

100 ANOS DA QUÍMICA EM PORTUGAL SOB OS AUSPÍCIOS DA SPQ

Parte I. O papel do Congresso de Karlsruhe de 1860 na estruturação da Química como uma ciência moderna

AUGUSTO CORREIA CARDOSO E SEBASTIÃO J. FORMOSINHO*

A ciência, para além de ser uma actividade intelectual e uma prática, é também uma actividade social. Neste referente, a Química desempenhou um papel pioneiro na organização da ciência, pois é a primeira disciplina a pôr em marcha um Congresso Internacional. Perante as divergências existentes sobre o atomismo, o congresso surgiu para fomentar a comunicação e procurar consensos entre os químicos, o que, não tendo sido alcançado no imediato, veio a produzir efeitos duradouros sobre conceitos básicos da estrutura atómica e molecular. Através de um conjunto de livros de texto publicados entre 1850 e 1871, verifica-se que a Universidade Portuguesa acompanhou bem este enorme progresso para o ensino da Química.

A Química como ciência moderna e independente é indubitavelmente uma ciência europeia. Os anos da fundação das sociedades de química correspondem, em larga medida, ao grau de evolução da ciência química a nível das universidades, escolas politécnicas e academias e da industrialização nos diferentes países europeus. Na obra *“Creating Networks in Chemistry. The Founding and Early History of Chemical Societies in Europe”* [1], editada por Anita Kildebaek e Soňa Štrbáňová, verifica-se ser longo o arco temporal desta criação, desde 1841 (Grã-Bretanha) até 1919 (Polónia) [2]. Carece-se pois de enquadrar o nascimento da *Sociedade Chimica Portuguesa* em 1911 no panorama da química europeia, o que nos obriga a recuar até ao século XVIII e, respeitando os critérios editoriais de *QUÍMICA*, o *Boletim da Sociedade Portuguesa de Química*, apresentar este trabalho em quatro partes: as primeiras dizem respeito aos primórdios do nascimento e da organização profissional da química moderna nos séculos XVIII e XIX e ao papel da universidade de Coimbra neste percurso da química nacional; a terceira e a quarta debruçar-se-ão sobre o papel das escolas politécnicas neste mesmo caminhar e sobre a internacionalização da química portuguesa até ao presente.

OS PRIMÓDIOS DE INDEPENDÊNCIA E MODERNIDADE NA QUÍMICA

Para que um conjunto de factos experimentais e de práticas possa ser considerado como ciência, tem de ser informado por ideias, o que torna a actividade científica uma actividade intelectual. Nas Ciências da Natureza, tais ideias têm de ser passíveis de um teste empírico. Logo, o que se torna relevante são as *práticas de investigação* – estratégias de investigação, utensílios mentais e experimentais. Vai privilegiar-se assim a *finalidade cognitiva* da ciência. No caso da Química, que veio de um passado obscuro de tradições artesanais e de alquimia, com a sua dimensão secreta, mística e mágica, a porta da *modernidade* foi entreaberta por Robert Boyle com a capacidade de reprodução experimental, pois parece ter sido o primeiro a apresentar as suas observações experimentais sem “cozinhar” os resultados [3]. Acresce que os seus estudos eram guiados por uma teoria, o que o faz um verdadeiro «homem de ciência», e a lei da relação entre a pressão e o volume (lei de Boyle) nos seus estudos dos gases, como reconhece Jorge Calado, constitui um marco importante: a *matematização da química* [4]. Um nascimento prematuro da química-física.

Os trabalhos de Boyle foram muito importantes para a química, porque os seus escritos tornaram esta ciência nascente muito atractiva, como parte

de uma nova «filosofia natural», e não só para ser manipulada por farmacêuticos ou metalúrgicos. Era uma filosofia baseada num grande princípio unificador – a *visão mecânica do mundo*. Um mundo constituído por corpúsculos que actuavam por puxões e empurrões. A química do século XVII passou a ser uma “ciência mecânica” demasiado próximo da física. Mas a química carecia ainda de percorrer um longo caminho até alcançar uma teoria atómica coerente. Transcorre precisamente no Ano Internacional da Química, que estamos a celebrar, conjuntamente com o centenário da fundação da nossa sociedade de química, mais uma data marcante, os 350 anos da publicação de *The Sceptical Chymist*, por Boyle.

A busca de autonomia passou pelo surgimento na Alemanha da primeira teoria específica da química, entre 1703 e 1731: uma teoria de um princípio da inflamabilidade, a “teoria do flogisto” de Georg Stahl, com base em ideias mais antigas (1667) de Johann Becker. Como referiu Simões de Carvalho:

«Stahl, tinha imaginado para explicar este phenomeno [a combustão], a existencia d’um principio particular, a que dera o nome de phlogistico; mas isso não era mais do que um esforço do genio, luctando com as trevas da ignorancia em busca de uma idéa luminosa, que abraçasse todos os factos e formasse um corpo de doutrina» [5].

* Departamento de Química, Universidade de Coimbra, Rua Larga 3004-535 Coimbra, E-mail: sformosinho@qui.uc.pt

Porém, já no século XVIII, a química torna-se verdadeiramente numa “ciência independente” com Antoine Lavoisier. Este cientista produziu uma ruptura com a visão física de uma teoria corpuscular proposta por Boyle – temos de fundar esta ciência sobre aquilo que podemos saber, os *elementos*, e não sobre aquilo que não podemos saber, os *átomos* –, mas especialmente produzir uma ruptura definitiva com a perspectiva de um princípio “imponderável” de Stahl. Assim, veio a conferir à química um carácter quantitativo com base na balança [6]. Quem, como Althusser, vê a história como «um processo sem sujeito», então «Lavoisier não representa nada, é a balança que representa tudo, que o autoriza a falar». «A balança é então ao mesmo tempo o instrumento privilegiado do laboratório do químico, um conceito organizador que permite abstrair de certas circunstâncias, e um instrumento de argumentação que cria um palco de prova» [7].

A química independente do século XVIII surge já como uma química conquistadora que, por diversas vias, reivindica a dignidade e a legitimidade de uma ciência. No século XIX surge a *química académica e profissional*. Na França do séc. XIX, o grande iniciador de uma «escola de investigação» foi Claude Louis Berthollet e o seu mais eminente estudante Gay-Lussac [8]. Berthollet arranhou empregos para Gay-Lussac, que foi o primeiro químico a viver da sua profissão. Passou a ser comum no seio dos professores universitários a atitude de encontrar uma colocação para os seus discípulos.

Ainda no século XIX, e subseqüentemente no século XX, os territórios da química vão ser cada vez mais de *perfil industrial*, no mundo da produção e do trabalho. Por fim, marcadamente após a 2ª Grande Guerra, vai surgir a química desagregada em subdisciplinas, como uma *ciência central* e uma *ciência de serviço*. O carácter utilitário da ciência, e mormente da química, é bem notório, porque a química lida com as *transformações da matéria*, ou indo um pouco mais longe na profundidade dos conceitos, com “transmutações”.

