

Ácidos, bases e a identidade da ciência química

Acids, bases, and the identity of chemistry

Maria Helena Roxo Beltran | Pontifícia Universidade Católica de São Paulo

ibeltran@pucsp.br

<https://orcid.org/0000-0001-9522-5867>

RESUMO Neste artigo, seguiremos um percurso histórico que passará por registros de conhecimentos práticos e reflexões sobre ácidos e bases em textos elaborados em diferentes épocas e culturas. Destacaremos, registros sobre poderosas “águas agudas” mencionadas em manuscritos medievais, práticas de identificação de ácidos e álcalis descritas por Boyle, aspectos da relação entre ácidos e oxigênio proposta por Lavoisier. Também dedicaremos especial atenção a algumas ideias de Lewis, expressas em seu artigo “*Acids and bases*” de 1938. Além disso, apontaremos o potencial do tratamento didático desses conceitos em sua relação com abordagens históricas de conteúdos químicos no ensino. Ao longo desse percurso, analisando a construção de ideias sobre ácidos e bases em seus contextos de elaboração, conforme perspectivas atuais em história da ciência, veremos que relações de continuidade e ruptura entre as teorias ácido-base podem ser entendidas como reflexo de um movimento mais amplo de estabelecimento da química enquanto ciência com identidade própria, o qual se acentua entre o final do século XIX e o começo do XX.

Palavras-chave história da ciência – história da química – teorias ácido-base – identidade da química.

ABSTRACT *This paper follows a historical path through records of practical knowledge and reflections on acids and bases in texts produced in different times and cultures. It highlights records on some powerful “sharp waters” mentioned in medieval manuscripts, as well practices for identifying acids and alkalis described by Boyle, and aspects of the relationship between acids and oxygen proposed by Lavoisier. It also dedicates special attention to some Lewis’ ideas expressed in his article “Acids and bases”, published in 1938. Furthermore, we will point out the potential of didactic treatment of these concepts, concerning historical approaches to chemical content in teaching. Thus, this paper analyzes the construction of ideas about acids and bases in their contexts of elaboration, according to current perspectives in the history of science. It intends to show that relationships of continuity and rupture between acid-base theories can be understood as a reflection of a movement, which became more pronounced between the 19th and 20th centuries, leading to the establishment of chemistry as a science with its own identity.*

Keywords *history of science – history of chemistry – acid-base theories – identity of chemistry.*

Introdução¹

Ácidos, bases e sais são termos que o senso comum identifica imediatamente com a química. E isso não é sem razão. Utilizados no dia a dia compondo desde receitas culinárias até produtos de limpeza, esses materiais são identificados por propriedades características, tais como sabor, no caso das receitas culinárias, e ação corrosiva, nos produtos de limpeza. Além disso, classificações dos materiais em ácidos, bases e sais, bem como conceitos que as explicam, são abordados em cursos de ciências e de química das escolas de ensino fundamental e médio.

A presença do estudo das propriedades e das teorias ácido-base no ensino é ressaltada quando se consideram os artigos sobre o tema publicados, por exemplo, nos periódicos da Sociedade Brasileira de Química. Muitos deles ressaltam as potencialidades desse tema para abordagens na interface com história e filosofia da química.

Entre esses artigos, vários são de autoria do saudoso professor Aécio Pereira Chagas (1999, 2000, Vichi & Chagas, 2008). Em um deles, intitulado "O ensino de aspectos históricos e filosóficos da química e as teorias ácido-base do século XX" (Chagas, 2000), o autor defende a abordagem histórica e filosófica no ensino das teorias ácido-base. Além disso, o professor chama atenção ao desenvolvimento de tais teorias e aponta para sua complementaridade, uma ideia comumente defendida por filósofos da química contemporâneos.

Porém, recentemente essa ideia foi colocada em debate, a partir da publicação do artigo "*Acidity: the persistence of the everyday in the scientific*", de Hasok Chang (2012), filósofo e historiador da ciência, professor da Universidade de Cambridge, Inglaterra. Nele, o autor propõe que a permanência dos termos "ácido" e "base" na teoria de Lewis, poderia ser atribuída ao seu conceito cotidiano. Seu principal argumento é que medidas padrão de acidez, ou seja, de pH, não se aplicariam aos ácidos na concepção de Lewis (Ruthenberg e Chang, 2017). Em suas palavras: "A identidade duradoura do conceito de acidez na química moderna é baseada na persistência do conceito cotidiano" (Chang, 2012, p. 690).

Essa proposição levou a debates entre filósofos da química, já que Chang admite que o conceito ácido-base de Lewis constitui uma ruptura no processo de elaboração de tais conceitos, pondo em questão a ideia de que as teorias ácido-base seriam complementares (Scerri, 2022; Tantillo e Seeman, 2023).

Assim, por exemplo, Eric Scerri (2022), muito conhecido filósofo da química, professor da Universidade da Califórnia em Los Angeles, contestou as conclusões de Chang, usando argumentos próprios da filosofia da ciência, ou seja, analisando critérios internos aos discursos que baseiam as teorias ácido-base, dentro das concepções sobre a estrutura da matéria a elas subjacentes.

