

Quem disse que a fórmula da água é H₂O? Descobertas e controvérsias sobre a composição da água

Who said the water formula is H₂O? Discoveries and controversies on the water composition

Resumo

Apresenta-se, no presente trabalho, uma breve história do desenvolvimento da fórmula química da água e suas contribuições ao ensino de ciências. Para alcançar esse objetivo, aborda-se a água desde a sua concepção como elemento na antiguidade, passando pela idade média e renascimento. Prossegue-se tratando da descoberta de seus constituintes: hidrogênio e oxigênio, salientando o papel dos principais estudiosos envolvidos: Cavendish, Scheele, Priestley e Lavoisier. Trata-se, em seguida, da controvérsia da água, protagonizada novamente por Lavoisier e Cavendish, mas também Watt, os quais disputam o mérito pela descoberta de que a água não é um elemento, e sim que pode ser sintetizada a partir de oxigênio e hidrogênio. Ao fim, discute-se o desenvolvimento da fórmula química da água tal qual se reconhece na atualidade: H₂O. Por fim, debate-se as contribuições da história tratada ao ensino de ciências, com ênfase nos tópicos de prioridade de descobertas e da comunicação científica.

Palavras chave: água, controvérsias científicas, ensino de ciências

Abstract

This paper presents a brief history of the development of the chemical formula of water and its contributions to science education. To reach this goal, water is approached from its conception as an element in antiquity, spanning the middle ages and rebirth. It continues the discovery of its constituents: hydrogen and oxygen, emphasizing the role of the main scholars involved: Cavendish, Scheele, Priestley and Lavoisier. It is then the water controversy, again played by Lavoisier and Cavendish, but also by Watt, who vied for merit in discovering that water is not an element, but that it can be synthesized from oxygen and hydrogen. Finally, we discuss the development of the chemical formula of water as it is recognized today: H₂O. Finally, we discuss the contributions of the history treated to science education, with emphasis on the topics of discovery priority and scientific communication.

Key words: water, scientific controversies, Science teaching

Água como elemento

Dois átomos de hidrogênio e um de oxigênio: eis a fórmula da água. A proporção de cada elemento na molécula de água é usualmente explicada na disciplina de química do ensino médio e nos cursos introdutórios em ensino superior. Para tal, usa-se a teoria do octeto e das ligações covalentes. O que não é dito, no entanto, é como se chegou a tal conclusão. Embora

seja impossível tratar de toda a história da química nos referidos espaços, é fato que alguns componentes da história da ciência devem ser abordados a fim de minimizar distorções acerca da natureza da ciência (GIL-PÉREZ et. al., 2001). Documentos oficiais que norteiam a educação brasileira também apontam para a necessidade da inserção de conteúdos históricos no ensino de ciências (BRASIL, 1999; BRASIL, 2002; BRASIL, 2006) e, nessa perspectiva, apresenta-se uma narrativa que expõe alguns dos principais percursos históricos que levaram à determinação da fórmula química da água: H_2O .

Levando-se em consideração sua ubíqua influência sobre o desenvolvimento ocidental, há que se iniciar com a visão dos antigos gregos sobre a composição do mundo. A água é essencial para a vida e as grandes civilizações antigas prosperaram junto a fontes de água que suprissem suas necessidades. Assim, Tales de Mileto (624 a.C. – 544 a. C.) propôs que a água fosse o elemento primordial e sofreria transformações, condensando-se em terra ou rarefazendo-se em ar e fogo. Empédocles (490 a.C. – 430 a.C.), por sua vez, pensou um pouco diferente: teorizou que o universo seria composto por quatro elementos, os quais sofreriam arranjos entre si. Aristóteles (384 a.C – 322 a.C.) adotou a teoria de Empédocles dos quatro elementos, porém, negando o vazio. Assim, para esse importante pensador grego, o espaço seria preenchido com uma substância invisível, o éter (PULLMAN, 1998).

Alguns séculos após as contribuições dos gregos, o cristianismo tornou-se a religião hegemônica na Europa. A doutrina da Igreja Católica Romana prevê que seus sacerdotes, por meio da bênção, operem a transubstanciação ou seja, a transformação do pão e do vinho no corpo e no sangue de Cristo, respectivamente. São Tomás de Aquino (1226-1274) realizou o trabalho de associar as ideias de Aristóteles a esse fenômeno, o que teve como consequência a “cristianização” do grego e ampla aceitação de suas ideias entre o clero (PULLMAN, 1998). Desse modo, as teses de Aristóteles propagaram-se à medida que o cristianismo ganhava cada vez mais espaço. Consequentemente, durante a Idade Média e grande parte da Idade Moderna, a água tem o caráter de elemento, ou seja, um constituinte fundamental da matéria, indivisível.