O ANO DE 1860 PARA A QUÍMICA

O “Ano Internacional da Química” foi lançado pela UNESCO em 2011: “*The year 2011, the 100th anniversary of the award of the Nobel Prize in chemistry to Mme Maria Curie, will also provide an opportunity to celebrate the contribution of woman to science. The year also marks the 100th anniversary of the founding of the International Association of Chemical Societies (IACS), which was succeeded by IUPAC a few years later*”. Mas em 2010 perfez-se 150 anos de um «ano de ouro da Química»: 1860. Em Janeiro, Louis Pasteur, a pedido da Academia das Ciências de Paris, profere duas conferências sob o tema *Assimetria Molecular de Substâncias Orgânicas Naturais* [*Molecular Asymmetry of Natural Organic Substances*]. Estas conferências lançaram os alicerces para o trabalho posterior da relação entre a actividade óptica e a estrutura molecular, conduzindo, em 1874, às hipóteses independentes, de Jacobus H. van't Hoff (1º Prémio Nobel de Química) e de Joseph A. Le Bell, do carbono assimétrico. Em Maio desse ano, Robert Bunsen comunica à Academia de Ciências de Berlim a descoberta do quarto metal alcalino, o cézio. Esta descoberta vai marcar o início de um novo domínio da análise química, a análise espectroscópica. Em 3 de Setembro, durante três dias, inicia-se o Congresso de Karlsruhe.

Neste recuo de 151 anos ao Ano Internacional da Química, curemos um pouco de mais de alguns destes marcos, reservando considerações mais pormenorizadas sobre o congresso de Karlsruhe, pelo que representa para toda a evolução da ciência. É que as controvérsias sobre o atomismo no século XIX, e a sua resolução iniciada em Karlsruhe, desempenharam um importante papel na consolidação do conceito de átomo e de molécula na Física e Química do século XX, com consequências únicas para toda e qualquer ciência.

A QUÍMICA FÍSICA vai requerer a utilização de métodos físicos na investigação em química. O primeiro passo, e que grande passada nesse sentido, surge com a invenção da espectros-

copia em 1859. Como expressão impar da relevância desta nova metodologia, os seus inventores foram logo contemplados nos anos seguintes, 1860 e 1861, com a descoberta de novos elementos pouco abundantes na crosta terrestre, respectivamente o cézio (3 ppm) e o rubídio (14 ppm).

A espectroscopia foi fruto de um acontecimento raro na época, a colaboração de um químico, Robert Bunsen, e um físico, Gustave Kirchhoff. No meio das suas vidas cruzaram-se duas vezes, a primeira em Breslau e depois na Universidade de Heidelberg. Aqui tornaram-se amigos pessoais, quase inseparáveis. Eram acostumados nas ruas de Heidelberg, em conversação científica profunda, enquanto caminhavam juntos. Terá sido num desses passeios, que a observação de um pôr de sol visto das alturas arborizadas de Heidelberg os terá levado a encarar a análise espectral. A motivação de Bunsen, com enorme talento experimentalista, era a interpretação da cor dada à chama por diversos sais, fenómeno já conhecido desde 1758, ano em que Andreas Sigismund Marggraf (1709-1782) havia notado as cores que os sais de sódio e de potássio conferiam à chama. Tema posteriormente desenvolvido por Talbot e Herschel em 1826. Já a motivação de Kirchhoff, mais teórico do que experimentalista, era outra, a da interpretação das riscas do espectro solar descobertas em 1832 por Fraunhofer [9], que culminou, em 1860, com a publicação *Chemische Analyse durch Spektralbeobachtungen* [Chemical Analysis through spectral observations], amplamente baseado em experiências realizadas pelo Bunsen [*Annalen der Physik und der Chemie* (Poggendorff), Vol. 110 (1860) pp. 161-189].

Em 2003, os cientistas e historiadores americanos elegeram «As mais belas experiências» em química [10]. A primeira é de Louis Pasteur, a separação de cristais de enantiómeros – isómeros ópticos – fruto da cristalização, a temperaturas inferiores a 28°C, de um sal de ácido tartárico. Em 1836, Mitscherlich havia investigado a actividade óptica dos sais de dois tartaratos, o ácido tartárico normal, que era opticamente activo, e o ácido racémico (assim o denominou Gay-Lussac) ou

para-tartárico, que aparecia misturado com o normal sob a forma de pequenas agulhas brancas, mas não era opticamente activo.

Em 1848, Pasteur preparou e cristalizou dezanove sais de ácido tartárico, e separou-os com o auxílio de uma lente de aumento e de umas pinças, conseguindo orientá-los segundo as suas faces assimétricas, umas inclinadas para a direita, outras para a esquerda. Posteriormente, demonstrou que as duas formas cristalinas possuíam a propriedade de rodar o plano de polarização da luz polarizada em direcções opostas, e abriu um campo de grande importância em química orgânica e em bioquímica. A luz é uma onda em que vibram os seus dois campos, um eléctrico e outro magnético. Na luz normal, tais campos vibram em todas as direcções mas, recorrendo a polaróides ou cristais de quartzo, consegue-se que a luz só tenha um plano de vibração, a luz polarizada. Ora, a inactividade óptica do ácido racémico era fruto de ser uma mistura, em partes iguais, dos dois tipos de cristais [11]. Como refere Jorge Calado, Pasteur teve sorte, não só porque são muito poucas as substâncias que ao cristalizarem se separam espontaneamente em cristais dos dois tipos, como pelo facto de com o ácido tartárico esta separação ocorrer num intervalo estreito de temperaturas; no Verão, acima de 35 °C não teria descoberto a *enantiometria* [12].

Em 1860, Pasteur veio mesmo a admitir existir uma relação entre uma estrutura microscópica de hélices direita e esquerda, diríamos hoje configuração molecular, e actividade óptica. Nesse tempo ainda não era consensual o conceito de “molécula”, que só veio a emergir depois do congresso de Karlsruhe.

As nossas mãos são objectos simétricos que não se sobrepõem; estão uma para a outra como um objecto para a sua imagem num espelho plano. Topologicamente temos de considerar na sua orientação espacial quatro elementos diferentes: o polegar, o mindinho, as costas e a palma das mãos. Em 1874, e de modo independente, van't Hoff e Le Bell atribuíram a existência de *isómeros ópticos* a certas propriedades de orientação es-

pacial de grupos moleculares à volta de um átomo de carbono. Tais grupos distribuem-se espacialmente segundo os vértices de um tetraedro e criam uma topologia de simetria como a das nossas mãos. Tal só se consegue se os quatro grupos moleculares forem todos diferentes entre si, e assim se cria um centro *quiral* (do grego *cheir* que significa “mão”), como no caso do ácido tartárico.

A existência de substâncias que são isómeros ópticos e que Pasteur isolou sob a forma de cristais (macroscópicos), corresponde, a nível microscópico, a moléculas com um ou mais centros *quirais*. A quiralidade tem grande importância em bioquímica; por vezes, um isómero óptico tem sabor e o outro não. A explicação de todo o tipo de *isomeria* – a mesma fórmula molecular mas a existência de substâncias com propriedades diferentes –, incluindo a óptica, foi um dos grandes triunfos da química do século XIX, que se deve, em muito, aos químicos terem acreditado na existência real das moléculas.

Não conseguimos ver os átomos e as moléculas, mesmo com os instrumentos ópticos mais sofisticados dos séculos XVIII e XIX, microscópios e ultra microscópio. A beleza da experiência de Louis Pasteur é que visualiza a nível macroscópico, algo que tem uma profunda marca de estrutura a um nível microscópico, uma *configuração molecular*.