Não é nossa intenção detalhar e muito menos resolver aqui tal debate filosófico. Entretanto, analisando a construção de ideias sobre ácidos, bases e sais em seus contextos de elaboração, conforme perspectivas atuais em história da ciência, veremos que tais relações de continuidade ou ruptura entre as teorias ácido-base podem ser entendidas como reflexo de um movimento mais amplo de estabelecimento da química enquanto ciência com identidade própria, o qual se acentua entre o final do século XIX e o começo do XX.

1 Este trabalho foi apresentado em conferência proferida na 46ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química.

Assim, ao longo deste artigo, seguiremos um percurso histórico que passará por registros de conhecimentos práticos e reflexões sobre ácidos e bases encontrados em textos elaborados em diferentes épocas e culturas, apontando como tais práticas e reflexões conferiram identidade à química. Destacaremos, registros sobre poderosas “águas agudas” ou “pungentes” mencionadas em manuscritos medievais e sobre práticas de identificação de ácidos e álcalis descritas em publicações seiscentistas por Robert Boyle. Isso abrange um longo período em que as ciências da matéria mantinham fortes relações com a medicina. No período seguinte, que será aqui abordado, manifestam-se indicadores de institucionalização da química, como por exemplo, a criação de disciplinas específicas em cursos universitários. Destacaremos nesse item aspectos da relação entre ácidos e oxigênio proposta por Antoine-Laurent de Lavoisier e algumas discussões decorrentes. Por fim, voltaremos nossa atenção ao período de consolidação das especialidades, apontando alguns aspectos do papel das teorias ácido base do início do século XX na construção da identidade da ciência química. Para isso, destacaremos algumas ideias de Gilbert N. Lewis apresentadas em seu artigo “*Acids and bases*”, publicado em 1938.

Ácidos, álcalis e sais desde a Antiguidade até as origens da ciência moderna

Como sabido, desde os registros mais remotos referentes às ciências da matéria, tem-se menções ao vinagre e, posteriormente, a outros materiais corrosivos. Estes eram empregados em processos de manipulação da matéria para produção de medicamentos e tratamento de metais, entre outras práticas.

Conhecido entre as mais antigas culturas, o vinagre produzido a partir do vinho era utilizado em medicamentos bem como em práticas de artes decorativas. O vinagre era uma das “águas pungentes” mencionadas em textos medievais, como mostram os exemplos a seguir.

Como primeiro exemplo, consideremos o *Liber servitoris* (Abulcasis, 1471), tradução latina do século XIII do Livro 28 do *Kitab Al-Tasrif*, escrito pelo árabe Abū Al-Qāsim Khalaf Ibn Abbās Al-Zahrāwī (c. 936-1013), que viveu na região de Córdoba e que ficou conhecido no ocidente por seu nome latinizado Abulcasis (Beltran, 2001). Nesse livro, dedicado a descrever o preparo de medicamentos por destilação, encontra-se o seguinte procedimento:

Modo de embranquecer o vinagre para que se faça xarope azedo

Constrói um atamor similar àquele no qual se destila água de rosas e sobrepõe um vaso destilatório de vidro ou de cerâmica vitrificada e enche três partes com vinagre bom e a quarta parte mais elevada do vaso fica vazia para que o vinagre com a ebulição não se espalhe para fora. Depois trabalha vaso com vaso dos quais o superior tem um nariz, da mesma forma que se faz com a água de rosas e faça fogo brando, não forte, pois se for forte o vinagre branco não terá tanta brancura e é necessário que o vinagre [claro] seja obtido por destilação de uvas brancas brilhante e acres em fina acidez porque assim é destilado branco e puro. Guarda o mesmo pois e conserva para necessidades e segundo esta disciplina pode-se destilar vinho quando se queira destilá-lo (Abulcasis, 1471, fl. 30 v.).

Interessante notar que, ao final desse trecho há menção à destilação do vinho, mostrando um indício de que o álcool poderia ter sido conhecido no mundo árabe já entre os séculos X e XI, ou seja, bem antes do século XII, época em que os antigos historiadores da química acreditavam ter ocorrido as primeiras produções de álcool no Ocidente.

O segundo exemplo encontra-se em *Mappae clavicula*, manuscrito latino copiado no século XII. Esse texto foi muito mencionado por supostamente trazer a primeira receita para preparação de álcool. Algumas receitas presentes nesse manuscrito indicam o uso de vinagre para preparar misturas corrosivas usadas em procedimentos para adornar objetos metálicos. Dentre elas, selecionamos a seguinte para aqui apresentar:

146-H Alúmen [para corroer ferro]

Alúmen redondo, o sal que é chamado sal gema, vitríolo azul, e um pouco de vinagre muito forte são triturados em almofariz de bronze; o ferro limpo é esfregado com esses [materiais] usando outro tipo de ponta pequena e macia. E, quando ele tiver adquirido a cor do cobre, isto é removido, e ele dourado, e então, depois do mercúrio evaporar, deve-se resfriar em água e polir com uma ferramenta macia e lustradora, até que se torne brilhante" (Anônimo, [sec. XII] 1974).²

Assim, o vinagre, enquanto "água aguda ou pungente" era usado tanto em medicamentos quanto nas artes decorativas. Além do vinagre, encontram-se em textos medievais referências a sucos de frutas entre as "águas pungentes".