A teoria dos quatro elementos fornecia recursos para explicar uma diversidade de fenômenos. Por exemplo, por que a matéria queima? Segundo essa tese, a justificativa era simples: queimariam as substâncias que contivessem o elemento fogo. Embora fornecesse uma grande gama de interpretações, a teoria dos quatro elementos mostrou-se insuficiente ou superficial em alguns casos, o que levou ao desenvolvimento de ideias para esclarecer, por exemplo, a natureza dos metais. O árabe Jabir ibn Hayyan (722-804) estabeleceu a teoria enxofre-mercúrio, segundo a qual todos os metais teriam diferentes proporções de enxofre (que tem as propriedades de ser quente e seco) e mercúrio (que proporciona as características de frio e úmido) (MAAR, 2008). Mais tarde, o médico Paracelso (1493-1541) adota os quatro elementos de Aristóteles, mas emprega os três princípios, ou o *tria prima*, para explicar o estado físico das coisas. Assim, o sal daria forma, ou consistência; o enxofre seria o motivo pelo qual as coisas podem ser queimadas e o mercúrio seria responsável pelo estado fumegante ou fluido de algo (BYNUM, 2013).

A despeito das novidades teóricas, a água continuava com seu caráter de elemento, e, embora a combustão não pareça ter muita conexão com aspectos relativos a água, as hipóteses propostas acerca fenômeno da queima foram fundamentais para a identificação de seus componentes, especialmente do oxigênio. Nesse contexto, destaca-se a teoria do flogisto, a qual é usualmente creditada a Georg Ernst Stahl (1660 – 1734). O flogisto, termo proveniente da palavra grega *phlogiston*, que significa inflamar-se, seria um fluido responsável pela queima dos corpos, com as características de ser invisível e não possuir peso. Além disso, o flogisto não seria passível de isolamento, ou seja, só existiria em combinação com outras substâncias. Portanto, quando um metal é queimado, o produto gerado seria seu óxido

acrescido de flogisto. Já o processo contrário, a queima do óxido do metal, produz o metal e liberaria flogisto (JOHNSON, 2008). No entanto, uma questão perturbava os estudiosos: o óxido do metal, produzido pela reação de combustão, é mais pesado do que o metal. Como isso pode ocorrer se foi liberado flogisto? Dentre as hipóteses levantadas para explicar o fenômeno, foi proposto até mesmo que o flogisto tivesse um peso negativo, o que soava como uma aberração teórica. Tais pressupostos geraram muitas críticas entre os estudiosos do século XVIII, as quais recebiam resposta de seus defensores. Por exemplo, o professor Richard Watson, (1737 – 1816), da Universidade de Cambridge, comentou que:

“Certamente vós não esperais que a Química deveria ser capaz de apresentar-vos um punhado de flogisto, separado de um corpo inflamável do mesmo modo não poderíeis vós exigir um punhado de magnetismo, de gravidade, de eletricidade, a serem extraídos de um corpo imantado, pesado ou eletricamente carregado. Há forças na natureza que não podem tornar-se objetos de nossos sentidos, a não ser pelos efeitos que produzem; deste tipo de força é o flogisto.” (WATSON *in* MAAR, 2008, p. 486)

Assim, a teoria do flogisto sobreviveu por algum tempo, apesar de suas limitações. Até que novos fenômenos e interpretações a puseram em xeque.

A descoberta dos componentes da água

Em 1776, o recluso de Henry Cavendish (1731 – 1810), publicou um artigo no qual descrevia reações de metais com ácido sulfúrico, as quais, independentemente do metal, pareciam liberar o mesmo gás. Uma de suas propriedades proeminentes era o fato de queimar facilmente, motivo pelo qual Cavendish denominou o gás de “ar inflamável”. Outras observações importantes foram a de que o gás era praticamente insolúvel em água e soluções de caráter básico, além de medir sua densidade, reportando que esse novo “ar” era 8700 vezes mais leve do que a água (WEST, 2014). Tendo em vista seus experimentos, o cientista supôs que o flogisto era proveniente do metal e que, portanto, o ar inflamável identificado deveria ser o próprio flogisto (CHANG, 2012). Cavendish, porém, estava isolando e identificando o elemento hidrogênio, mas isso só ficaria claro mais tarde. De todo modo, em função do trabalho experimental minucioso de Cavendish, não houve controvérsias acerca do mérito pela descoberta. Com o oxigênio, porém, a história foi outra.