O CONGRESSO DE KARLSRUHE DE 1860

Neste breve enquadramento histórico devemos ver a ciência como uma actividade intelectual, como uma prática e como uma actividade social. Ora neste último sentido, a química desempenhou um papel pioneiro na organização da ciência, pois, como referimos, há 150 anos é a primeira disciplina a pôr em marcha um Congresso Internacional. Foram convidados 45 participantes, tendo assistido 20 destes convidados, e no total estiveram presentes 127 químicos oriundos de 11 países europeus e um do México; o congresso teve lugar, de 3 a 5 de Setembro de 1860, em Karlsruhe, no edifício do Parlamento [“*Ständehaus*”] com a presença de nomes muito so-

nantes da química do tempo. «Concretiza a existência de uma comunidade química internacional e define as regras do seu funcionamento: *comunicação* e necessidade de *consenso*. Por outro lado, aborda um problema teórico fundamental, pois o acordo sobre os números e as fórmulas está subordinado a um entendimento sobre as definições dos conceitos de base: átomo, molécula e equivalente» [13]. E ao tempo, a confusão era enorme, mesmo nos casos de substâncias tão simples como a água: H_2O , HO ou H_2O_2 . Este congresso constitui, indubitavelmente, «um dos maiores acontecimentos científicos na história da química» [14]. Mendeleev bem o reconheceu em carta escrita em Heidelberg, a 7 de Setembro de 1860, e endereçada a A. A. Voskresenski, seu professor na Universidade de S. Petersburgo: «O Congresso de química que agora acabou em Karlsruhe produziu uma marca tão profunda na história da nossa ciência que me sinto no dever de lhe descrever, mesmo em poucas palavras, todas as sessões do Congresso e os resultados a que chegou» [15].

Mas na circular de convite, como realça Oki, estavam ainda presentes divergências sobre a nomenclatura química mais adequada para ser usada por essa comunidade. Entretanto, uma questão fundamental estava subentendida nas preocupações explicitadas: a utilização dos conceitos de peso atómico ou equivalente químico [16].

Kekulé, Wurtz e Weltzien, este último o mais velho dos três, já com 47 anos, era professor da Escola Politécnica de Karlsruhe, reuniram-se em Paris nos finais de Março de 1860 e decidem convocar um congresso para serem debatidas questões teóricas emergentes numa química em desenvolvimento e procurarem encontrar alguns consensos na comunidade [17]. A força motriz deste congresso, que se desenrolou mais ao modo de uma *workshop* dos tempos de hoje, foi Friedrich August Kekulé, ao tempo professor de química em Ghent, mas o próprio Kekulé reconhece, em carta dirigida a Weltzien, que obterem a ajuda de Wurtz, «a personalidade mais importante», para a organização do congresso, era «meio caminho andado» [15].

A maioria dos participantes tomava uma posição conservadora segundo o dualismo electroquímico de Berzelius, mas um pequeno grupo com Kekulé e Gerhardt favoreciam ideias associadas a uma teoria molecular [18]. Os mais velhos não estiveram presentes, como Liebig, Wöhler, Mitscherlich; A. W. Hoffman foi convidado para ser um dos organizadores, mas declinou o convite e não esteve presente tendo, todavia, enviado os seus estudantes. Weltzien, que pelo seu bom feito se dava com os químicos mais velhos, sabia bem que os seguidores da escola de Gmelin nunca concordariam em fixar pesos atômicos com base em medidas de pressão de vapor ou de medidas físicas e muito menos por votação [19]. Como enfatizou Bous-singault numa das sessões a que presidiu, «não há uma química velha; há, sim, químicos velhos» [15].

Foram abordadas questões do tipo: i) Deve estabelecer-se uma distinção entre “molécula” e “átomo”, de modo que a “molécula” represente a menor partícula de um corpo que pode estar envolvida numa reacção química e que pode ser comparada com outras no que diz respeito às propriedades físicas, enquanto o “átomo” é a menor partícula de um corpo e está contido em moléculas?; ii) Deve passar a utilizar-se o “novo peso” atômico de 12 para o carbono ou deverá manter o “velho peso” de 6? Dumas favoreceu o uso do “novo peso” em química orgânica, mas que se deveria manter o “velho peso” em inorgânica. Cannizzaro, porém, foi fortemente contestatário de uma tal opção e que todos deviam usar o “novo peso”. Não houve votação nesta questão, mas a maioria inclinou-se a favor de Cannizzaro [15].

Embora o congresso tenha terminado sem se ter alcançado a almejada unanimidade, um artigo do italiano Staliso Cannizzaro, o químico que melhor se havia preparado para esta *workshop*, foi distribuído para o final do congresso pelo seu colega Angelo Pavesi (1830–1896), professor de química em Pavia. O artigo havia sido publicado em *Il Nuovo Cimento* em 1858 no vol. VII, e nele se mostrava como Cannizzaro recorria à hipótese de Avogadro para a quantificação da noção de moléculas em gases e con-

tribuía para a distinção entre termos como “átomo”, “molécula”, “equivalente”. Aliás, este era tema a que recorria no seu ensino em Itália [20]. Lothar Meyer leu a separata do artigo de Cannizzaro no seu regresso a Breslau: «Foi como se me tivessem caído escamas dos olhos; a dúvida desapareceu e deu lugar a um sentimento de uma tranquila certeza» [15]. O mesmo se terá verificado com muitos outros químicos e a proposta de Cannizzaro acabou por fazer o seu caminho ao longo do tempo, voltando Karlsruhe num marco da história da química e da história das ciências.

Neste congresso esteve presente um único químico português, docente na Universidade de Coimbra, o Doutor Mathias de Carvalho (Figura 1) [21, 22]. Este professor da Faculdade de Philosophia da Universidade de Coimbra havia realizado observações meteorológicas no Gabinete de Física antes de empreender a suas viagens científicas pela Europa, que o levaram até Paris. No final de Março de 1858 envia o primeiro relatório sobre a sua visita ao Observatório de Greenwich e ao Observatório Real de Bruxelas, onde aí acabou por participar, a convite de Alphonse Quetelet, nas observações do eclipse solar de 15 de Março do mesmo ano [23]. Para além dos relatórios sobre magnetismo terrestre e meteorologia, Mathias de Carvalho também enviou à Faculdade relatórios sobre metalurgia [24], mas nenhum sobre a sua participação em Karlsruhe.

Retomemos o curso dos trabalhos do “primeiro congresso internacional” de Química. O congresso de Karlsruhe foi o primeiro congresso de profissionais de uma disciplina científica, a que se seguiu, 20 anos depois, uma série de outros já com regularidade: em 1867 (Paris), 1872 (Moscou), 1873 (Viena), 1876 (Filadélfia), 1878 (Paris) e 1880 (Düsseldorf) [18]. Bem antes de Karlsruhe, membros de sociedades científicas de ciências naturais encontravam-se regularmente para ouvirem conferências, tão cedo como em 1746 na Suíça e em 1822 na Alemanha, mas tais encontros tinham essencialmente um carácter regional e cobriam várias disciplinas [18]. Voltando o nosso olhar para a Física,

atente-se a que o “1º Conselho Solvay”, patrocinado pelo químico belga Ernest Solvay (1838–1922), teve lugar em Bruxelas em 1911, e este ano a celebrar o seu centenário tal como a “Sociedade Portuguesa de Química”. Foi a 1ª conferência internacional de Física, cinquenta anos depois da primeira conferência internacional de Química!

Os congressos de “química aplicada” são distintos dos que tiveram lugar entre 1860 e 1893. O 1º Congresso de Química Aplicada teve lugar em Bruxelas e Antuérpia em 3-11 de Agosto de 1894 e foi organizado por “*L’Association belge des Chimistes*” [25]. Outros se seguiram em Paris 1896, Viena 1898, etc. e que tiveram influência na profissionalização dos químicos, nomeadamente em análises químicas.