Mas, entre as mais poderosas "águas agudas", também estavam materiais alcalinos tendo como componente o *al quili*, produzido a partir da queima certas plantas, conforme se encontra registrado em textos alquímicos/químicos elaborados no mundo árabe. Como exemplo, citamos a seguir um trecho do *Livro do tesouro de Alexandre*, manuscrito árabe elaborado entre os séculos IX e X, traduzido e analisado por Ana Maria Alfonso-Goldfarb:

Sessão da extração da água aguda chamada *Sapius*

Tira sapos do rio, queima uma grande quantidade e acrescenta uma quantidade igual de cal. Toma uma mesma quantidade de *al-quili* e coloca tudo num grande tanque após moer bem os três materiais até se transformarem em pó. A seguir, cobre com água. Coloca grande quantidade de farelo tirado do trigo e deixa por sete dias, depois cobre com ramos de árvores. Abra nessa sequência o tanque fazendo com que a água corra deste para outro tanque parecido. E esta será a primeira água (Alfonso-Goldfarb, 1999, p. 127).

Como é sabido, de *al-quili* originou o termo "álcalis", usado para denominar toda uma classe de materiais.

Os conhecimentos sobre obtenção e uso de "águas agudas" deixaram vestígios em vários textos produzidos no medievo, os quais foram estudados por historiadores da química, especialmente no início do século XX. É dessa época que vem a afirmação de que os ácidos minerais só foram produzidos no século XIII, no Ocidente latino.

2 São conhecidas duas cópias remanescentes desse manuscrito, a aqui citada, datada do século XII, e outra, mais antiga, do século X. A famosa receita do álcool é encontrada apenas na cópia do século XII.

De fato, até há pouco tempo, era predominante afirmar que o primeiro procedimento a descrever a obtenção de ácidos minerais teria sido apresentado pelo alquimista latino Geber, no século XIII, no seguinte trecho:

Primeiro tome de *Vitriolo de Chipre*, lib. I. de *Salitre*, lib. II. e de *Alúmen Jamenoso*, uma quarta parte; extraia a Água com a *Vermelhidão do Alambique* (pois ela é muito *Dissolutiva*) e utilize-a nos *Capítulos* antes mencionados. Ela pode se tornar muito mais aguda, se nela se dissolver uma quarta parte de *Sal amoníaco*; pois isso dissolve *Ouro*, *Enxofre* e *Prata* (Geber, [1668] 1928, p. 223-224).

Entretanto, estudos em história da química realizados ao longo do século XX mostraram não só que o texto em que se encontra o tal procedimento seria datado do século XV, mas também que os textos atribuídos ao suposto alquimista Geber teriam sido escritos por um grupo de estudiosos (Beltran, 1998).

Além disso, há fortes indicações de que os ácidos minerais teriam sido utilizados por alquimistas árabes do século IX. Porém, nesses textos árabes, a descrição dos procedimentos envolvendo tais ácidos não é tão evidente ao olhar contemporâneo quanto o trecho atribuído a Geber. Novamente nos reportamos ao *Livro do tesouro de Alexandre*, especificamente ao preparo de uma água que envolve a mistura de raspas de cascos e de chifres de diversos animais com sangue de cabrito em abundância, junto com vitriolo e sal amoníaco. A mistura é enterrada e fica em repouso por vários dias, para então ser destilada (Alfonso-Goldfarb, 1999, p. 141). Isso indica que o produto dessa destilação seria uma mistura de ácidos minerais. Assim, se não é possível afirmar sobre o reconhecimento (ou identificação) de ácidos minerais pelos árabes medievais, há fortes indícios de que eles os conheciam e utilizavam.

De todo modo, é certo que ao final do século XIV europeu a poderosa “água de partir” ou “água forte” era conhecida e empregada por metalurgistas para separar ouro e prata. Modos de preparo dessa “água” aparecem nos chamados tratados renascentistas de mineração e metalurgia, impressos a partir do século XVI, que se voltavam à valorização dessas artes consideradas, então, degradantes. Como exemplo, apresentamos o seguinte trecho do *De la pirotechnia*, escrito em vernáculo pelo mestre metalurgista de Siena Vanochio Biringuccio, e publicado em 1540:

[...] uma parte de salitre muito bem refinado e o triplo de alúmen de rocha também muito bem lavado. Se for possível, use um pouco daquela espécie vermelha do Levante ou de Cartagena; ou então, use algum proveniente de La Tolfa; e se não, algum daquela espécie branca que tenha sido previamente colocada em um pote ou em outro recipiente sobre o fogo de modo a exalar toda a sua umidade. Misture junto com essas coisas uma oitava parte, ou menos, de areia, cascalho ou tijolo esmigalhado. Mas, me parece melhor usar resíduos de água forte mais uma vez, se os tiver. Quando tiver misturado essas coisas, [...] encha as cucúrbitas (Biringuccio, [1540] 1990, p. 185).

