

EVOLUÇÃO QUÍMICA E ENSINO DA QUÍMICA

Hernâni Maia
J.J. Moura Ramos

A forte componente cultural da temática ligada à Evolução Química e à Origem da Vida torna este domínio científico extremamente fascinante para estudantes e professores, tanto ao nível do ensino secundário como do ensino superior. Este facto, associado à interdisciplinaridade obrigatória do estudo da Evolução Química, dão a este domínio da ciência características únicas que poderiam fazer dele um tema privilegiado no contexto do ensino das ciências, tanto nos ramos científicos como também nos ramos não científicos.

Existem várias tentativas, realizadas em diferentes países, para introduzir os temas e os conceitos da Evolução Química no contexto da educação em Química. Foi com o objectivo de tomar contacto com essas experiências e conhecer os seus sucessos e limitações que pedimos

a colaboração de duas pessoas, das mais activas neste domínio, no sentido de nos transmitirem as suas opiniões e experiências acerca deste problema. Sugerimos dois temas de desenvolvimento:

- 1) a Evolução Química como tema unificador no ensino das ciências;
- 2) a Origem da vida (ou mais geralmente a Evolução Química) como tema curricular no Ensino da Química. Porquê? A que níveis?

A resposta foi pronta e entusiasta pelo que agradecemos aos Professores Clifford Matthews, da Universidade de Illinois e, Wolfram Thiemann, da Universidade de Bremen, a valiosa colaboração que prestaram a este Boletim.

A EVOLUÇÃO UNIVERSAL: UM TEMA UNIFICADOR PARA O ENSINO DA CIÊNCIA

Clifford Matthews(*)

Na nossa época — que podemos caracterizar como um período de transição para uma civilização tecnológica humanizada — o cidadão culto sente mais do que nunca a necessidade de adquirir uma formação científica, deseja cada vez mais estar ao corrente do que melhor se publica no contexto do moderno jornalismo científico para poder responder adequadamente às modificações de uma sociedade predominantemente moldada pela ciência. Satisfazer esta necessidade é o maior desafio que actualmente se coloca aos professores de ciências. Temos que encontrar formas para possibilitar aos estudantes das ciências humanas e das profissões não científicas o estabelecimento de uma *relação* pessoal com a ciência, encarada simultaneamente como actividade utilitária essencial e como forma de realização e expansão do espírito humano.

Na sequência do desenvolvimento científico que ocorreu depois da II Guerra Mundial foram criados nos Estados Unidos cursos de ciências naturais obrigatórios para estudantes de disciplinas não científicas que passaram a ser incluídos entre as exigências para a admissão nas universidades e nos cursos superiores. Estas experiências não parecem ter sido muito profícuas tanto para

os professores como para os alunos. O que se oferecia nestes cursos eram frequentemente versões desenxabidas dos currículos correntes nos primeiros anos dos cursos de ciências, em que se procurava mais a extensão que a profundidade, resultando a banalidade e a superficialidade com pequeno conteúdo objectivo. Esta experiência de um modo geral negativa sugere que, para levar a ciência aos estudantes e os estudantes à ciência, os cursos deverão ser completamente reformulados, tendo que ser inevitavelmente construídos à volta de um núcleo fundamental de conhecimentos científicos e dados de um modo completamente diferente do usual.

Para que estes cursos sejam eficazes — e mesmo atraentes — penso terem que ser observados novos princípios para a sua elaboração:

1. Um tema unificador de interesse reconhecido pode aumentar fortemente os atractivos deste tipo de curso.
2. Uma forte componente cultural — histórica, bio-

(*) Department of Chemistry, University of Illinois at Chicago, P.O. Box 4348, Chicago, Illinois 60680, EUA.

gráfica, sociológica, filosófica, tecnológica e ética — deveria emergir naturalmente das actividades científicas essenciais.

3. Apesar da grande importância do cálculo em ciência, a matemática não deve constituir necessariamente a linguagem simbólica preferida para a transmissão dos conceitos.

4. A experiência laboratorial em sentido restrito deveria ser evitada e substituída por actividades experimentais cuidadosamente escolhidas de forma a reforçar a estrutura global do curso.