Figura 1 – Mathias de Carvalho (de Vasconcellos) (1832-1910) foi o único cientista português presente no Congresso de Karlsruhe

«NO ENCONTRO DE KARLSRUHE, predominaram rivalidades entre os congressistas de diferentes nacionalidades, dificultando o entendimento na busca de soluções para os problemas. Os químicos franceses adotaram uma atitude conservadora em defesa do equivalentismo, enquanto que os alemães se mostraram mais abertos e progressistas. Bensaude-Vincent [...] considera que o Congresso de Karlsruhe marcou a “bifurcação” da Química alemã e da francesa, que optaram por percursos teóricos diferenciados. A opção dos alemães pelo atomismo facilitou o desenvolvimento da Química Estrutural e estudos de Estereoquímica, fundamentais para uma expansão industrial apoiada na

exploração da arquitectura molecular dos compostos orgânicos» [26]. E uma tal bifurcação vêm contribuir de novo para a proeminência da química alemã em relação à francesa e recuperar da queda da “teoria do flogisto” perante as ideias de Lavoisier sobre o papel do oxigénio na combustão, na respiração dos seres vivos e na oxidação.

Não obstante tais disputas, «outra importante consequência do Congresso de Karlsruhe (1860) foi a lei periódica dos elementos químicos. O próprio Dimitr Ivanovich Mendeleev (1834-1907) reconheceu que as definições de átomo e molécula, “votadas” no primeiro dia do Congresso, foram as principais mensagens do encontro que possibilitou a sua inovadora proposta de tabela periódica» [27]. Aliás, claramente reconhecida pela qualidade dos pesos atômicos que Cannizzaro apresentou na nota distribuída (ver Tabela 1). Só dispondo de “bons” pesos atômicos era possível a construção de uma Tabela Periódica por ordenação de pesos atômicos dos elementos por uma ordem crescente. Tal seria impossível a partir de uma simples ordenação de equivalentes. Outros químicos, seguindo os critérios de Cannizzaro, determinaram os pesos atômicos de muitos outros elementos, pois a Tabela Periódica apresentada por Mendeleev e por Lothar Meyer já incorporava muitos mais elementos do que os 31 de Cannizzaro. A Tabela Periódica elaborada por Lothar Meyer em 1868, e que não foi publicada ao tempo, já incluía 52 elementos [28]. Tal como Mendeleev, Meyer foi outro dos jovens químicos que esteve presente no Congresso de Karlsruhe e um dos primeiros a adotar o sistema de Cannizzaro e divulgá-lo na Alemanha no seu texto *Die modernen Theorien der Chemie und ihre Bedeutung für die chemische Statik* (As Teorias Modernas da Química e seu Significado para a Estática Química), publicado em 1864, onde inclui um primeiro esboço de uma tabela com 28 elementos. Foi graças a esta participação que construíram Tabelas Periódicas e mostraram a variação periódica das propriedades dos elementos em função do peso atômico. Este facto constituiu uma poderosa ferramenta preditiva, que permitiu a

Mendeleev prever a existência de novos elementos químicos e estabelecer as suas propriedades.

Tabela 1 – Breve lista de pesos atômicos coligida a partir da lista para 31 elementos apresentadas por Cannizzaro e comparadas com os pesos atômicos aprovadas pela IUPAC (2007) [29]

Elemento	Cannizzaro	IUPAC
Hidrogénio, H	1	1,0079
Oxígeno, O	16	15,999
Enxofre, S	32	32,065
Fósforo, P	31	30,974
Cloro, Cl	35,5	35,453
Bromo, Br	80	79,904
Iodo, I	127	126,90

Continue-se a seguir Maria da Conceição Marinho Oki na sua análise do congresso de Karlsruhe: «A interferência de factores políticos e sociais nos rumos da Ciência é evidente nesse episódio. Berthelot destacou-se também como político, tendo ocupado importantes cargos públicos como senador da República, presidente da Academia de Ciências e ministro da Instrução Pública. A presença no governo possibilitou a sua acção no sentido de afastar *atomistas* que ocupavam postos de destaque no meio governamental e a adopção da notação *equivalentista* na França, mesmo quando os físicos já se ocupavam com a caracterização do *electrão* [...] [A descoberta do electrão foi anunciada em 30 de Abril de 1897 num *Friday Evening Discourse* da *Royal Institution* por J. J. Thomson]. Em 1869, nas publicações da revista *Le Bulletin*, da Sociedade Química de Paris, registavam-se 25 estrangeiros e 23 franceses que utilizavam a notação *equivalentista* contra 191 estrangeiros e 22 franceses partidários da notação *atomista*, dos quais, a metade deles era constituída por alunos de Wurtz. [...] Os átomos foram incorporados aos manuais escolares franceses a partir de 1894. Entretanto, até 1930, eles ainda usavam a designação *hipótese atômica* e não *teoria atômica*» [30].

OBRAS DA UNIVERSIDADE DE COIMBRA SOBRE O PAPEL DA TEORIA ATÔMICA NA QUÍMICA

Durante o congresso, na sessão em que foi *chairman*, Dumas chamou a atenção para que a prolongar-se a confusão reinante em química, não só

haveria reflexos negativos no ensino e no progresso da disciplina, como poderia pôr-se em causa a segurança da sua actividade industrial [15].

Kekulé foi a figura central do Congresso de Karlsruhe. Escutemos a sua opinião: «Como químico, porém, eu recomendo a suposição de átomos, não apenas como recomendável, mas como absolutamente necessária à Química. Eu irei até mais longe, e declaro a minha crença de que *átomos químicos* existem, de modo que o termo seja compreendido para denotar aquelas partículas da matéria que não possam ser submetidas a divisões posteriores em metamorfoses químicas. Deverá o progresso da Ciência levar a uma teoria da constituição de átomos químicos, importante, tal como um conhecimento poderia ser para a filosofia geral da matéria, isto seria apenas uma pequena alteração na própria Química. O *átomo químico* permanecerá sempre a unidade química» [30].

«A hipótese de átomos contendo agregações de subátomos possibilitou uma maior compreensão dos conceitos de *valência* e *equivalente*. A *valência* seria o número de subátomos em um átomo, sua *atomicidade*; e o *equivalente* seria o peso de um subátomo [...]. A definição de *equivalente* passou a ser “o peso atômico dividido pela *valência*”, forma que os livros didáticos utilizaram para apresentar essa definição até as últimas décadas» [30].

Como referimos, no congresso de Karlsruhe esteve presente um químico português, Mathias de Carvalho (e Vasconcellos). Regressado ao país, foi eleito deputado e, em Março de 1865, é nomeado Ministro dos Negócios da Fazenda, e depois nomeado Director da Casa da Moeda, que dependia da Universidade de Coimbra. Aí tornou-se notório pelas reformas que levou a cabo na instituição, tanto na cunhagem de moeda, como no fabrico das estampilhas do imposto de selo. Deixou a direcção da Casa da Moeda para iniciar a carreira diplomática na qual se manteve até ao fim da vida. Mas o que representa Mathias de Carvalho neste debate sobre a teoria atômica?

Recuemos uma dezena de anos com a vinda a lume, em 1850, da obra “Lições de Philosophia Chimica” (Figura 2), de Joaquim Augusto Simões de Carvalho, lente catedrático da *Faculdade de Philosophia* da Universidade de Coimbra. A obra patenteia bem algumas das dificuldades estruturantes sobre o estabelecimento das fórmulas químicas de substâncias tão simples como a água.

«A lei dos equivalentes é também uma consequência necessaria dos principios da theoria atomica; porque se os differentes corpos A, B, C, D, E, etc. podem combinar-se entre si na relação de um atomo de um com um atomo do outro, forçosamente ha de acontecer que as quantidades ponderaveis de differentes corpos, que se combinam com uma dada quantidade d'um certo corpo, hão de também combinar-se com uma mesma quantidade d'outro corpo qualquer. Sendo assim, é evidente que os pêsos dos atomos dos differentes corpos estarão entre si como as quantidades ponderaveis, a que damos o nome d' equivalentes.