É interessante ressaltar que os autores desses tratados, além de valorizar as artes do mineiro e do metalurgista, procuravam distingui-las da alquimia. Isso indica que, já naquela época, havia uma tendência à delimitação de campos de conhecimento. Destaque-se também que esses autores, embora criticassem algumas práticas dos alquimistas, não negavam a possibilidade da Grande Arte (Biringuccio, [1540] 1990, p. 37-39).

Naquele período a química era fortemente relacionada à medicina e essas águas poderosas também eram usadas em medicamentos. Essa prática se intensifica com a difusão das ideias de Paracelso e nas reinterpretações promovidas por seus seguidores. É interessante notar que vários iatroquímicos interpretavam processos fisiológicos em termos de interações entre ácidos e álcalis. Assim, por exemplo, Franciscus de La Bøe, conhecido como Sylvius, potencializou as ideias de Van Helmont de que ácidos, álcalis e neutralizações fossem fatores determinantes nos processos fisiológicos, tais como a digestão (Debus, 1992, p. 263).

As características de ácidos e álcalis, em especial sua ação sobre certos sucos vegetais, foram relatadas detalhadamente por R. Boyle em seu *Experiments and considerations touching colours*, publicado em 1664, como já mostra o próprio título do experimento XX: "O vigésimo experimento de transformar o xarope de violetas em vermelho por sais de ácido e em verde por alcalinos e seu uso para investigar a natureza dos sais" (Boyle, 1664, p. 245-248). Além das mudanças de cor do xarope de violetas, Boyle também descreve os efeitos de ácidos e álcalis em outros materiais tais como o *lignum nefriticum* e o *brazil*.

Tais observações de mudanças de cor foram utilizadas na análise de águas minerais que à época eram consideradas curativas. Entre os primeiros relatos encontra-se o de Edward Jorden (1569-1633), médico na cidade britânica de Bath, balneário conhecido e utilizado desde o tempo dos romanos. Em seu livro *A discourse of naturall bathes, and minerall waters*, publicado em 1631, o médico britânico relata sobre a utilização de um tecido escarlate que muda de cor na presença de "sais" e dos "sucos azedos" (Jorden, 1663, p. 124).

Esses relatos guardam registros de conhecimentos sobre ácidos e álcalis relativos a qualidades que hoje fazem parte do conhecimento cotidiano sobre esses materiais. Entretanto, a sistematização de procedimentos que permitisse classificar todos os materiais em ácidos, alcalinos ou neutros, foi levada em conta por Lavoisier e outros estudiosos de seu período e serviu como um dos pilares de sua proposta para uma nova nomenclatura química, como veremos a seguir.

Lavoisier, o oxigênio e a nova química

As fortes relações entre química e medicina já estavam bastante dissolvidas quando Lavoisier propôs suas ideias sobre o oxigênio. Tal separação entre química e medicina se deu num processo ao qual Debus (1991) denominou "a longa revolução química". Para esse importante historiador da química, tal movimento já tem início no século XVII com a criação dos primeiros cursos de química em faculdades de medicina (Debus, 1991). Assim, o campo da química já estava sendo delimitado quando Lavoisier propõe suas ideias, culminando o longo processo de revolução que levou a química a se tornar independente da medicina e a ter uma linguagem própria.

A nova nomenclatura, que refletia a teoria de Lavoisier, tinha por centro o papel do oxigênio nos processos químicos e deu suporte a uma pioneira explicação para a classificação dos ácidos.

De acordo com Crosland (1973), Lavoisier propôs ao mesmo tempo uma teoria para a combustão e para a acidez. De fato, o nome oxigênio – gerador de ácidos – não foi por ele cunhado à toa. Isso é evidenciado especialmente quando se considera as fortes relações que Lavoisier, baseado na lógica de Condillac, estabelecia entre nomenclatura e ciência, como mostra no discurso preliminar do *Traité élémentaire de chimie*:

A impossibilidade de isolar a Nomenclatura da ciência e a ciência da Nomenclatura está relacionada com o fato de que toda ciência física é necessariamente formada de três coisas: a série dos fatos que a constituem, as ideias que a lembram, as palavras que a exprimem. A palavra deve fazer nascer a ideia, a ideia deve representar o fato; fazem-se três impressões de um mesmo selo e, como são as palavras que conservam e transmitem as ideias, disso resulta que não se pode melhorar a linguagem sem aperfeiçoar a ciência, nem a ciência sem a linguagem, e que por mais certos que fossem os fatos, por mais justas que fossem as ideias geradas, elas ainda só transmitiriam impressões falsas, se não tivéssemos expressões exatas para designá-los (Lavoisier, [1789] 2007, p. 17).

