

## Proposta Pedagógica para o Ensino Explícito de Argumentação: O Caso da Controvérsia Histórica do Gás Oxigênio

Jordana A. de Oliveira e Paula C. C. Mendonça

Destacamos o potencial de uma proposta pedagógica para o ensino explícito de argumentação fundamentada no uso da controvérsia histórica do gás oxigênio, tomando por base a análise da qualidade dos argumentos de professores de química em formação inicial. Foi elaborada uma sequência de ensino no qual os licenciandos tiveram que ler textos históricos para subsidiar argumentos para o debate que girava em torno do questionamento: Se pudesse atribuir um prêmio Nobel de Química retrospectivo a um cientista do século XVIII, envolvido na descoberta do gás oxigênio, qual(is) cientista(s) seria(m) contemplado(s)? Foram analisados os argumentos individuais e os textos argumentativos dos grupos com base nos critérios: afirmativa, evidência e justificativa e a relação do argumento com a visão de descoberta na ciência. Pela análise percebemos que os licenciandos se preocuparam não apenas em apresentar evidências para os cientistas que defendiam, como também para aqueles que eram contrários. Eles buscaram persuadir ao propor uma linha de raciocínio que demonstrava os fundamentos que guiaram as escolhas. Constatamos que a visão de descoberta na ciência influenciou a tomada de decisão, evidenciando a relação entre os critérios epistêmicos e a argumentação.

► argumentação, controvérsia, história da ciência ◀

Recebido em 04/06/2018, aceito em 18/08/2018

266

Ensino de Química, além de capacitar os sujeitos para a compreensão do mundo por meio das lentes de conhecimentos próprios dessa área, tem como função promover um entendimento mais amplo sobre a própria ciência. O Ensino de Química estruturado dessa forma contribuiria para a formação de cidadãos letrados cientificamente. Nesse sentido, os estudantes e professores de química devem ter acesso não apenas aos produtos da ciência (isto é, leis, teorias e modelos consensuais na comunidade científica), como também ter compreensão dos métodos de produção, avaliação e disseminação do

conhecimento científico e das relações entre ciência e os contextos histórico, social e cultural (Millar, 2003). Em função de tais objetivos, defendemos que a argumentação passa a ter papel central na instrução.

**A natureza social do argumento se torna mais evidente quando duas ou mais pessoas estão discutindo sobre seus pontos de vista. Todavia, quando uma pessoa faz uma ponderação entre prós e contras de suas próprias ideias, a condução do ato de pensamento tem caráter social, pois a pessoa poderia prever reações de possíveis interlocutores (reações que a princípio são da pessoa, mas que poderiam ser compartilhadas por outros).**

van Eemeren *et al.* (1996) definem a argumentação como uma atividade *verbal e social*. A natureza social do argumento se torna mais evidente quando duas ou mais pessoas estão discutindo sobre seus pontos de vista. Todavia, quando uma pessoa faz uma ponderação entre prós e contras de suas próprias ideias, a condução do ato de pensamento

tem caráter social, pois a pessoa poderia prever reações de possíveis interlocutores (reações que a princípio são da pessoa, mas que poderiam ser compartilhadas por outros). Kuhn (1991) também defende esta perspectiva ao atribuir ao termo argumento um aspecto social e individual. Ou seja,

A seção "Ensino de Química em Foco" inclui investigações sobre problemas no ensino de Química, com explicitação dos fundamentos teóricos, procedimentos metodológicos e discussão dos resultados.

um raciocínio individual em que se constrói uma afirmativa acompanhada de justificativa, e no qual são analisadas posições adversas, pode ser considerado um argumento porque ele implicitamente contém um processo dialógico:

*O processo dialógico no qual duas ou mais pessoas se engajam em debate sobre posições opostas pode ser referido como argumentação ou discurso argumentativo em distinção a argumento como um produto (um indivíduo constrói um argumento para dar suporte a um ponto de vista). Entretanto, um argumento como produto é construído implicitamente a partir de uma conclusão baseada em uma estrutura de evidências e contra-argumentos que caracterizam um discurso argumentativo (Kuhn e Franklin, 2006, p. 979, apud Garcia-Mila e Andersen, 2008, p. 32).*