Era por tanto muito conveniente determinar o peso relativo dos atomos dos differentes corpos, tomando o pêso atomico d'um d'elles por termo de comparação. Os Inglezes tomaram o pêso atomico do hydrogeno por unidade e termo de comparação; na Suécia, na Alemanha e na França adoptou-se de preferencia o oxygeno, por existir na maior parte dos compostos, e representou-se o seu pêso atomico por 100. D'esta arte, os pêsos relativos dos atomos dos differentes corpos vem a confundir-se completamente com os equivalentes chimicos.

Há porém alguns casos, em que assim não acontece; é o que tem lugar, todas as vezes que por considerações particulares se pode suppor que o equivalente representa um multiplo ou submultiplo do pêso do atomo. A agua, por ex, sendo composta d'um equivalente d'hydrogeno e outro d'oxygeno, tem por formula chimica HO, em quanto que a sua formula atomica é H₂O; porque, tendo-se supposto que todos os gazes simplicies debaixo da mesma pressão e á mesma temperatura conteem o mesmo numero de

atomos em volumes iguaes, e sendo a agua formada de dous volumes de hydrogeno e um d'oxygeno, é forçoso que o atomo integrante da agua seja formado de dous atomos d'hydrogeno e um d'oxygeno. Admittida esta hypothese, é claro que o pêso do atomo do hydrogeno deve ser ametade do equivalente d' este corpo. [...]

Demais, se todos os gazes contêm o mesmo numero, de atomos em volume igual, como é que um volume de chloro e outro de hydrogeno, produzem dous volumes de acido chlorhydrico? [...] D'este facto e d'outros semelhantes deveria immediatamente concluir-se a falsidade do principio que estabelece um igual numero de atomos em todos os gazes debaixo do mesmo volume» [31].

Mathias de Carvalho publicou, em 1855, um texto para o ensino liceal sobre “Princípios Elementares de Physica e Chimica”. Na 1ª parte, a de Física, com 109 páginas, escreve a respeito dos corpos:

«Suppõe-se, que em um corpo qualquer os atomos não existem igualmente distantes uns dos outros, mas antes agrupados de maneira que for-

mam o que se designa pelo nome de *molecula*: são por conseguinte os corpos – *agregados de moleculas*» [32].

Na 2ª parte, a de Química, com 64 páginas, aborda mais aprofundadamente a teoria atômica:

«Os chimicos dão o nome de corpos simplicies ou elementos áquelles que não temos meios de decompor em outros corpos. [...] Tanto os corpos simplicies como os compostos *são formados de moleculas ou atomos chimicos*» [33].

Na obra apresenta 61 elementos, nem todos correctos, e, por exemplo, sobre a água ainda refere em termos de fórmula: «protoxydo de hydrogenio ou Agua, HO» [34]. O metano, denominado “protocarbureto de hidrogénio” é apresentado com a fórmula correcta, CH₄ [35].

A obra conclui com uma “Advertencia do Auctor” com a data de 27 de Dezembro de 1857:

«Poderia dar desde ja por terminadas estas breves noções de chimica, porque para o fim a que é destinado este trabalho, não julgo que esteja

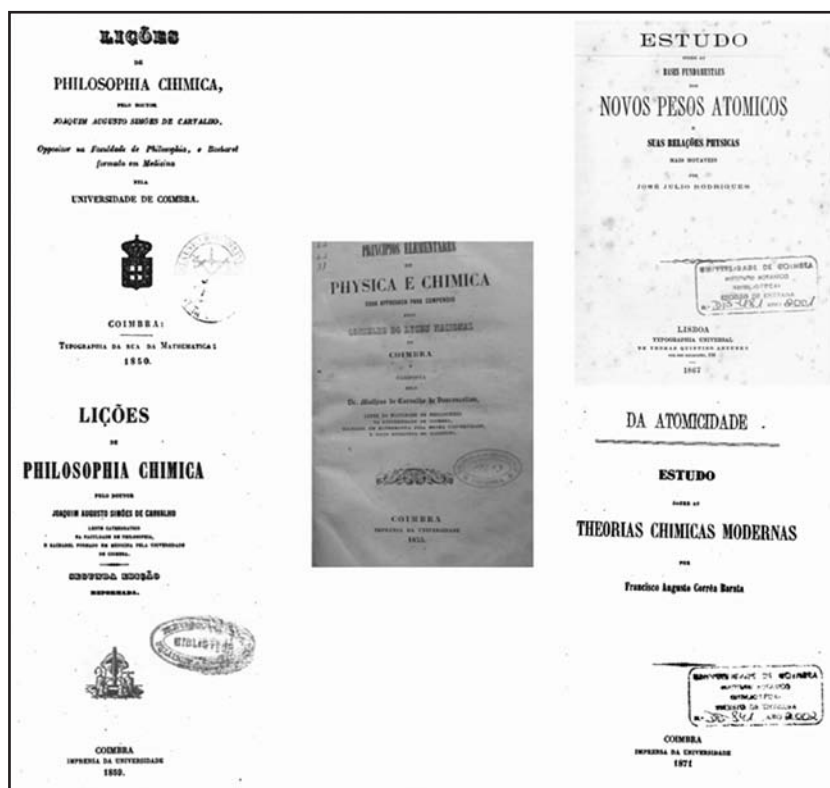


Figura 2 – Livros universitários sobre teoria atômica publicados por escolares da Universidade de Coimbra antes e depois do Congresso de Karlsruhe de 1860

defficiente em quanto ao numero de materias que comprehende; comtudo, é meu propósito tratar ainda d'alguns outros metaes e seus compostos, mais importantes, mas a falta de tempo não permite agora fazer entrar no prélo este pequeno supplemento ao que fica publicado; comprometto-me porem, apesar de auzente, a fazel-o apparecer a lume antes do fim do anno lectivo corrente» [36].

Em 1859, Joaquim Augusto Simões de Carvalho tira a lume a 2ª edição da sua obra "Lições de Philosophia Quimica", precisamente um ano antes do congresso de Karlsruhe, e que apresentará bem, ao tempo, a posição da Universidade de Coimbra no debate sobre o atomismo em química. No prefácio desta edição, na "Advertência" da obra, escreve:

«Entendi em minha consciência, que não devia eximir-me ao penoso dever de tirar a lume a segunda edição d'este livro. Não foi o interesse que me moveu a esta empreza, porque todos sabem o limitado consumo que entre nós tem as obras de sciencias naturaes, e, muito menos uma ambição litteraria mal entendida, porque sei avaliar os dotes raros e a força de trabalhos que a vida d'escriptor público exige.

Há porém uma obrigação rigorosa, a que um author não pôde faltar, sem quebra da sua dignidade, e sem offensa das necessidades e conveniencias do ensino. E corrigir e aperfeiçoar o seu livro, acompanhando os progressos e desinvolvimento da sciencia, polindo defeitos, e supprindo faltas, que sempre escapam na primeira redacção.

Os progressos da Chimica succedem-se com tal rapidez, as suas principaes hypotheses e theorias soffrem todos os dias tão variadas interpretações, que se torna uma lei irrevogavel para o escriptor, seguir este movimento incessante de descobertas e acquisições. O tempo decorrido desde que se publicou a primeira edição [9 anos], já é um intervallo grande, para registrar tantos e tão importantes descobrimentos, que vão mudando a face da Chimica» [37].