Como destacaram Alfonso-Goldfarb e Ferraz (1993), Lavoisier era um estudioso que organizava muito bem seus projetos e frequentemente trabalhava em vários deles ao mesmo tempo. Assim, iniciou seus estudos sobre ácidos por volta de 1772, quando se dedicava aos "ares", um tema de grande interesse na época. De acordo com Crosland, Lavoisier investigava a presença de certos "ares" na composição dos ácidos. Em 1775, realizou experimentos que sugeriam que os ácidos continham o então chamado por Lavoisier de "ar vital", capaz de manter a vida de animais a ele submetidos e de avivar a combustão. O termo "oxigênio" foi por ele cunhado apenas em 1779, quando reuniu evidências que considerou suficientes para afirmar que a composição dos ácidos seria caracterizada por esse princípio. Nesse sentido, Lavoisier distingue o "ar vital" gasoso, do princípio gerador de ácidos, pois o "ar vital" ou "gás oxigênio" seria formado pelo princípio oxigênio ligado ao calórico (Crosland, 1973, p. 307). No *Traité*, Lavoisier fala do princípio oxigênio no seguinte trecho:

Vê-se que o oxigênio é o princípio comum a todos [os ácidos] e ele constitui a sua acidez; e que são diferenciados uns dos outros pela natureza da substância acidificada. Portanto, é preciso distinguir, em todo ácido, a base acidificável, a qual o Sr. de Morveau deu o nome de radical, e o princípio acidificante, isto é, o oxigênio (Lavoisier, [1789] 2007, p. 57).

Mas, esse mesmo princípio também seria responsável pela combustão, como indicavam os experimentos que Lavoisier realizou sobre esse processo. Dessa forma, a ideia de Lavoisier sobre o princípio oxigênio possibilitou unificar a compreensão de diferentes fenômenos químicos e fundamentar uma nova química com sua linguagem própria e lógica.

Porém, como mostrou Le Grand (1976-1977), a teoria da acidez de Lavoisier viria a ser contestada até mesmo por seu colega Claude Berthollet que, considerando os resultados de seus experimentos sobre a composição de ácidos realizados na virada do século XVIII para o XIX, concluiu que vários deles não tinham oxigênio em sua composição. Assim, por exemplo, observou que o "gás sulfureto de hidrogênio" (nosso H_2S), não continha oxigênio, mas apresentava propriedades dos ácidos, tais como fazer o tornassol apresentar cor vermelha e reagir com álcalis, levando à neutralização. Nesse caso, declarou:

Não vou retomar aqui todas as observações que opus à opinião daqueles que afirmam que a acidez é um atributo que pertence apenas ao oxigênio; acrescentarei apenas que o sulfureto de hidrogênio não contém oxigênio e que muito pouco se distancia, em suas propriedades ácidas, do ácido carbônico, que contém aproximadamente setenta e seis partes de oxigênio em cem (Berthollet, 1798, p. 237-238).

Pouco depois, do outro lado do Canal da Mancha, Humphry Davy também viria a colocar em xeque a teoria de acidez de Lavoisier, bem como a nova nomenclatura proposta pelo estudioso francês. Acrescente-se ainda, que Davy já sugeria então que a presença de hidrogênio estivesse relacionada à acidez (Chang, 2012, p. 692).

Porém, esses e outros importantes questionamentos quanto a essa ideia de Lavoisier foram, por assim dizer, deixados de lado, diante do sucesso e da crescente aceitação de sua teoria da combustão e da nova linguagem química por ele proposta.

Teorias ácido-base e a construção da identidade da química entre o final do século XIX e o início do XX

Para David Knight, o período compreendido entre a Revolução Francesa (1789) e a Primeira Grande Guerra (1914) representa os anos dourados da química. De fato, é nesse período que a química se consolida como ciência madura, com cursos próprios de formação, periódicos especializados, sociedades científicas, um corpo de professores e atuação de profissionais numa indústria baseada em ciência. Nesse processo, o amplo corpo de fatos e teorias construídos ao longo do tempo organiza-se, então em três grandes ramos: química inorgânica, orgânica e físico-química (Knight, 1998, p. 1).

Essa configuração ramificada da química desde sua institucionalização já mostra uma característica dessa ciência muito discutida atualmente por filósofos e historiadores da química: sua possibilidade de estabelecer interfaces com diversos campos do conhecimento (Bertomeu-Sánchez et al., 2008; Reinhardt, 2018).

A partir do início do século XIX, a química se estabelece e passa a mostrar sua utilidade industrial na produção de corantes e de medicamentos, ao mesmo tempo em que a química orgânica floresce. Conforme Mary Jo Nye (1993, p.107), entre 1820 e 1840, a orgânica dominava tanto as publicações quanto as atividades de laboratório em química.

Porém, naquele momento, questões de estrutura não predominavam nos estudos e nos projetos de síntese de novos compostos. De fato, a ideia da existência do átomo ainda não era hegemônica. Falava-se até de um "átomo químico" que era tido como hipótese útil para discutir determinados problemas. Entretanto, processos químicos eram planejados com sucesso tendo por base a doutrina dos equivalentes, de grande utilidade na química inorgânica, ou mineral como era chamada época. Para positivistas como Marcelin Berthelot, a química era construída com base nas evidências fornecidas pelos fatos (Knight, 1998, p. 7).

Entretanto, no início do século XX, com a aceitação da ideia de átomo e a intensificação dos estudos sobre a estrutura da matéria, as fronteiras entre a química e a física passam a ser questionadas. É nessa época que são elaboradas as chamadas teorias ácido-base, ao mesmo tempo em que se estabelece a físico-química.

