares da área de Biologia Molecular do Mestrado Integrado em Medicina, ela é bioquímica de formação e investigadora do IBMC/Universidade do Porto. A experiência foi muito positiva e tem sido repetida desde então. Estas duas aulas têm o mérito de, por um lado, mostrar aos estudantes a integração da Química noutra área de conhecimento e do curso da FCUP no seio da Universidade do Porto e de, por outro lado, serem lecionadas por uma investigadora experiente que apresenta estas matérias em causa própria.

2.4.4. Aulas presenciais do tipo prático (P)

A abordagem efetuada nas aulas práticas tem efeitos distintos dos das aulas teóricas no processo cognitivo dos estudantes, podendo ajudar alguns deles a aprofundar as matérias, conforme foi explicado em §2.4.1. Este tipo de aulas tem ainda a vantagem de desenvolver outras competências transversais que advêm, nomeadamente, do trabalho de pesquisa em equipa, do tratamento computacional de dados e da apresentação pública das conclusões de um trabalho prático.

As aulas P têm a carga letiva de 2 horas semanais e decorrem em sala equipada com 20 computadores pessoais com ligação à *internet*. Apesar de haver textos de apoio e protocolos para todos os trabalhos práticos, as aulas decorrem em ambiente de diálogo constante. Os estudantes realizam os trabalhos individualmente, mas trocam impressões com os colegas e acompanham a projeção simultânea do ambiente de trabalho do computador do docente, sempre que se revele necessário. O programa inicia-se com a familiarização dos estudantes no ambiente *Linux*, seguindo-se cinco trabalhos práticos e a realização de um trabalho final, conforme é especificado na ficha da UC.

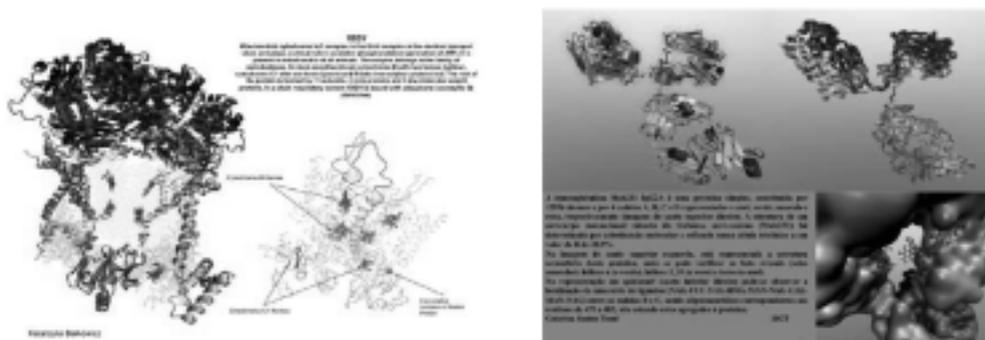
Neste último trabalho, o estudante prepara uma comunicação científica em forma de imagem comentada usando o *Visual Molecular Dynamics-VMD* (Humphrey et al., 1996) que é um programa de acesso livre muito usado em investigação na área de modelação molecular, visualização e análise de sistemas biológicos como proteínas, ácidos nucleicos, bicamadas lipídicas e outros sistemas complexos. Em particular, este programa permite ler diretamente ficheiros formatados da base de dados *Protein Data Bank* (PDB) e exibir as respetivas estruturas tridimensionais, que são, em geral, muito confusas, já que o número médio de átomos por estrutura ronda os 9000. Uma das vantagens do VMD é fornecer uma ampla variedade de métodos para processar e colorir moléculas complexas como estas, de modo a simplificar a sua visualização. A figura abaixo ilustra dois dos trabalhos realizados pelos estudantes no ano letivo 2013-2014.

Neste conjunto de trabalhos pretende-se que cada estudante explore de um modo autónomo as potencialidades do VMD para produzir uma imagem elucidativa e didática do sistema proteico que lhe foi atribuído por sorteio, acompanhada de uma descrição sintética da

FIGURA 2

Dois dos trabalhos práticos de produção de imagem realizados no ano letivo 2013-2014:

i) Katarzyna Berkowicz; ii) Catarina Tomé)



estrutura que se representa. Todos os trabalhos do ano letivo transato foram impressos e afixados em local público no DQB/FCUP.