O sueco Carl Wihelm Scheele (1742-1786), por volta de 1772, produziu um gás por mais de onze diferentes métodos e que nomeou de “ar de fogo” por causa da chama intensa que produz quando passa pelo carvão. Em sua obra intitulada “Tratado Químico sobre Ar e Fogo”, publicado apenas em 1777, teorizou que o ar atmosférico seria composto por ar de fogo e ar gasto, que é a porção do ar que não é inflamável (MAAR, 2008).

Joseph Priestley (1733-1804), um inglês que terminou a vida nos Estados Unidos, em 1774, realizou experimentos com uma substância que hoje entende-se ser o óxido de mercúrio, a partir do qual obteve um ar que fazia uma vela arder vigorosamente e que provocava uma sensação leve no peito. A esse novo ar, Priestley deu o nome de “ar deflogisticado” porque provocava muito brilho na chama, o que deveria ser um sinal de que o misterioso ar deveria ser completamente desprovido de flogisto. No mesmo ano, Priestley publica um artigo relatando seus estudos e mostra a Lavoisier seu aparato (JOHNSON, 2008).

Empregando o mesmo material que Priestley, o óxido de mercúrio, Lavoisier determinou que sua queima liberava um “ar vital” e mercúrio, enquanto a queima do mercúrio consumia o “ar vital” e produzia o óxido de mercúrio novamente. Em 1777, Lavoisier leu seus resultados para a Academia de Ciências, e, além do relato de seus experimentos, fez uma asserção teórica

revolucionária: não existia flogisto. A queima era causada quando uma substância absorvia o “ar vital”, que posteriormente foi chamado de oxigênio em virtude de seu papel na formação dos ácidos (JOHNSON, 2008).

O trabalho de Scheele, portanto, só foi publicado após as contribuições de Priestley e Lavoisier, o que provocou uma controvérsia acerca da prioridade da descoberta. Americanos celebram Priestley como o descobridor do Oxigênio, enquanto muitos pesquisadores advogam a favor de Scheele e a maioria dos livros didáticos traz Lavoisier como protagonista. O fato é que Scheele e Priestley não conseguiram desvencilhar-se da teoria do flogisto para produzir explicações para seus experimentos e a inferência teórica de Lavoisier foi fundamental para que o francês tenha seu marco na história da química.

Síntese da água – experimentos, hipóteses e controvérsias

No fim da década de 1770, a comunidade científica já conhecia o que se denomina atualmente de hidrogênio e oxigênio. No entanto, a água permanecia com a antiga concepção de elemento. Na década seguinte, isso iria mudar (CHANG, 2012).

Em 1781, Priestley executou experimentos junto a John Waltire, seu associado, com “ar inflamável” e ar comum em um recipiente fechado sob descargas elétricas, determinando que o orvalho resultante era água pura. Sua interpretação foi de que o ar comum deposita sua umidade quando flogisticado. Cavendish, por volta de 1782, com a devida anuência de Priestley, repete seus experimentos, observando que não há perda de massa no processo e chega a conclusões distintas. Para Cavendish, o ar deflogisticado seria a água desprovida de flogisto enquanto o ar inflamável seria composto de água com flogisto. Além disso, Cavendish observou que o ar contido no recipiente perdia um quinto de seu conteúdo e que esse ar perdido era o ar deflogisticado (hoje conhecido com o oxigênio). Os dois ares combinavam-se na proporção de 2:1 em volume. Assim, para Cavendish, a água não foi formada, e sim já era pré-existente nos gases (MILLER, 2002; MAAR, 2008).

Cavendish, então, informou Priestley de seus resultados, e repetiu seus experimentos em 1783, comunicando a James Watt (1736-1819) seus resultados. Em uma carta a Priestley enviada no mesmo ano, Watt sugere que a água seria um composto formado por “ar inflamável” e “ar deflogisticado”, ou seja, hidrogênio e oxigênio. Watt esperava que essa carta fosse lida por Priestley em uma reunião da Royal Society. Porém, Priestley lhe informou que tinha algumas dificuldades experimentais e dados que não estavam em perfeita concordância. Watt pediu, então, que a leitura de sua carta fosse adiada. Enquanto isso, as interpretações de Watt a Priestley ficam paradas na Royal Society. O conteúdo das cartas, contudo, era divulgado entre os cientistas em encontros informais (MILLER, 2002; MAAR, 2008).