«Para comprehender e avaliar o estado presente da sciencia, é necessário consultar os Jornaes. Só nas

memórias originaes, se podem colher as verdadeiras e genuinas ideias dos autores sobre os pontos e theorias mais transcendentas da Chimica Philosophica, e que de ordinário se encontram adulteradas e sofismadas nos livros» [38].

A obra de 1859 refere, em diversas ocasiões «teoria atômica», e «no estudo actual da Chimica, compõe-se do estudo geral das particulas materiaes, a que os Chemicos dão o nome d' atomos, e do das forças a que essas partículas estão sujeitas» [39]. E prossegue:

«A theoria atomica, que acabamos d'expôr, é uma das theorias que maior influencia tem tido nas sciencias phisicas: as suas numerosas applicações à Chimica, as muitas descobertas, a que deu lugar, e a simplicidade admiravel, com que explica os factos, a collocam á frente de todas as theorias especulativas. Não obstante porém um tão feliz successo, e em consequencia d'elle, o entusiasmo com que foi geralmente recebida, esta theoria tem perdido muito do seu prestigio nestes ultimos tempos» [40].

«No estado actual da sciencia as fórmulas atomicas ou são desnecessarias, quando correspondem às formulas chemicas, ou são inuteis, quando ha discordancia entre umas e outras. Quando fosse rigorosamente demonstrado, que o não é, que a fórmula atomica da agua é H^2O , para pouco nos serviria este conhecimento, em quanto que a fórmula chimica HO tem a vantagem de nos indicar immediatamente a composição da agua, ou a relação entre as quantidades ponderaveis dos principios componentes» [41].

As controvérsias sobre as «fórmulas químicas» permanecem em Simões de Carvalho, mas a noção de *átomo químico*, já presente na obra anterior de Mathias de Carvalho, surge bem clarificada:

«a molecula tem uma grandeza constante e invariavel em cada corpo, e não pôde ser alterada, sem alteração na natureza do corpo; atomo chimico e molecula são expressões equivalentes» [42].

«Se estas particulas são ou não divisiveis ao infinito, não o podemos nós

saber, e pouco importa para a explicação dos factos; basta que elas sejam indivisiveis sob a acção das forças chemicas, ou, por outras expressões que cada corpo se divida sempre em particulas da mesma grandeza, todos as vezes que elle entrar em combinação com outro. A estas particulas deu Berzelio o nome de *atomos chemicos*, que não devem confundir-se com atomos reaes ou atomos phisicos, ultimo termo da divisão possivel na hypothese de que a materia não é divisível ao infinito» [43].

Indubitavelmente, as obras sobre a teoria atômica dos escolares conimbricenses vão patenteando progressos com o decurso do tempo. Merece realce a «dissertação inaugural» publicada em 1871 – "Da Atomicidade. Estudo sobre as theorias chemicas modernas" (Figura 2) – para o «Acto de Conclusões Magnas» da Faculdade de Philosophia, na qual Francisco Augusto Corrêa Barata apresenta uma visão apoiada nas ideias de Wurtz sobre *atomicidade*, o poder de combinação dos átomos:

«Alem dos atomos admite-se, para explicar a constituição dos corpos, a noção de *molecula*. Esta hypothese liga-se naturalmente á primeira, porque a molecula nada mais é, em geral, do que uma reunião de atomos. [...] Quando a molecula é formada por átomos de differente natureza, o corpo é composto; quando é formada por átomos idênticos, o corpo é simples» [44].

Corrêa Barata também beneficia de uma obra vinda a lume em 1867, "Novos Pesos Atômicos" [45], e que cita, o que nos obriga a um breve parêntesis na nossa exposição. Trata-se da tese de José Julio Bettencourt Rodrigues (1843-1893) para o concurso para lente Substituto de Química Inorgânica na Escola Polytechnica de Lisboa (Figura 2). A tese reflecte o pensamento da escola de química da Universidade de Coimbra, pois Bettencourt Rodrigues aí se havia formado com um Bacharelato em Matemática e Filosofia, precisamente no mesmo ano do concurso (1867). E conclui esta dissertação do seguinte modo:

«A antiga noção de equivalente deve desaparecer da sciencia, como inexacta, insufficiente e confusa, substi-

tuindo-se os equivalentes pelas grandezas ponderáveis do átomo e da molecula» [46].

Os pesos atômicos apresentados já são próximos dos actuais: por exemplo, C=12; O=16; S=32, Cl=35,5, Br=80, I=127, etc. [47-49]. «Representemos um composto qualquer pela formula $np + n'p'$, em que n e n' representam os números de átomos p e p' , que nelle existem. Seja p' o escolhido para a unidade de pesos atômicos e equivalentes. O peso atômico do corpo p , por mais que variem n e n' , será sempre expresso pela relação p/p' , inteiramente independente d'aquelles números. Não succede porém o mesmo aos equivalentes, que exprimem a relação $np/n'p'$ » [50].

É de realçar que para interpretar a afinidade entre átomos iguais, como na reacção entre o hidreto de cobre e o ácido clorídrico, o autor vá admitir uma "polaridade eléctrica" oposta aos dois átomos de hidrogénio: $(-)\text{H}\text{Cu} + (+)\text{HCl} = \text{CuCl} + (-)\text{H}(+)\text{H}$ [51]. Raciocínio idêntico aplica-o em outros casos, como na formação da molécula de oxigénio. Reminiscência e generalização indevida de um dualismo eléctrico de Berzelius. Esta obra ainda refere o termo «átomo chimico» [52], como em Simões de Carvalho, mas ainda não se havia alcançado a correcta fórmula molecular para moléculas orgânicas tão simples e importantes como a do ácido acético ($\text{C}^4\text{H}^4\text{O}^4$) [53].

José Júlio Rodrigues desempenhou um papel pioneiro no desenvolvimento da fotografia no nosso país, bem como «na aplicação dos processos fotomecânicos na elaboração de mapas, tendo desenvolvido e aperfeiçoado alguns destes processos, nomeadamente, a fotozincografia, a fotolitografia com placas de estanho, a toponímia, bem como a impressão a cores» [54]. Segundo Maria Estela Jardim *et al.* «José Júlio Rodrigues destacou-se a nível europeu na área da Química, estando ligado a Wurtz, von Hofmann e M. Frémy».

Retomando a obra de Corrêa Barata, verifica-se que já apresenta correctamente a fórmula da molécula da água, H^2O , e do oxigénio, OO [55]. Igualmente, avança pelos conceitos

de radical, "teoria dos tipos", "família" de moléculas. Como expressão de um progresso na interpretação da teoria atômica em química orgânica, a fórmula molecular do ácido acético já surge correcta ($\text{C}^2\text{H}^4\text{O}^2$) [56], bem como, por exemplo, a fórmula estrutural da etilamina (o símbolo do azoto ainda é Az) [57]; a obra já não faz referência ao termo «átomo atômico». E este autor esclarece-nos:

«Veja-se agora a que distancia estão as idéas actuaes d'aquellas que, ainda não vai muito tempo [12 anos], eram enunciadas por um sabio professor e elegante escriptor nosso [refere-se a Simões de Carvalho em "Lições de Philosophia Chimica", edição de 1859]» [58].

Se a presença de Mathias de Carvalho no Congresso de Karlsruhe teve alguma influência num mais actualizado entendimento da teoria atômica em Coimbra, não podemos afirmar com base em factos e testemunhos escritos. Com efeito, este professor publicou em "O Instituto", em 1858 e 1859, e "Relatórios dirigidos à Faculdade de Filosofia da Universidade de Coimbra pelo seu vogal em comissão fora do reino", mas não surge qualquer publicação posterior [59].