Em convergência com tais ideias, van Eemeren *et al.* (1996) e Billig (1987) concordam quanto à necessidade de pontos de vista controversos para ocorrência de argumentação. De acordo com Billig (1987), em uma conversa em que todos concordam uns com os outros, seria impossível o aparecimento de argumentação. Esses autores explicitam que o propósito da argumentação é justificar uma opinião ou refutar um ponto de vista oposto, a partir de um conjunto de pro-argumentos (razões a favor) e contra-argumentos (razões contra). Para eles, a argumentação tem como finalidade aumentar (ou diminuir) a aceitabilidade de um ponto de vista controverso a partir de justificativas que visam o convencimento ou persuasão de uma audiência (o próprio sujeito, um interlocutor ou uma variedade de pessoas). Por sua vez, a audiência tem o papel de concluir sobre um ponto de vista particular a partir de julgamento racional, que se relaciona à avaliação da solidez dos argumentos no contexto da discussão. Essa avaliação leva em conta o suporte dado ao ponto de vista ou afirmativa que se deseja defender (ou atacar). Esse suporte acontece a partir do uso de dados e informações que têm a especificidade de provar (ou descartar) a veracidade da alegação. A conexão entre os dados e a afirmativa se dá a partir de uma justificativa que objetive torná-la verdadeira (ou falsa) (Jiménez-Aleixandre, 2010).

Argumentar se torna uma ferramenta para avaliar o conhecimento porque se trata de um processo dialógico que favorece a externalização do raciocínio e a escrutinização de perspectivas alternativas (Jiménez-Aleixandre, 2010). Tradicionalmente, o Ensino de Química não tem valorizado essa perspectiva, pois há ênfase na transmissão de um corpus de conhecimento científico estabelecido em oposição ao levantamento de evidências que demonstram porque determinada explicação é considerada mais pertinente do que outra, ou a como o status de determinado conhecimento foi sendo modificado ao longo do tempo na ciência (Driver *et al.*, 2000). Em contrapartida, análises de instruções fundamentadas em argumentação têm evidenciado que estudantes que se engajam em discussão de textos científicos e exploram os motivos de uma teoria ou modelo ser adequado(a) ou não, desenvolvem um entendimento conceitual mais apurado,

porque compreendem a lógica de determinadas ideias científicas, uma vez que têm oportunidades de explicitar e avaliar o raciocínio que as embasa (Erduran e Jiménez-Aleixandre, 2008). Ou seja, instruções desse tipo podem contribuir para que estudantes possam explorar explicações alternativas na ciência e as evidências que confirmam ou não cada uma delas (Allchin, 2013; Archila, 2015), proporcionando um olhar para a ciência em construção, em oposição à ciência acabada (Latour, 1987), como frequentemente é apresentada em livros didáticos. Nesse sentido, controvérsias históricas têm sido utilizadas na formação de professores (por exemplo, em Abd-El-Khalick e Lederman, 2000; Allchin, 2011; Niaz, 2009) e na educação básica (por exemplo, em Braga *et al.*, 2012; Fouad *et al.*, 2015) visando favorecer a melhor compreensão do conhecimento científico.

Controvérsias históricas também podem ser utilizadas como fomentadoras de situações argumentativas (Zemplén, 2011), uma vez que os sujeitos devem argumentar a favor de determinadas ideias e refutar as do outro com base em evidências e conhecimentos relevantes à luz dos fatos históricos e do contexto da época estudada. Controvérsias históricas, portanto, podem assumir papel importante na argumentação, por fornecerem dados que podem ser utilizados como evidência contra e a favor de decisões (Archila, 2015). Esse tipo de atividade deve ser realizado com o intuito principal de favorecer a compreensão de que diferentes pontos de vista na ciência podem coexistir e que um deles pode, em determinada situação, ser considerado mais adequado do que outro (Justi e Mendonça, 2016). Portanto, o uso adequado de controvérsias históricas no ensino pode ser relevante para convencimento dos estudantes sobre as ideias científicas.