De acordo com Mary Jo Nye, o envolvimento de energias térmica e elétrica nos processos químicos, ao mesmo tempo que revigoram a química mineral, levaram ao fortalecimento da físico-química no final do século XIX. O ápice desse processo é refletido na outorga do prêmio Nobel a Van't Hoff, Arrhenius e Ostwald, na primeira década do século XX, em 1901, 1903 e 1909, respectivamente. Um argumento a favor das premiações nesse novo campo era que as

pesquisas em físico-química contribuíam tanto para a ciência básica quanto para a indústria moderna (Nye, 1993, p. 108).

Mas, naquele período de consolidação da química, reflexões epistemológicas sobre essa ciência questionavam sua identidade enquanto disciplina independente, já que as fronteiras entre a química e a física se atenuavam. Assim, quando as novas teorias ácido-base eram propostas, a identidade da química estava colocada em xeque.

Portanto, vamos procurar compreender a elaboração das teorias ácido base do início do século XX considerando esse contexto.

Estudos sobre raios-x e radiatividade, a descoberta do elétron, a espectroscopia, a mecânica quântica foram algumas das grandes novidades que agitaram o mundo científico do início do século XX. Originados no campo da física, esses estudos possibilitaram o desenvolvimento de conhecimentos e técnicas, que levavam a aprofundamentos nas pesquisas sobre a constituição da matéria, e a uma aproximação bem maior da química com a física.

Os pioneiros da físico-química se manifestaram acerca dessa aproximação, considerando a físico-química como uma espécie de ponte, ou como uma disciplina geral e unificadora. Tais visões, conforme Mary Jo Nye, não deixavam de parecer reducionistas da química à física. Nernst, por exemplo, admitia que a física constituiria a base teórica de todas as ciências, incluindo a química. Para Van't Hoff, a aplicação de métodos e instrumentos físicos a problemas químicos levaria a princípios abrangentes (Nye, 1993, p. 108-109). De todo modo, embora Arrhenius, Van't Hoff e Ostwald estabelecerem de fato a físico-química como campo específico, para eles, ela não deixava de ser química (p. 262).

A teoria ácido-base de Arrhenius, decorrente de sua teoria eletrolítica, ligou-se assim às origens da físico-química. Mas, pode-se dizer que a ampliação proposta por Brønsted, Lowry e Lewis liga-se especialmente à química orgânica, estendendo os conceitos de ácido e base a um conjunto de substâncias bem mais amplo.

Nesse sentido, podemos considerar que as teorias ácido-base do século XX, por sua abrangência, contribuíram para unificar os três ramos da química de então e consolidar a identidade dessa ciência. Para fundamentar essa nossa proposição, vamos analisar o artigo "*Acids and bases*" de Gilbert N. Lewis (1938), o qual foi recentemente traduzido ao português por Santos et al. (2023).

Esse texto corresponde à conferência que Lewis proferiu num evento em sua homenagem, promovido pelo Instituto Franklin em 1938. Significativamente, Lewis escolheu, para aquele momento solene, retomar suas concepções sobre ácidos e bases.

Lewis inicia o texto comentando acerca do recente interesse sobre "ácidos, bases e sua nomenclatura". Fala da relevância dessas ideias por refletirem uma classificação sistemática para contribuir no desenvolvimento de uma ciência, independentemente do sistema escolhido. Menciona Lavoisier como "o maior de todos aqueles que trabalharam com sistematização em química" (Lewis, 1938, p. 293 citado em Santos et al., 2023, p. 757)³ e comenta sobre seu uso da palavra ácido num sentido amplo. A seguir, critica as ideias elaboradas no século XIX. Em suas palavras:

3 As referências são ao texto original de Lewis (1938), entretanto as traduções encontram-se no trabalho de Santos et al. (2023).

[...] durante o século dezenove tornou-se comum considerar hidrogênio como indispensável constituinte de um ácido, e, finalmente, o conceito de ácidos e bases ficou muito restrito a isso nas mentes de alguns dos primeiros defensores da teoria iônica em que uma solução aquosa somente seria ácida se contivesse íons hidrogênio, e básica somente uma solução aquosa contendo íons hidróxido (Lewis, 1938, p. 293 citado em Santos et al, 2023, p. 757).

De fato, durante o século XIX, as concepções sobre ácidos ligavam-se à presença de hidrogênio na composição, pelo menos desde a consideração de Davy, até a que foi proposta por Liebig (Lima e Silva, 2020; Chang, 2012). Mas, foi com a teoria iônica de Arrhenius que esse conceito se estabeleceu. Lewis, entretanto, questionava tal concepção, pois como afirmou:

Tal ideia não poderia ser aceita por químicos orgânicos, que reconhecem na amônia e seus derivados substâncias que são genuinamente bases, e não apenas porque eles produzem íons hidróxido quando dissolvidos em água (Lewis, 1938, p. 293 citado em Santos et al., 2023, p. 757).

Esse trecho evidencia que as discussões sobre os conceitos ácido-base, na físico-química do início do século XX, visavam a incluir a pesquisa em química orgânica, unificando, assim, a ciência química.