Charles Blagden (1748-1820), assistente de Cavendish e também membro da Royal Society, encontrou-se com Lavoisier e relatou a ele os experimentos realizados por Cavendish. Lavoisier, por sua vez, refez os experimentos e concluiu que a água não é um elemento, mas sim um composto feito de hidrogênio e oxigênio. Inferiu ainda que o peso da água formada corresponde à soma do peso do hidrogênio e do oxigênio. Com essas informações, em 1783, Lavoisier publica seu artigo sem qualquer menção a Priestley, Watt ou Cavendish. Além da síntese da água, Lavoisier, junto a seu colaborador, Jean-Baptiste Meusnier (1754-1793), demonstrou a decomposição/análise da água por meio da reação da água com ferro ao rubro, a qual fornece como produtos o hidrogênio e o óxido ferroso. Assim, o “ar inflamável” foi rebatizado por Lavoisier como “gerador de água”, o hidrogênio (MAAR, 2008).

Apenas em 1784, um ano após a publicação do artigo de Lavoisier, foram publicados os artigos de Priestley e Watt. Jean André de Luc (1727-1817), um amigo de Watt, envia-lhe uma carta afirmando que roubaram suas ideias “palavra a palavra”. Em carta a um outro amigo, Watt desabafa:

“Mas eu tive a honra, como outros grandes homens, de ter minhas ideias pirateadas. Assim que escrevi meu primeiro artigo sobre o assunto, Dr. Blagden explicou minha teoria ao Sr. Lavoisier em Paris, e logo depois disso, o Sr. Lavoisier inventou [o tema] ele mesmo e leu um artigo sobre o assunto na Academia Real de Ciências. Desde então, o Sr. Cavendish leu um artigo para a *Royal Society* com a mesma ideia, sem fazer a menor menção a mim. Um deles é um *Financier* francês e, o outro, um ilustre membro da Casa dos Cavendish, com patrimônio superior a £100,000, e não gasta £1000 por ano. Homens ricos podem cometer más ações. Que eu e você perseveremos sempre em nossa integridade e apesar de tais feitos” (WATT, 1784 in MILLER, 2002. p. 155).

Charles Blagden acusa Lavoisier formalmente de plágio em 1786 em um periódico importante da época, o *Crell's Chimische Annalen*, indicando a prioridade de Cavendish sobre a descoberta de que a água era formada por dois outros componentes. Em 1790, porém, na publicação *Annales de Chimie*, Lavoisier discretamente admite a prerrogativa de Cavendish. A Watt, no entanto, Lavoisier não fez qualquer menção. O episódio ficou conhecido como “Controvérsia da Água”, e que se perpetuou mesmo após a morte de seus personagens, liderada especialmente pelo filho de Watt, James Watt Jr (1769-1848) (MILLER, 2002).

Quanto de hidrogênio e quanto de oxigênio?

No início do século XIX, em um dos episódios mais debatidos da História da Química, o inglês John Dalton (1766-1844), apresentou sua versão da Teoria Atômica, a qual foi recebida com grande grau de ceticismo por parte da comunidade científica. O cerne do problema da Teoria Atômica de Dalton era que para conhecer os pesos atômicos é preciso conhecer as fórmulas, mas para conhecer as fórmulas é necessário saber os pesos atômicos. A fim de contornar essa dificuldade, Dalton estabeleceu algumas hipóteses *a priori*. Uma das principais foi a de que quando os átomos de diferentes elementos se combinam entre si, o fazem segundo relações numéricas simples. A partir disso, ainda propôs que quando só é possível uma combinação entre dois corpos, deve ser presumida uma combinação binária, a não ser que outra causa exija o contrário. Portanto, considerando o peso atômico do hidrogênio como 1, Dalton determina que o peso do Oxigênio é 7, e assim a fórmula da água seria HO (CHANG, 2012; PULLMAN, 1998).