Além disso, Jiménez-Aleixandre e Puig (2012) argumentam que o uso de situações controversas no ensino pode favorecer o desenvolvimento do pensamento crítico dos estudantes. Isto porque, na visão dessas autoras, o pensamento crítico pode ser entendido como o compromisso com, e avaliação de, evidências, que permitem a crítica a argumentos baseados em autoridade e o questionamento de relações assimétricas de poder. Visto desse modo, o pensamento crítico contribuiria, por exemplo, na capacidade de um indivíduo distinguir afirmativas baseadas em evidências de mera opinião, e de distinguir afirmativas baseadas em conhecimento científico de pseudociência ou superstição (Smith e Scharman, 1998) – o que é de fundamental importância para uma Educação Química voltada para o desenvolvimento da cidadania.

Como aqui apontado, há vários benefícios em se incluir argumentação como estratégia de ensino. Entretanto, a argumentação raramente se encontra presente nos cursos de formação de professores de Química (Queiroz e Sá, 2009). No presente artigo buscamos preencher essa lacuna fazendo uso de uma controvérsia histórica na promoção da argumentação. Nesse sentido, foi desenvolvida uma sequência de ensino com licenciandos em química da Universidade Federal de Ouro Preto, no contexto de uma disciplina eletiva que abordava a temática argumentação. De forma mais específica, neste artigo buscamos relacionar o potencial da proposta pedagógica para

o ensino explícito de argumentação utilizando a controvérsia histórica sobre a descoberta do gás oxigênio e levando em consideração a qualidade dos argumentos. Nesta proposta, consideramos como ensino explícito aquele em que os estudantes são instruídos sobre os elementos do argumento e são solicitados a construí-los estruturando e distinguindo os seus elementos. Isto não implica dizer que o ensino ocorre de forma declarativa, no qual os alunos aprendem apenas o conteúdo de argumentação, como, por exemplo, as definições de evidência, de justificativa, etc. No ensino explícito, a partir de atividades fundamentadas em argumentação (tais como desempenho de papéis e debates), os estudantes podem desenvolver suas habilidades ao distinguir, por exemplo, afirmativas de evidências e evidências de justificativas. O modo implícito trabalha com argumentação de forma indireta: por exemplo, em atividades investigativas, em situações nas quais o professor solicita que estudantes justifiquem suas respostas, defendam publicamente seus construtos, entre outras ações, mas sem que os estudantes sejam instruídos sobre o que seria um argumento, seus elementos e solicitados a distinguir os elementos do argumento nas suas proposições (Ibraim e Justi, 2016). Julgamos que trabalhar com o modo explícito seja relevante no ensino, pois várias pesquisas têm demonstrado as dificuldades de estudantes em distinguir os elementos de um argumento (por exemplo, Kuhn, 1991). Todavia, para que o ensino explícito de argumentação possa ser favorecido, torna-se importante pensar em *designs* pedagógicos adequados para o engajamento dos estudantes (Erduran e Jiménez-Aleixandre, 2008).

Além disso, consideramos que tais conhecimentos e habilidades são importantes na formação de professores de Química, de modo a justificar a pesquisa aqui desenvolvida. Isto porque professores são os principais mediadores em sala de aula para que a argumentação dos estudantes possa ser desenvolvida a partir de uma série de ações na condução de atividades de ensino. Assim, torna-se importante que eles possam vivenciar a argumentação em sua formação inicial, e compreender os elementos dessa prática (Ibraim e Justi, 2016). Também consideramos que nossa pesquisa pode contribuir para o campo da argumentação, porque autores destacam que poucas pesquisas na área têm buscado compreender as relações entre os critérios epistêmicos e os argumentos, ou seja, como o entendimento sobre natureza da ciência pode influenciar a argumentação e a tomada de decisões (Osborne *et al.*, 2013).