Ainda em outro trecho, Lewis volta a enfatizar a inclusão da química orgânica e a unidade da química ao comentar sobre as ideias de Brønsted. Em suas palavras:

O reconhecimento por Brønsted e sua escola, de íons tais como os íons haleto e o íon acetato como bases verdadeiras, juntamente com o desenvolvimento do conceito de bases orgânicas, tende a tornar a presente lista conhecida de bases idênticas com as que propus. Por outro lado, qualquer extensão valiosa semelhante e instrutiva da ideia de ácidos tem sido evitada pelo que estou tentado a chamar de culto moderno do próton. Restringir o grupo de ácidos àquelas substâncias que contém hidrogênio interfere com a mesma seriedade com a sistemática compreensão da química como o faria a restrição do termo agente oxidante às substâncias que contém oxigênio (Lewis, 1938, p. 297 citado em Santos et al., 2023, p. 758).

Em outros trechos, Lewis sugere sua posição quanto a visões reducionistas da química em relação à física, ao comentar sobre as limitações das interpretações físicas e o alcance das químicas. Assim, relembra que:

Quando a ideia de emparelhamento de elétrons foi desenvolvida foi necessário recorrer apenas ao comportamento químico das substâncias para algumas conclusões a respeito da estrutura eletrônica. A física teórica da época não fez contribuições, exceto em relação à hipótese de que meras forças de Coulomb eram incompatíveis com a existência de qualquer átomo ou molécula estáveis que fossem compostos de núcleos positivos e elétrons (Lewis, 1938, p. 294 citado em Santos et al., 2023).

E, em seguida, pondera:

É interessante, por sua vez, perceber que as conclusões que foram baseadas puramente na química, sobretudo a partir de observações qualitativas, mantiveram sua validade, e, em muitos casos, foram reforçadas pelas descobertas mais recentes (Lewis, 1938, p. 294 citado em Santos et al., 2023, p. 757).

Além disso, é de se notar que, para Lewis:

É possível, como tentarei mostrar neste artigo, discutir e definir ácidos e bases meramente do seu comportamento em reações químicas sem qualquer teoria de estrutura molecular. No entanto, o desenvolvimento do olhar eletrônico sobre a valência tornou mais fácil compreender as características essenciais destas duas classes (Lewis, 1938, p. 293 citado em Santos et al, 2023, p. 757).

De fato, grande parte do artigo se volta a descrever ensaios com indicadores em meio não aquoso, realizados por seu colaborador, o jovem Glenn T. Seaborg. Conforme Lewis (1938, p. 305 citado em Santos et al., 2023, p. 760), Seaborg usou “uma variedade de indicadores [que] foi dissolvida em dioxano e em acetona” e menciona azul de timol dissolvido em acetona; diz ainda ter à sua disposição “indicadores que em si não contêm hidrogênio lábil, tal como amarelo manteiga, cianina, e violeta de cristal” (Lewis, 1938, p. 306).

Isso indica sua escolha por, num momento tão significativo de sua carreira, enfatizar o papel do laboratório químico na fundamentação de suas teorias ácido-base e sobre a estrutura da matéria.

Considerando que o aspecto diferencial da química como ciência seja a articulação entre experimentos e as reflexões sobre eles, percebe-se como Lewis enfatiza esse aspecto para reforçar a identidade dessa ciência. Aqui cabe lembrar as palavras do professor. Aécio Chagas em seu livro *Como se faz química*:

A atividade do químico é caracterizada por dois aspectos complementares: o primeiro aspecto é sua atividade prática, sua atividade própria e especial de manusear a matéria [...] O segundo é sua atividade teórica, o seu pensar sobre os fatos observáveis em termos de esquemas e modelos [...] o químico age e pensa simultaneamente dessas duas maneiras e a Química é a resultante desses dois modos de agir e pensar, da interação desses dois complementares (Chagas, 1989, p. 14-15).

Considerações finais

Procuramos mostrar neste percurso por práticas e ideias sobre ácidos e bases, a construção da identidade da ciência química. Escolhemos esta abordagem pois novamente essa identidade está sendo colocada em xeque. No ensino, isso fica evidente na proposta do Novo Ensino Médio que reduz drasticamente as possibilidades de contribuição do conhecimento químico, em sua especialidade, na formação do cidadão.

Ressalto que identidade não significa restrição de campo ou qualquer tipo de corporativismo, mas sim a manifestação de uma forma particular de conhecer e conceber a natureza e a tecnologia. A química de hoje articula-se com diversos outros campos do conhecimento e das atividades industriais, mas conserva uma identidade própria. Além disso, enquanto conhecimento humano é um patrimônio cultural e, por isso deve ser de todos e para todos.