No entanto, é de destacar a posição de Corrêa Barata sobre a «variabilidade ou invariabilidade da atomicidade». Segue a primeira das hipóteses, sustentada por Wurtz, de quem foi discípulo Mathias de Carvalho, em detrimento da última, defendida por Kekulé explicitamente «no Congresso dos naturalistas e medicos allemães, reunidos em Innsbruck, em 1869» [60]. E verifica-se que a respeito da «teoria atômica», em Coimbra segue-se a corrente minoritária em França, defendida pelos discípulos de Wurtz, mas que veio a ser a corrente triunfante na Alemanha e na Grã-Bretanha. A dissertação de Corrêa Barata, reflecte bem, no panorama da química coimbrã, os progressos sem precedentes que o Congresso de Karlsruhe possibilitou ao desenvolvimento da Química Orgânica na segunda metade do século XIX e muito em especial enuncia:

«Para os gases compostos a lei de Avogadro e Ampère enuncia-se da se-

guinte forma: volumes eguaes de dois gases compostos contêm o mesmo numero de *moleculas*» [61].

O nome de Avogadro não é referido por Simões de Carvalho, mas já surge na obra de José Júlio Rodrigues:

«Avogadro, chimico italiano e depois Ampère e Berzelius, disseram que volumes eguaes de gases simples encerram o mesmo numero de átomos, suppondo, já se vê, egualdade de pressão e de temperatura. É comtudo este enunciado geralmente conhecido pelo nome de lei de Ampère» [62].

Para um pouco adiante no exame crítico desta lei, concluir:

«vê-se que não ha razão alguma necessaria, que determine a existencia da lei de Ampère, conforme foi enunciada» [63].

Acresce o significativo número de livros de químicos portugueses vindos a lume no período de uma geração sobre a teoria atômica, e com uma notável periodicidade (1850, 1855, 1859, 1867 e 1871), revelador de que a Universidade Portuguesa não esteve alheia à importância estruturante para a Química e a Física dos progressos incrementais desta temática.

Entre 1859 e 1861, Agostinho Vicente Lourenço trabalhou no laboratório de Adolphe Wurtz, em Paris. Aí recebeu a visita de Kekulé em meados de 1959, quando este se deslocou para tratar da organização do congresso com Wurtz; Lourenço e Kekulé eram amigos desde os tempos de Heildelberg onde ambos haviam estado [19]. Aí se encontrava ao tempo Mathias de Carvalho. Contudo, só houve um português presente em Karlsruhe e foi o segundo destes químicos.

Mathias de Carvalho era lente da *Faculdade de Philosophia* na Universidade de Coimbra, uma escola que já havia editado livros de texto relevantes para os temas do congresso, um dos quais de sua autoria. Como refere António J. F. Leonardo: «Se bem que a revista científica fosse vital para o desenvolvimento da ciência, o livro científico conservou o seu maior estatuto, nomeadamente na transmissão de conteúdos mais abrangente e com

Tabela 2 – Conceitos e termos da teoria atômica utilizados em química em obras universitárias portuguesas

Autores	Simões de Carvalho	Mathias de Carvalho	Simões de Carvalho	Julio Rodrigues	Corrêa Barata
Data de edição	1850	1855	1859	1867	1871
Átomo	sim	sim	sim	sim	sim
Molécula	sim	sim	sim	sim	sim
Teoria atômica	sim		sim	sim	sim
Equivalente	ácido sulfúrico $500 = 1\text{ S}$ (200) + 3 O (100)		ácido sulfúrico $500 = 1\text{ S}$ (200) + 3 O (100)	inútil	ideia banida
Átomo químico	sim	sim	sim	sim	
Atomicidade				sim	sim
Valência					quantivalencia
Fórmulas da água	HO (fórmula química)	HO (protoxydo de hydrogenio)	HO (fórmula química)	HO	
	H ² O (fórmula atômica)		H ² O (fórmula atômica)	$\begin{matrix} \text{H} \\ \text{H} \end{matrix} \text{O}$	H ² O (molécula de água)
Acido sulfúrico	SO ³	SO ³	SO ³		$\begin{matrix} \text{SO}^2 \\ \text{H}^2 \end{matrix} \text{O}^2$
Acido carbónico	C ² O ³		C ² O ³		
Metano		CH ⁴ protocarbureto de hydrogenio			CH ⁴
Acido acético				C ⁴ H ⁴ O ⁴	C ² H ⁴ O ²
Benzeno				C ¹² H ⁶ (benzina)	C ⁶ H ⁶ (benzina)

maior impacto» [64]. A Tabela 2 faz um breve resumo de conceitos e termos da teoria atômica utilizados em química nas obras publicadas por diplomados pela Universidade de Coimbra entre 1850 e 1871, portanto antes e depois do Congresso de Karlsruhe de 1860. Neste contexto, surge com bastante naturalidade a “presença da Universidade de Coimbra”, através de Mathias de Carvalho, neste marco da história da ciência, interesse que permaneceu para além de Karlsruhe nos seus professores.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Técnica de BAD Maria Judite Laranjeira, todo o apoio prestado na obtenção de livros e documentos antigos, e agradece-se igualmente o apoio financeiro da Fundação para a Ciência e a Tecnologia.

REFERÊNCIAS

- [1] A.K. Nielsen, S. Štrbáňová (ed.), *Creating Networks in Chemistry. The Founding and Early History of Chemical Societies in Europe*, RSCPublishing, Cambridge, 2008.
- [2] A.K. Nielsen, S. Štrbáňová, *Creating Networks in Chemistry. The Founding and Early History of Chemical Societies in Europe*, RSCPublishing, Cambridge (2008) 330.
- [3] D. Knigh, *Ideas in Chemistry. A History of the Science*, The Athlone Press, London (1992) 82; J.F. Fulton, *A Bibliography of the Honourable Robert Boyle*, 2nd ed, Oxford (1961) 9ff.
- [4] J. Calado, *Haja Luz! Uma história da química através do tudo*, IST Press, Lisboa (2011) 97.
- [5] J.A.S. Carvalho, *Lições de Filosofia Chimica*, Imprensa da Universidade, 2^a ed., Coimbra (1859) 20.
- [6] Knigh, *ob. cit.*, p. 11.
- [7] B. Bensaude-Vincent, I. Stengers, *A História da Química*, Instituto Piaget, Lisboa (1996) 134.
- [8] Knigh, *ob. cit.*, p. 148.
- [9] M.E.S. Eusébio, M.L.P. Leitão, J.S. Redinha, *Apointamentos da história do Laboratório Químico da Universidade de Coimbra. A evolução da espectroscopia, Química, Boletim da SPQ*, **93** Abril-Junho (2004) 33-41.
- [10] M. Freemantle, *Chem. Eng. News*, **25** Agosto (2003) 27-30.
- [11] Calado, *ob. cit.*, pp. 481-484.
- [12] *Id.*, p. 484.
- [13] Bensaude-Vincent, Stengers, *ob. cit.*, p. 196;
- [14] P.R. Polo, *Anales de Química*, **106** (2010) 231 – 239.
- [15] C. de Milt, *J. Chem. Educ.*, **28** (1948) 421-425.
- [16] M.C.M. Oki, *Química Nova*, **26** (Novembro 2007) 24-28; acessível em <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc26/v26a07.pdf>.
- [17] Charles-Adolphe Wurtz (1817-1884). *Accounts of the Sessions of the International Congress of Chemists in Karlsruhe*, 3, 4 and 5 September 1860”; em <http://web.lemoyne.edu/~giunta/karlsruhe.html> (acedido em 29-04-2005).
- [18] M.W. Mönnich, *Chemistry International* (IUPAC), **32** (2010) 10-14.
- [19] C. Milt, *Chymia*, **1** (1948) 153-169.
- [20] S. Cannizaro, “Sunto di un corso di filosofia chimica”, Pisa, 1858; Román Polo; *ob. cit.*
- [21] S.J. Formosinho, “Nos Bastidores da Ciência. 20 Anos Depois”, Imprensa da Universidade de Coimbra, Coimbra (2007) 98, 111.
- [22] Román Polo apresenta Simões de Carvalho como o representante português, mas perante a acta em “Charles-Adolphe Wurtz (1817-1884), Account of the Sessions of the International Congress of Chemists in Karlsruhe, on 3, 4, and 5 September 1860” (em <http://bit.ly/9KrG9x>, acedido em 8-06-2011) a registar Mide Carvalho (M. de Carvalho) refere-se a Mathias de Carvalho, ao tempo a trabalhar em Paris com Wurtz.
- [23] A.J.F. Leonardo, “O Instituto de Coimbra e a evolução da Física e da Química em Portugal de 1852 a 1952”, dissertação de doutoramento, Universidade de Coimbra (2011) 103.
- [24] *Id.*, p. 241.