Estes princípios foram utilizados na Universidade de Illinois em Chicago para conceber um curso curto mas condensado, destinado a estudantes de ramos não científicos. Este curso é baseado na mais profunda conquista da ciência moderna, a saber, o desenvolvimento de uma visão universal da evolução na qual a química é encarada como disciplina central que estabelece a ligação entre a astronomia, a geologia e a biologia. Com Teilhard de Chardin sabemos hoje que «o homem só pode ser compreendido *ascendendo* a partir da física, da química, da biologia e da geologia... o homem é evolução tornada consciente de si própria».

O curso *Química e Vida* começa assim com uma abordagem interdisciplinar da evolução — química, biológica, cultural — que conduz directamente a uma discussão sobre a origem da vida. Foi em 1953, ano em que se assistiu ao esclarecimento da estrutura das proteínas e da famosa dupla hélice do ADN, que a experiência de Miller-Urey repôs na ordem do dia a origem da vida como tema científico e o tornou um dos mais fascinantes e fecundos domínios da investigação actual. Segue-se uma panorâmica sobre as modernas concepções acerca da natureza dos átomos, das moléculas e das macromoléculas informativas. Isto constitui o núcleo técnico do curso em que o simbolismo da química estrutural é sublinhado preferencialmente ao da matemática, acentuando-se o significado da arquitectura molecular no contexto do mundo evolutivo que nos rodeia, em particular do mundo orgânico no seu cenário inorgânico. O curso termina com uma discussão simples e sistemática sobre a vida (a capacidade para utilizar a energia para criar ordem), o homem (quinta-essência da nébula solar?) e a ciência (uma sonda permanente no mistério da ordem). Na tabela 1 apresenta-se com maior pormenor a estrutura

TABELA 1 — Esboço do curso *Química e Vida*

Semana	Aula de exposição	Filme	Discussão de laboratório
1	<i>A Exploração Científica</i> Newton, Pasteur, Darwin Unidade da bioquímica Unidade da cosmoquímica	Abertura História da Astrologia	Surpresa face às coisas: acontecimentos químicos
2	<i>A Biosfera Evolutiva</i> A experiência de Miller-Urey: Origem da vida O efeito da estufa: o écran de ozono Atmosferas planetárias	Universo Potências de dez	Produtos naturais: a cafeína do chá
3	<i>A Natureza da Matéria</i> Elementos: a tabela periódica átomos: electrões, prótons, neutrões	A Tabela Periódica	Energia e matéria: os aspectos atómicos
4	<i>Ligações Químicas</i> Compostos iónicos e covalentes Orbitais e ligação Complementaridade: ondas e partículas	Átomo de Hidrogénio	Estrutura atómica: o modelo de Rutherford-Bohr
5	<i>Os Compostos Orgânicos</i> Carbono: estruturas e Kekulé Encadeamento, homologia, isomerismo Hidrocarbonetos: petróleo, combustíveis fósseis	Catálise	Arquitectura molecular: o jogo de Kekulé
6	<i>A Síntese Orgânica</i> Grupos funcionais: reactividade Polímeros: naturais e sintéticos Esteroides: unidade e diversidade	A Origem da Vida	Produtos sintéticos: aspirina 100 % pura
7	<i>A Proteínas</i> Estrutura: níveis 1, 2, 3, 4 Mioglobina e hemoglobina Actividade: enzimas, estereoespecificidade	A Mioglobina	Polímeros sintéticos: o truque da corda de nylon
8	<i>Os Ácidos Nucleicos</i> Estrutura: a dupla hélice Réplica: genes, mutação Informação: o código genético	ADN: o plano da vida	Seminário de investigação: a origem das proteínas
9	<i>A Expressão da Hereditariedade</i> ADN → ARN → proteínas Virus, ADN recombinante Engenharia genética	A Química da Célula	Separação dos produtos cromatografia dos aminoácidos
10	<i>Flechas do Tempo e Evolução</i> Entropia: sistemas reversíveis Sintropia: sistemas irreversíveis O Universo Inesperado	Manual do Universo Porque Cria o Homem	Criatividade: projectos dos estudantes

tura deste curso. Na medida em que estimular o pensamento criativo é um dos nossos objectivos, procuramos explicitar a importância de algumas dualidades e complementaridades que emergem naturalmente das descobertas científicas. Por exemplo, os conceitos de continuidade e descontinuidade, de simetria e de assimetria e de ordem e desordem (ver tabela 2). Do ponto de vista metodológico, os modos de descoberta como a integração e a redução, a intuição e a análise são também considerados assim como os aspectos contraditórios da tecnologia que continuamente se nos deparam: os da ameaça e da esperança.