2.4.5. Elementos de blended-learning na página Web

De acordo com o que foi exposto em §2.4.1., espera-se que a diversificação dos tipos de estratégias pedagógicas e de elementos de estudo apresentados aos estudantes contribua para o seu bom desempenho. A plataforma *Moodle* revelou-se, desde o momento da sua implementação no universo digital da Universidade do Porto, bastante versátil nas possibilidades de manuseamento de informação e gestão de recursos e, portanto, não hesitei em explorar as suas potencialidades ao serviço da Química Biológica Computacional enquanto regente nos anos letivos 2013-2014 e anteriores. Hoje em dia, e fruto também da familiarização com os meios tecnológicos digitais, o recurso à plataforma *Moodle* começa a entrar nas rotinas de muitos docentes e estudantes como mais um espaço de comunicação. Porém, se a componente *on-line* de um curso/módulo explora exaustivamente todos os elementos de estudo e assuntos do programa, corre-se o risco de enfraquecer a vertente de contacto presencial professor/estudante. Pessoalmente, prefiro a complementaridade do módulo *on-line* com as aulas T e P, mais dentro do espírito de *blended-learning*. Assim, a plataforma foi usada fundamentalmente como meio de comunicação e como repositório de elementos de estudo essenciais como textos, folhetos de apoio às aulas teóricas, protocolos de trabalhos práticos, anúncios diversos e afixação de resultados de avaliação. Toda esta informação foi divulgada gradualmente ao longo do semestre, de modo a articular a atualização da página *Web* com a dinâmica própria das aulas presenciais e manter viva a consulta e participação de todos.

2.5. Instrumentos e critérios de avaliação

A avaliação faz-se ao longo do semestre de modo a que o estudante mantenha o interesse e participação na UC. As várias componentes da avaliação e respetivos pesos na nota final são as seguintes: teste intermédio de avaliação prática de conhecimentos (25%); trabalho de representação gráfica de uma proteína (ver §2.4.4.) (25%); exame final (50%).

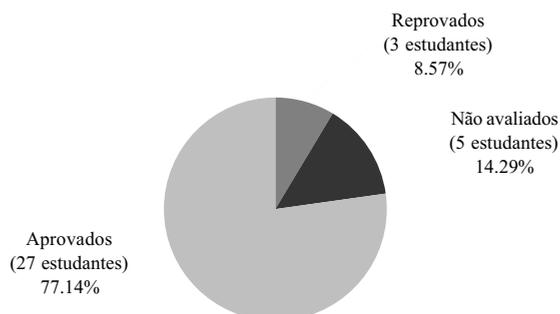
Em relação à primeira avaliação, é efetuada sensivelmente a meio do semestre (no ano letivo 2013-2014 ocorreu na aula nº 9) e tem a duração prevista de uma hora. Sendo a turma dividida em dois turnos, os estudantes respondem a questões e executam tarefas computacionais que aprenderam até à data. O objetivo é que os estudantes vão acompanhando as matérias e pratiquem as técnicas computacionais. No que se refere à segunda, os estudantes são

informados dos objetivos destas apresentações e aconselhados a seguir técnicas básicas que conduzam a um resultado final com qualidade. Cada estudante avalia posteriormente todos os outros trabalhos, tomando em consideração essa informação para definir as classificações finais deste elemento de avaliação. Por último, o exame final, prova escrita realizada nas duas épocas habituais do calendário de exames da FCUP, é constituído por quatro grupos de questões de resposta aberta e tem a duração de 120 minutos.

3. Análise dos resultados

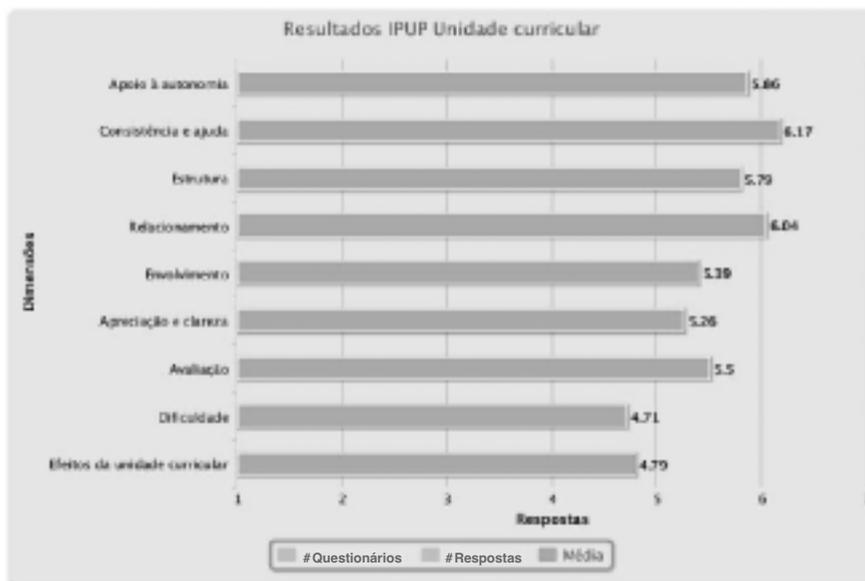
A estatística de desempenho dos estudantes e os resultados dos inquéritos pedagógicos são anualmente disponibilizados pelo SIGARRA. Os dados relativos à UC *Q254* no ano letivo 2013-2014 estão sumariados nas Figuras 3 e 4.