- [25] D. Thorburn Burns e H. Deelstra, *Microchim Acta*, **172** (2011) 277–283.
- [26] Oki, *ob. cit.*, com ortografia adaptada.
- [27] A.J. Ihde, *The Development of Modern Chemistry*, A Harper International Student Reprint, New York (1964) 243-249; Oki, *ob. cit.*.
- [28] Ihde, *ob. cit.*, p. 250.
- [29] Ihde, *ob. cit.*, p. 226-230; Román Polo, *ob. cit.*.
- [30] Oki, *ob. cit.*, com ortografia adaptada.
- [31] J.A.S. Carvalho, *Lições de Filosofia Química*, Imprensa da Universidade, 1ª ed., Coimbra (1850) 225-226.
- [32] M.C. Vasconcellos, *Princípios Elementares de Physica e Chimica. 1ª Parte, Princípios de Physica*, Imprensa da Universidade, Coimbra (1855) 1-2.
- [33] M.C. Vasconcellos, *Princípios Elementares de Physica e Chimica. 2ª Parte, Princípios de Chimica*, Imprensa da Universidade, Coimbra, (1855) 2.
- [34] *Id.*, p.15.
- [35] *Id.*, p.29.
- [36] *Id.*, p. 64.
- [37] S. Carvalho, *Lições de Philosophia Chimica*, Imprensa da Universidade, 2ª ed., Coimbra, Setembro de 1859, Advertencia.
- [38] *Id.*, p. XI.
- [39] *Id.*, p. 9.
- [40] *Id.*, p. 225.
- [41] *Id.*, p. 232.
- [42] *Id.*, p. 245.
- [43] *Id.*, p. 243.
- [44] F.A.C. Barata, *Da Atomicidade. Estudo sobre as theorias chimicas modernas*, Imprensa da Universidade, Coimbra (1871) 18.
- [45] J.J. Rodrigues, *Estudos sobre as Bases Fundamentais dos Novos Pesos Atômicos e suas Relações Physicas Mais Notáveis*, Typographia Universal, Lisboa, 1867.
- [46] *Id.*, Conclusão p. 129.
- [47] *Id.*, p. 17, nota 1,
- [48] *Id.*, p. 18.
- [49] *Id.*, p. 91.
- [50] *Id.*, pp. 46, 47.
- [51] *Id.*, p. 20.
- [52] *Id.*, pp. 28-34, 71, 76, 77, 80, 92, 98.
- [53] *Id.*, p. 50.
- [54] M.E. Jardim, F.M. Costa e I.M. Peres, “José Júlio Rodrigues e a sua contribuição para o desenvolvimento da cartografia portuguesa e dos processos fotomecânicos do século XIX”, *II Simpósio Luso-Brasileiro de Cartografia Histórica*, Lisboa, 25 e 26 de Outubro 2007, em http://www.igeo.pt/servicos/DPCA/PDF/007_EstelaJar-dim.pdf (acedido em 14-06-2011).
- [55] C. Barata, *ob. cit.*, p. 38.
- [56] *Id.*, p. 31.
- [57] *Id.*, p. 43.
- [58] *Id.*, p. 62.
- [59] O Instituto, “As ciências Físico-Químicas n' O Instituto”, “*Índices Ideográfico, Cronológico e Onomástico*” em <http://www.uc.pt/bguc/PDFS/IndicesFisica> (acedido em 22-06-2011). O mesmo índice encontra-se reproduzido no Anexo I da dissertação de doutoramento de A. J. F. Leonardo.
- [60] C. Barata, *ob. cit.*, p. 155.
- [61] *Id.*, nota 1, p. 39.
- [62] J. Rodrigues, *ob. cit.*, p. 93.
- [63] *Id.*, p. 98.
- [64] Leonardo, *ob. cit.*, p. 14.



ACTUALIDADES CIENTÍFICAS

TRANSMUTAÇÃO ÁCIDO A BASE

Ao contrário dos esforços infrutíferos dos alquimistas na transmutação de metais em ouro, um grupo de investigação conseguiu agora a transmutação bem sucedida de compostos de boro de natureza ácida em aductos de borileno estáveis, que apresentam um carácter básico semelhante às aminas. A basicidade dos aductos pode conduzir ao desenvolvimento de novos catalisadores. Os borilenos, complexos monovalentes de boro com um par de electrões não ligantes e duas orbitais não ocupadas, têm sido até agora observados apenas de uma forma transitória como intermediários. Foi possível também obter espécies estáveis por coordenação dos borilenos com metais de transição. No entanto, ainda não se tinham observado aductos de borileno estáveis e com propriedades básicas. O professor de química Guy Bertrand da University of California, em Riverside, e do Centre National de la Recherche Scientifique, de França, e colaboradores,

fizeram agora reagir um carbeno com um composto de boro de modo a sintetizar o primeiro aducto de borileno não metálico estável (Science, DOI: 10.1126/science.1207573). Este aducto é uma base que pode ceder um par de electrões não ligantes. Os ligandos geralmente usados na construção de complexos catalíticos metálicos deverão ser compostos que possuam pares de electrões não ligantes, como bases de nitrogénio e fósforo. Os compostos de boro ácidos não verificam este requisito, mas os correspondentes compostos básicos poderão revelar-se úteis no desenvolvimento de uma nova classe de catalisadores. Deste modo, a UC Riverside propôs uma patente referente a este tipo de ligandos. Os borilenos são deficientes em termos de electrões, já que possuem apenas quatro electrões, e não os habituais oito, na sua camada de valência. A cedência de dois pares de electrões provenientes de radicais de carbeno às duas orbitais vazias possibilita que o aducto de

borileno estabilize e assuma uma configuração idêntica à do nitrogénio.

Bertrand e colaboradores demonstraram a basicidade do aducto de borileno através da sua protonação, obtendo o respectivo ácido conjugado, e oxidando o aducto de modo a formar um radical catiónico semelhante aos obtidos a partir da oxidação de aminas. Quer o aducto de borileno, como o catião correspondente, são estáveis sob árgon à temperatura ambiente por um período de pelo menos dois meses.

(adaptado do artigo de 01/08/2011 de Stu Borman: Acid-To-Base Transmutation
Chemical & Engineering News –
<http://pubs.acs.org/cen/news/89/i31/8931notw7.html>)

Paulo Brito
(paulo@ipb.pt)
Instituto Politécnico de Bragança