Referências bibliográficas

- ABULCASIS. *Liber servitoris*. Veneza: Nicolau Jensen, 1471.
- ALFONSO-GOLDFARB, A. M. *Livro do tesouro de Alexandre: um tratado de hermética árabe na oficina da história da ciência*. Trad. do original árabe de S. Jubran & A. M. Alfonso-Goldfarb. Petrópolis: Vozes, 1999.
- ALFONSO-GOLDFARB, A. M.; FERRAZ, M. As possíveis origens da química moderna. *Química Nova*, v.16, p. 63-68, 1993.
- ANÔNIMO. *Mappae clavícula*. Trad. ingl. de C.S. Smith & J. G. Howthorne, *Transaction of the American Philosophical Society*, v. 64, 1974.
- BELTRAN, M. H. R. Algumas considerações sobre as origens dos ácidos minerais *Química Nova*, v. 21, n.4. p. 504-507, 1998.
- BELTRAN, M. H. R. Rosários e água de rosas: os livros de destilação e algumas de suas fontes medievais. *Signum*, v. 3, p. 11-36, 2001.
- BERTHOLLET, C. L. Observations sur l'hydrogène sulfuré. *Annales de Chimie*, v. 25, p. 233-273, 1798.
- BERTOMEU-SÁNCHEZ, J. R.; BURNS, D. T; VAN TIGGELEN, B. (orgs.). The 6th International Conference on the History of Chemistry: Neighbours and territories: the evolving identity of chemistry. *Proceedings*. Louvain: Mémosciences, 2008.
- BIRINGUCCIO, V. *The Pirotechnia of Vannoccio Biringuccio: the classic sixteenth-century treatise on metals and metallurgy*. Trad. ingl., Cyril Stanley Smith e Martha Teach Gnudi. New York: Dover, 1990.
- BOYLE, R. *Experiments touching colours* [...]. Londres: Henry Herringman, 1664.
- CHAGAS, A. P. *Como se faz química*. Campinas: Editora da Unicamp, 1989.
- CHAGAS, A. P. Teorias ácido-base do século XX. *Química Nova da Escola*, n. 9, p. 28-30, 1999.
- CHAGAS, A. P. O ensino de aspectos históricos e filosóficos da química e as teorias ácido-base do século XX. *Química Nova*, v. 23, n. 1, p. 126-133, 2000.
- CHANG, H. Acidity: the persistence of the everyday in the scientific. *Philosophy of Science*, v. 79, p. 690-700, dez. 2012.
- CROSLAND, M. Lavoisier's theory of acidity. *Isis*, v. 64, p. 306-325, 1973.
- DEBUS, A. G. A longa revolução química. *Ciência Hoje*, v.13, n. 77, p. 35-43, 1991.
- DEBUS, A. G. Alchemy and iatrochemistry: persistent traditions in the 17th and 18th centuries. *Química Nova*, v. 15, p. 262-268, 1992.
- GEBER. *The works of Geber*. Trad. ingl. de Richard Russel (1678); org. E. J. Holmyard; Londres: J. M. Dent; E. P. Dutton, 1928.
- JORDEN, E. *A discourse of naturall bathes, and minerall waters* [...]. Londres: Thomas Harper, 1633.
- KLEIN, U. A revolution that never happened. *Studies in History and Philosophy of Science*, v. 49, p. 80-90, 2015.
- KNIGHT, D. (org.). *The development of chemistry: classic works (1789-1914)*. Londres: Routledge, 1998.
- LAVOISIER, A.-L. *Tratado elementar de química*. Trad. bras. L. S. P. Trindade. São Paulo: Madras, 2007.
- LE GRAND, H. E. Genius and the dogmatization of error: the failure of C. L. Berthollet's attack upon Lavoisier's acid theory. *Organon* v. 12-13, p. 193-209, 1976-1977.
- LEWIS, G. N. Acids and bases. *The Journal of the Franklin Institute*, v. 226, p. 293-313, 1938.
- LIMA, C. M. C. F.; SILVA, J. L. P. B. Contribuições do desenvolvimento histórico-cultural dos conceitos de ácido e de base para o ensino de química. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 20, p. 157-191, 2020.

- NYE, M. J. *From chemical philosophy to theoretical chemistry*. Berkeley: University of California Press, 1993.
- REINHARDT, C. (org). Focus: What's in a name? Chemistry as a nonclassical approach to the world. *Isis*, v. 109, n. 3, p. 587-607, 2018.
- RUTHENBERG, K.; CHANG, H. Acidity: modes of characterization and quantification. *Studies in History and Philosophy of Science*, v. 65-66, p. 121-131, 2017.
- SANTOS, R. L.; QUEIRÓS, W. P.; DAMASCENO, F. C.; BATISTA, L. N. Uma tradução comentada do artigo "Ácidos e bases" de Gilbert Newton Lewis. *Química Nova*, v. 46, n. 7, p. 755,764, 2023.
- SCERRI, E. Hasok Chang on the nature of acids. *Foundations of Chemistry*, v. 24, p. 389-404, 2022.
- TANTILLO, D. J.; SEEMAN, J. I. On a unified theory of acids and bases: Hasok Chang, Eric R. *Foundations of Chemistry*, v. 25, n.2, p. 299-320, 2023.
- VICHI, E. J. S.; CHAGAS, A. P. Sobre a força de ácidos e bases: algumas considerações. *Química Nova*, v. 31, n. 6, p. 1591-1594, 2008.

Recebido em 07/09/23

Aceito em 12/04/24