TABELA 2 — Relações binárias em ciência

Categoria	Relações binárias	
	<i>Continuidade</i> onda	<i>Descontinuidade</i> partícula
Conceitos da ciência	<i>Simetria</i> química do silício	<i>Assimetria</i> química do carbono
	<i>Ordem</i> evolução	<i>Desordem</i> entropia
	<i>Integração</i>	<i>Redução</i>
Métodos da ciência	<i>Intuição</i>	<i>Análise</i>
Abordagem da ciência	<i>Ameaça</i>	<i>Esperança</i>

Química e Vida é um curso de dez semanas constituído por duas aulas semanais de noventa minutos apoiadas com filmes e diapositivos cuidadosamente escolhidos e reforçadas com três horas semanais de discussão de laboratório orientadas por assistentes preparados para o efeito. Não foi encontrado nenhum livro de texto particularmente apropriado para a nossa abordagem interdisciplinar. Para suprir esta lacuna, distribuem-se todas as semanas, nas aulas teóricas e nas discussões de laboratório, apontamentos policopiados. Para além disso, o livro de Robert Jastrow *Red Giants and White Dwarfs*⁽¹⁾ (segunda edição) tem sido muito útil como leitura prévia, como formação básica necessária para a frequência do curso. Cada discussão de laboratório inclui uma breve síntese do tema abordado na semana anterior, a seguir à qual os estudantes são submetidos a pequenos questionários escritos cujo objectivo é o de auxiliar os estudantes a assimilar as novas ideias adquiridas. Os resultados destes questionários servem, conjuntamente com os exames, intermédio e final, para avaliar o nível atingido por cada estudante. Em cada trimestre matriculam-se cerca de trezentos estudantes não licenciados, alguns tendo acabado recentemente o ensino secundário, outros já próximos de terminar a licenciatura universitária. Não havendo exigências prévias para a matrícula, os alunos diferem bastante nas suas capacidades e maturidade. Esta situação é certamente um desafio à elaboração de um curso que tenha significado a vários níveis de sofisticação. Cada estudante dá, na fase final, uma contribuição pessoal através da apresentação de um trabalho original — um ensaio ou um poema, um trabalho gráfico ou uma sugestão pedagógica, etc. ... — que pode ser incorporada nas aulas futuras deste curso em permanente

reformulação e com uma importante componente visual.

A resposta dos alunos ao curso *Química e Vida* tem sido até agora extremamente entusiástica. Parece ter-se conseguido transmitir algo de fascínio e de visão da ciência como actividade cultural, de tal forma que os estudantes encaram a temática do curso na sua relação com a história, a linguagem, a arquitectura. Parece assim conseguir-se fornecer à imaginação algo que seria difícil por outros meios. Os alunos deixam de ter temor ou indiferença perante a ciência e adquirem indubitavelmente uma atitude mais apta para encarar os problemas resultantes da aplicação generalizada da ciência na nossa sociedade.

A partir da nossa experiência como docentes ocorrem-nos perguntar: Existirá um tema mais apropriado do que a evolução universal para acrescentar profundidade e perspectiva aos programas especializados exigidos aos estudantes (licenciados e não licenciados) de ciências? Os estudantes universitários de química e bioquímica receberam muito positivamente um curso mais avançado sobre evolução química, *Da Via Láctea ao ADN*, que contou com a participação de professores de outros departamentos científicos convidados para o efeito, assim como um curso de *Química do Ambiente* em que se sublinhava o papel da evolução no desenvolvimento da biosfera. Podemos afirmar na generalidade que o estímulo produzido pela introdução do pensamento evolucionista nestes cursos assim como em todos os seminários interdisciplinares universitários sobre temas como *O Tempo*, *A Simetria na Arte e na Ciência*, *O que é a Verdade?*, *Paradigma e Paradoxo* e outros tópicos de natureza filosófica, sugere que os cursos de química geral do primeiro ano universitário devem ser enriquecidos pela introdução da problemática evolucionista que explicita e sublinha a unidade e universalidade da ciência.

(1) Editado por Harper and Row, Nova York. A edição francesa (*Editions du Seuil, Collection Points-Sciences*, Paris) tem o título: *Des astres, de la vie et des hommes*.

EQUILÍBRIO QUÍMICO E CINÉTICA QUÍMICA

Ana M. Simões
Raquel M. Gonçalves

Uma edição da
Sociedade Portuguesa de Química

1983