### Um Breve Relato da História da Descoberta do Gás Oxigênio

Pode-se dizer que a controvérsia em torno da descoberta do gás oxigênio teve início na década de 1770 (Carneiro, 2006). Isso se iniciou graças aos estudos anteriores de alguns

cientistas, como Stephen Hales (1671-1761); William Cullen (1710-1790); Joseph Black (1728-1799) e Joseph Priestley (1794-1797). Esses cientistas realizaram seus estudos utilizando a teoria do flogisto, iniciada pelo alemão Johann Joachim Becher. Essa teoria se tornou mais conhecida em 1703, quando Stahl escreveu em uma de suas obras que o flogisto era considerado o princípio inflamável. Ele afirmou ainda que qualquer metal era formado pela combinação de uma matéria terrosa (denominada “cal”) com uma substância que é sempre a mesma (que seria o flogisto). A palavra flogisto derivou do termo grego para “arder”. O flogisto era um material que estava contido em tudo que fosse inflamável e que era liberado no ar durante a queima, mas que até então nenhum cientista sabia do que se tratava.

Os cientistas que mais se destacaram nesses estudos e que dividem a trama da descoberta do gás oxigênio são: Carl Wilhelm Scheele (1742-1786), Joseph Priestley e Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794). Scheele, a partir de vários experimentos, aquecendo alguns compostos, como: óxido de mercúrio, ácido nítrico e nitrato de potássio, isolou pela primeira vez um gás, que denominou de ar de fogo (que hoje seria o oxigênio), o qual alimentava a combustão. Contudo, Scheele não publicou imediatamente essa descoberta tão grandiosa para a ciência.

Em 1774, Priestley realizou um experimento aquecendo uma amostra de óxido de mercúrio em um recipiente, e observou que um gás com propriedades totalmente diferentes dos que ele conhecia era liberado. Observou ainda que o gás aumentava a combustão da chama de uma vela. Ele nomeou esse gás como ar desflogisticado ou ar bom e publicou sua descoberta em 1774. Scheele e Priestley utilizaram a teoria do flogisto em seus estudos para a “caça aos ares”. Porém, Scheele somente publicou sua descoberta em 1777, três anos mais tarde que Priestley.

Lavoisier, em 1774, prosseguia seus estudos sobre a combustão. Lavoisier pressupôs que deveria conduzir seus estudos sobre a combustão de maneira quantitativa. Após vários experimentos realizando muitas medições na balança, Lavoisier concluiu que quando um metal arde ele ganha peso, ao invés de perder. Essa seria uma evidência que Lavoisier considerou contrária à teoria do flogisto. Lavoisier passou a explicar a combustão, a calcinação, a oxidação, dentre outros fenômenos, por meio da suposição da combinação de uma parte do ar com as substâncias combustíveis ou calcináveis. Todavia, ele ainda não sabia claramente do que se tratava essa parte do ar, ficando em dúvida se suas ideias eram coerentes ou não, demorando um tempo para abandonar a teoria do flogisto. Em 1776, Lavoisier admitiu, em correspondência, que possuía mais confiança nas ideias de Priestley sobre o flogisto do que em suas próprias ideias (Thagard, 2007). Em

Nesta proposta, consideramos como ensino explícito aquele em que os estudantes são instruídos sobre os elementos do argumento e são solicitados a construí-los estruturando e distinguindo os seus elementos. Isto não implica dizer que o ensino ocorre de forma declarativa, no qual os alunos aprendem apenas o conteúdo de argumentação, como, por exemplo, as definições de evidência, de justificativa, etc.

1777, Lavoisier descreveu o “ar puro” ou “ar eminentemente respirável” como um dos ingredientes do ar atmosférico.