Na França, no entanto, o cientista Louis Joseph Gay-Lussac (1778-1850), fazia estudos que contradiziam as teses de Dalton. Em seus experimentos, Gay-Lussac determina que gases se combinam em proporções volumétricas simples: dois volumes de hidrogênio combinam-se com um volume de oxigênio, formando um volume de água. Considerando os volumes, a fórmula da água parece simples de ser deduzida, ainda mais levando-se em consideração o fato de que Cavendish já havia determinado que a proporção volumétrica de H e O é 2:1. Porém, experimentalmente, verifica-se que dois volumes de hidrogênio e um volume de oxigênio geram dois volumes de água. Além da síntese da água, a reação de formação da amônia também fornecia dados que contribuía para a confusão, pois três volumes de hidrogênio combinavam-se com um volume de nitrogênio, formando dois volumes de amônia (MAAR, 2011).

Amedeo Avogadro (1776-1856), um químico italiano, apresentou uma solução que poderia

conciliar a Teoria Atômica de Dalton com os dados experimentais obtidos por Gay-Lussac, hoje conhecida como Hipótese de Avogadro: volumes iguais de quaisquer gases ou vapores, contêm, nas mesmas condições de temperatura e de pressão, igual número de partículas. Além disso, Avogadro propôs também que hidrogênio, oxigênio e nitrogênio fossem moléculas diatômicas. Desse modo seria possível que dois volumes de hidrogênio reagindo com um volume de oxigênio formassem duas moléculas de água. Porém, tanto Dalton como Gay-Lussac veementemente rejeitaram a proposição de Avogadro cujas contribuições só tiveram reconhecimento postumamente. Em parte, tal recusa deu-se pela terminologia confusa que Avogadro adotava, denominando, por exemplo, uma a molécula diatômica de hidrogênio como molécula elementar formada por duas “semimoléculas”. Ademais, sem uma teoria de ligações químicas satisfatória, não havia como explicar porque as moléculas diatômicas associavam-se em duas e não três, quatro ou cinco. Portanto, a hipótese de Avogadro foi vista como arbitrária e descartada (MAAR, 2011; OKI, 2009)

No entanto, alguns cientistas importantes como André Marie Ampère, consideraram as ideias de Avogadro promissoras. O fato é que, dada a falta de concordância entre experimento e teorias, diversos estudiosos trabalharam no assunto, apresentando propostas variadas para as fórmulas dos compostos. Nesse cenário, uma tentativa de consenso foi realizada em 3 de setembro de 1860, que teve como protagonista Stanislao Cannizzaro no Congresso de Karlsruhe. Mais de uma centena de químicos compareceram, dentre os quais Kekulé, Erlenmeyer, Bunsen, Cannizzaro, Mendeleev e Bayer. Algumas definições químicas importantes foram realizadas como as que são expressas pelas palavras: átomo, molécula, equivalente, atômico, básico, com o estabelecimento de uma notação e de uma nomenclatura uniforme. Cannizzaro, ao fim do encontro, distribuiu entre os presentes um documento com esclarecimentos acerca dos conceitos de átomo e molécula, empregando, para isso, ideias de Avogadro além de defender a importância do peso atômico como propriedade fundamental para os cálculos estequiométricos (OKI, 2009).

Apesar das polêmicas, as evidências eram fortes o suficiente para inferir que a água era formada por duas partes de hidrogênio e uma de oxigênio, de modo que o importante químico sueco Jöns Jacob Berzelius (1779-1848) foi um dos pioneiros a adotar tanto as propostas de Dalton e Gay-Lussac e também a adotar a fórmula da água, tal qual utilizamos atualmente: H_2O (MAAR, 2011). Um consenso sobre o assunto foi alcançado apenas após uma interação complexa de diferentes modos de interpretação teórica dos experimentos e de evidências no sentido de que a fórmula da água, era, enfim, H_2O (CHANG, 2012).

Conclusões e contribuições ao ensino de ciências

A história aqui apresentada demonstra diversos aspectos possíveis de serem transpostos ao ensino de ciências, tanto no ensino médio, como no âmbito do ensino superior. Tendo em vista a complexidade de eventos, personagens, experimentos e interpretações teóricas, as perspectivas de enfoques epistemológicos voltados a questões educacionais são vastas. Pode-se citar, por exemplo, questionamentos acerca da existência de revoluções científicas uma vez que a comunidade científica se mostra resistente a aceitação de novas proposições teóricas, como pode-se observar no caso de Avogadro.