FIGURA 3
Distribuição dos resultados relativamente ao desempenho dos estudantes



Num universo de 35 estudantes inscritos, 30 frequentaram efetivamente a UC e 27 obtiveram aprovação. Este resultado corresponde a uma taxa de aprovação muito satisfatória de 90% dos estudantes avaliados. A média da classificação final dos aprovados situou-se nos 14,1 valores.

FIGURA 4
Resultados dos inquéritos pedagógicos



Os inquéritos pedagógicos aos estudantes, disponibilizados pela direção da Faculdade de Ciências na plataforma SIGARRA, são de caráter facultativo e realizados sob anonimato. De entre os estudantes que frequentaram a UC, 14 concluíram o inquérito pedagógico cujos resultados estão resumidos na Figura 4. Os estudantes responderam a várias questões numa escala de satisfação cujo máximo é sete e que foram associadas neste gráfico em nove dimensões. As quatro primeiras dimensões referem-se ao docente, a quinta diz respeito ao envolvimento do próprio estudante e as quatro últimas dimensões dizem respeito à apreciação da UC.

Os resultados observados em ambas as figuras estão correlacionados e, neste caso, devo constatar que são bastante satisfatórios. Eles traduzem o que foi possível observar ao longo do semestre letivo, isto é, um elevado nível de motivação e empenho por parte dos estudantes.

4. Considerações finais

A lecionação de quatro anos consecutivos da Química Biológica Computacional (Q254) foi para mim uma experiência muito enriquecedora, pois deu-me a oportunidade de comple-

tar ciclos de iterações nos vários vetores fundamentais em que assenta a dinâmica de conceção da UC. Foi com satisfação que observei o interesse e envolvimento dos estudantes não só nas aulas teóricas mas também nas práticas. Para estas últimas, contribuiu muito o sucesso do trabalho de comunicação científica em forma de cartaz com a representação gráfica de uma proteína que agregou muito do conhecimento adquirido na UC. Os estudantes tiveram a oportunidade de utilizar um programa de manipulação gráfica de modelos moleculares muito utilizado em investigação científica para criar representações de proteínas idênticas às encontradas em artigos científicos. Hoje em dia, o desenvolvimento de competências transversais de síntese e comunicação para o público em geral são fundamentais na formação de um investigador. Pretendeu-se com este trabalho dar um contributo nesse sentido, aliando o rigor de uma descrição científica sucinta à imaginação empregue na criação livre da imagem.

Correspondência: UCIBIO, Requite, Universidade do Porto, Departamento de Química e Bioquímica, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Rua do Campo Alegre, s/n, 4169-007, Porto, Portugal
Email: almagalb@fc.up.pt

Referências bibliográficas

- Anderson, Lorin W., & Krathwohl, David R. (Eds.). (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. New York: Longman.
- Bloom, Benjamin S. (1956). *Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals* (Vol I). New York: McKay.
- Bologna (2007). *Bologna process*. Retrieved from <http://www.ond.vlaanderen.be/hogeronderwijs/bologna/>
- Bultinck, Patrick, De Winter, Hans, Langenaeker, Wilfried & Tollenare, Jan P. (Eds.). (2004). *Computational medicinal chemistry for drug discovery*. New York: Marcel Dekker Inc.
- Felder, Richard M. (1993). Reaching the second tier: Learning and teaching styles in college science education. *Journal of College and Science Teaching*, 23, 286-290.
- Felder, Richard M., & Brent, Rebecca (2003). Designing and teaching courses to satisfy the ABET engineering criteria. *Journal of Engineering Education*, 92(1), 7-25.
- Humphrey, William, Dalke, Andrew, & Schulten, Ken (1996). VMD: Visual Molecular Dynamics. *Journal of Molecular Graphics*, 14, 33-38.
- Mitchell, Terence, & Whewell, Richard (2010). *The chemistry «Eurobachelor»*. ECTN Association. Retrieved from http://ectn-assoc.cpe.fr/chemistry-eurolabels/n/lib/1_eb/2-Eurobachelor_Documentation-150613.pdf
- Tolfree, David, & Smith, Adam (2009). *Roadmapping emergent technologies*. Leicester: Troubador Publishing Ltd.
- Tuning (2000). *Tuning educational structures*. Retrieved from <http://unideusto.org/tuning/>