Em 1783, Lavoisier decidiu deixar a teoria do flogisto de lado. Ele se referiu ao ar puro ou ar eminentemente respirável como “princípio oxigênio”. Ele então rejeitou completamente a teoria do flogisto. Em seu *Tratado* de 1789, Lavoisier incluiu o gás oxigênio como um elemento químico que se encontrava junto do calor, da luz e dos gases hidrogênio e nitrogênio, entre outras substâncias. Os óxidos seriam produzidos pela combinação dos metais com oxigênio, e objetos não metálicos queimariam quando combinados com oxigênio para produzir calor e luz. Lavoisier acreditava ser capaz de refutar a teoria do flogisto, mas Priestley nunca aceitou tais ideias, e continuou suas pesquisas com base na antiga teoria.

## A Sequência de Ensino

Foi elaborada uma sequência de ensino para trabalhar com o ensino explícito de argumentação sobre uma questão problema envolvendo a controvérsia da descoberta do gás oxigênio. A sequência foi desenvolvida com sete alunos de um curso de licenciatura em Química da Universidade Federal de Ouro Preto durante dois encontros (cada um com três horas de duração) de uma disciplina eletiva do curso. A disciplina era frequentada por alunos de diferentes períodos do curso. A sequência de ensino foi desenvolvida em uma disciplina eletiva sobre argumentação, na qual os licenciandos já tinham sido introduzidos aos elementos do argumento, às finalidades da argumentação e já haviam experienciado outras propostas de ensino envolvendo argumentação, como modelagem e júri simulado.

Os questionamentos colocados para o debate foram: Se fosse possível conceder um Prêmio Nobel de Química retroativo a um cientista do século XVIII, envolvido na descoberta do gás oxigênio, quem seria digno da premiação? O que se entende por descoberta na ciência? Será que isso influencia no julgamento do mérito de cada cientista? Tais questões foram expostas pela professora formadora tornando a atividade potencialmente motivadora para o engajamento em argumentação.

Na primeira parte, os alunos, de forma individual, deveriam ler sete textos, que relatam a história da descoberta do gás e a vida e o trabalho dos três principais cientistas envolvidos. Após a leitura dos sete textos, os licenciandos deveriam responder algumas perguntas: (i) o que eles entendem sobre descoberta na ciência e (ii) evidências nos textos que tornem cada um dos cientistas merecedores da descoberta. As questões foram formuladas com o objetivo de auxiliar na elaboração de argumentos e para melhor compreensão da controvérsia.

Na segunda parte, um debate em sala de aula, cada aluno deveria argumentar sobre qual/quais cientista(s) deveria(m) ganhar um Prêmio Nobel retroativo pela descoberta do oxigênio. Inicialmente, cada aluno se posicionava escolhendo a qual(ais) cientista(s) eles concederiam a premiação e apresentavam suas justificativas, destacando o que eles entendiam sobre descoberta na ciência. Em seguida, os alunos

foram divididos em grupos, com sujeitos que defendiam os mesmos cientistas, e foram solicitados a redigir um texto argumentativo para defender suas posições. Após a elaboração dos textos, cada grupo fez a leitura dos mesmos e os demais grupos puderam opinar sobre os textos dos outros, de forma a concordar ou não com a argumentação. Esse debate teve o intuito dos alunos analisarem se as evidências que os grupos escolheram eram condizentes com o(s) cientista(s) defendido(s) e para proporcionar momentos de refutação.

Para o encontro seguinte, os alunos deveriam ler algumas partes da peça *Oxigênio*, de Djerassi e Hoffmann (2004, p. 17-19, 63-81, 85-97). Trata-se de uma peça de teatro cuja temática se relaciona a julgar quem é merecedor da descoberta do oxigênio, Priestley, Scheele ou Lavoisier. Nessa peça, os três cientistas e suas esposas estão em Estocolmo em 1777. A escolha da peça foi feita com o objetivo de analisar se, a partir de novas evidências que o livro apresenta, algum aluno mudaria de ideia sobre o posicionamento adotado na aula anterior. Ressalta-se que o livro não traz uma resposta de quem ganhou o prêmio, justamente por ter o objetivo de permitir que o leitor decida para quem dar o mérito, a partir da interpretação do que se conta como descoberta na ciência.