No entanto, um dos elementos mais relevantes que podem ser abordados diz respeito à atribuição das descobertas a um único cientista, tal qual se faz quando se afirma que um estudioso é o “pai” de algum conhecimento específico. Que critérios são empregados quando se faz tal asserção? A prioridade das descobertas é de quem primeiro observa, de quem identifica ou de quem interpreta (HANSON, 2008; KUHN, 2002)? A insistência em apontar

indivíduos isoladamente por parte de escritores de livros didáticos e até mesmo de historiadores da ciência revela-se, para além de historicamente imprecisa, injusta aos demais estudiosos que se empenharam na pesquisa de um determinado tema. O impacto no ensino de ciências dessa abordagem é o de transmitir aos estudantes a noção de gênio isolado, o que, em última instância, pode provocar desinteresse visto que dificilmente identificam-se com a figura apresentada como aquela que constrói os conhecimentos científicos (GIL-PÉREZ et al., 2001).

Em uma abordagem mais aprofundada, a partir dos fatos históricos postos no presente trabalho, pode-se discutir, não apenas o papel da experimentação e da interpretação na construção do conhecimento científico, como também o papel vital da comunicação. Observa-se que problemas de divulgação dos trabalhos abrem espaço para distorções na prioridade de descobertas, bem como para práticas de plágio, que, conforme observou-se, não foge nem aos cientistas mais brilhantes. Tais situações, historicamente, têm sido contornadas com publicações de comunicações rápidas, por exemplo. No entanto, a pressa em publicar resultados também tem trazido problemas ao desenvolvimento científico. Afinal, antes de correr o risco de ter seu trabalho plagiado ou realizado de forma independente por outros grupos de pesquisa, o cientista prefere publicar trabalhos menores, menos densos em experimentos e conteúdo, o que gera o problema que ficou conhecido como *salami science*: o trabalho científico fatiado em pequenas porções em detrimento de trabalhos mais sólidos (BUDIANSKY, 1985). Portanto, a história da química contrastada com a produção científica, atual tem grande valor epistemológico e, conseqüentemente, relevante ao ensino de ciências (LONGINO, 1990).

Referências

- BRASIL, Ministério da Educação, Secretaria da Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: ensino médio**. Brasília: Ministério da Educação, 1999.
- BRASIL, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **PCN+ ensino médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC, SEMTEC, 2002.
- BRASIL, Secretaria de Educação Básica, **Orientações curriculares para o ensino médio**; volume 2. Brasília : Ministério da Educação, 2006.
- BUDIANSKY, S. Research fraud: New ways of shading truth. *Nature*. v. 315., 1985, p. 447..
- BYNUM, W. **Uma breve história da ciência**. Porto Alegre: L&PM, 2013.
- CHANG, H. Water: the long road from Aristotelian element to H₂O. *Circumscribere*. v. 12., 2012, p. 1-15.
- GIL-PÉREZ, D., et al. Para uma imagem não *deformada* do trabalho científico. **Ciência & Educação**. v. 7, n. 2, 2001, p. 125-153.
- HANSON, N. R. An anatomy of discovery. *The Journal of Philosophy*. v. 64, n. 11, 1967, p. 321.
- JOHNSON, G. **Os dez experimentos mais belos da ciência**. São Paulo: Larousse do Brasil. 2008.
- KUHN, T. S. **A estrutura histórica da descoberta científica (1962)**. In: _____. A Tensão Essencial. Lisboa: Edições 70, p. 199, 2009.

- LONGINO, H. **Science as social knowledge**. Princeton: Princeton University Press, 1990.
- MAAR, J. H. **História da química - Parte 1 - dos Primórdios a Lavoisier**. Florianópolis: Conceito Editorial, 2008.
- MAAR, J. H. **História da química: Segunda Parte: De Lavoisier ao Sistema Atômico**. Florianópolis: Papa-livro, 2011.
- MILLER, D. P. “Distributing Discovery’ between Watt and Cavendish: a Reassessment of the Nineteenth-Century ‘Water Controversy. **Annals of Science**. V. 59, 2002, p.149-178.
- OKI, M. C. M. et al. Controvérsias sobre o atomismo no século XIX. **Química Nova**, v. 32, n. 4, 2009, p.1072-1082.
- PULLMAN, Bernard; REISINGER, Axel. **The Atom in the History of Human Thought**. Oxford University Press, 1998.
- WEST, J. B. Henry Cavendish (1731–1810): hydrogen, carbon dioxide, water, and weighing the world. **American Journal of Physiology - Lung Cellular and Molecular Physiology**. v. 307, n.1, p. L1-L6.