O debate foi registrado na forma de vídeo. Os licenciandos foram informados sobre a pesquisa por meio de um Termo de Esclarecimento de riscos, benefícios e anonimato, e emitiram um termo de consentimento autorizando a análise e divulgação dos dados sob tais condições.

## Metodologia de Análise de Dados

Para a análise dos argumentos dos alunos foi realizada a transcrição dos vídeos do debate. Ela foi feita com objetivo de isolar os argumentos de cada licenciando e reconstruí-los para fins analíticos. Consideramos como argumento as afirmativas ou posicionamentos que são embasados em evidências, sendo que as evidências podem ser acompanhadas de justificativas, que têm o papel de conectar a afirmativa ou posicionamento às evidências (Jiménez-Aleixandre, 2010). Para a análise realizada, as evidências são os fatos, dados e enunciados dos textos históricos que foram utilizados pelos licenciandos para subsidiar uma afirmativa ou refutá-la. As justificativas foram analisadas em termos da relação que estabelecem no argumento com o entendimento de descoberta na ciência pelo licenciando. As caracterizações dos elementos do argumento apresentadas para os licenciandos no ensino explícito foram similares às apresentadas aqui como critérios de análise estrutural dos argumentos.

Levando-se em conta a controvérsia em questão, se o sujeito entende que descobrir é isolar ou caracterizar pela primeira vez, sua escolha e argumento serão fundamentados por esse tipo de raciocínio. Caso contrário, se julga que descoberta está mais relacionado às interpretações teóricas, produzirá argumentos com outro tipo de embasamento. É válido destacar que os critérios utilizados pelos licenciandos para visão de descoberta na ciência não foram julgados como

corretos ou incorretos, uma vez que não existe um consenso na ciência sobre isto: os critérios dependem das vertentes filosóficas aos quais cada autor se filia. Nesse sentido, a análise da qualidade dos argumentos ocorreu em função da coerência entre a afirmativa, a evidência e o entendimento de descoberta na ciência.

Em termos analíticos, primeiro selecionamos o(s) argumento(s) de cada licenciando em que eles destacaram sua escolha pelo(s) cientista(s) e verificamos se o argumento era seguido ou não de justificativas e evidências. Uma evidência seria forte (ou fraca) caso estivesse relacionada diretamente com a afirmativa e subsidiada com os dados, informações ou enunciados dos textos. Uma justificativa seria forte (ou fraca) em função do relacionamento que conecta a afirmativa com as evidências. Em seguida, identificamos se essas justificativas e evidências eram coerentes ou incoerentes com o que cada licenciando apresentou como definição de descoberta na ciência. Para a interpretação do que cada licenciando entendia sobre descoberta na ciência, criamos categorias para abranger respostas com significados próximos. Por fim, elaboramos um quadro (Quadro 1) para facilitar a visualização dos posicionamentos e a classificação dos elementos dos argumentos. Para preservar a identidade dos licenciandos, no Quadro 1, os nomes aparecem como códigos; por exemplo, L1, significando que cada licenciando (L) foi associado a um número de 1 a 7.

Para análise dos textos argumentativos, inicialmente separamos cada argumento dos textos e os analisamos em termos de: afirmativa (apresentada em negrito), justificativa (apresentada de modo sublinhado) e evidência (apresentada em itálico). Em seguida, buscamos relacionar os argumentos com o que cada licenciando entende sobre descoberta na ciência

entrelaçando com a primeira parte da atividade, para assim identificar se realmente o que cada licenciando compreendia sobre descoberta influenciava na sua tomada de decisão.

## Análise dos Dados

### Análise do Argumento de Cada Licenciando

Foram categorizados nove argumentos, sendo que dois licenciandos apresentaram um argumento e uma refutação. Três licenciandos escolheram Lavoisier, dois optaram por Priestley e Lavoisier e outros dois se posicionaram a favor de Scheele, Priestley e Lavoisier como merecedores do prêmio. Cinco licenciandos apresentaram justificativas e evidências coerentes com a sua decisão e com o que eles entendiam sobre descoberta na ciência. O Quadro 1 sintetiza as análises realizadas.

Com base nas ideias apresentadas no debate, em relação ao que cada licenciando compreendia sobre descoberta na ciência, foram categorizadas cinco posições distintas:

- Quebra de paradigma (dois licenciandos): descoberta na ciência foi relacionada à quebra de paradigma na ciência. Nesse caso, ao refutar a teoria do flogisto e compreender os fenômenos envolvendo o gás oxigênio sob uma nova óptica, Lavoisier ocasionou um rompimento com um modo operante na ciência e levou ao surgimento de outro, em um processo conhecido como “revolução química”.
- Interpretação teórica (um licenciando): apesar de considerar que a ciência necessita de evidências empíricas para comprovação, ou seja, a ciência é empiricamente fundamentada, o licenciando colocou ênfase na interpretação dessas observações, que podem ocorrer de diferentes

Quadro 1: Síntese da análise dos argumentos

| Argumento | Qual(is) Cientista(s) defende(m) ou refuta(m)/Afirmativa | Visão de descoberta na ciência  | Classificação da Evidência |       |            | Classificação da Justificativa |       |            |
|-----------|--|---|----------------------------|-------|------------|--------------------------------|-------|------------|
|           |  |   | Coerente                   |       | Incoerente | Coerente                       |       | Incoerente |
|           |  |   | Forte                      | Fraco |            | Forte                          | Fraco |            |
| L1        | Lavoisier  | Quebra de paradigma   | x                          |       |            | x                              |       |            |
| L2        | Lavoisier  | Quebra de paradigma   |                            | x     |            |                                |       | x          |
| L3        | Priestley e Lavoisier                                    | Interpretação teórica   | x                          |       |            | x                              |       |            |
| L3        | Scheele (Refutação)                                      | Publicação ou patente   | x                          |       |            | x                              |       |            |
| L4        | Priestley e Lavoisier                                    | Interpretação teórica   |                            |       | x          |                                |       | x          |
| L5        | Scheele, Priestley e Lavoisier                           | Visualizar ou constatar primeiro (Scheele) e Interpretação teórica (Priestley;Lavoisier)  | x                          |       |            | x                              |       |            |
| L6        | Scheele, Priestley e Lavoisier                           | Visualizar ou constatar primeiro (Scheele) e Interpretação teórica (Priestley; Lavoisier) | x                          |       |            | x                              |       |            |
| L7        | Refutação (Scheele e Priestley)                          | Visualizar ou constatar primeiro  | x                          |       |            | x                              |       |            |
| L7        | Lavoisier  | Visualizar ou constatar primeiro  | x                          |       |            | x                              |       |            |

formas pelos pesquisadores e, assim, destacou a relação entre o experimento e a teoria.

- Visualizar ou constatar primeiro (um licenciando): descoberta na ciência está relacionada à primeira visualização ou constatação experimental da entidade ou fenômeno investigado.
- Publicação ou patente (um licenciando): a descoberta se relaciona com a publicação dos estudos dos cientistas para mostrar à comunidade científica seus feitos para serem discutidos e aceitos (ou não) como científicos.
- Visualizar ou constatar primeiro e interpretação teórica (dois licenciandos): nesse caso, os licenciandos utilizaram dois critérios distintos. Um deles é visualizar ou constatar primeiro, fazendo menção ao cientista Scheele, que para os licenciandos mereceria dividir o prêmio com os cientistas Priestley e Lavoisier por ter isolado o gás pela primeira vez; enquanto os dois últimos deram diferentes contribuições em termos de interpretações teóricas. Esses licenciandos expuseram, em um único argumento, com base em tais critérios e amparado por evidências, porque optaram por dividir o prêmio Nobel em vez de concedê-lo a um só cientista. Ao justificar este fato fizeram menção à colaboração na ciência, pois para eles apenas um único cientista não conseguiria sozinho dar um grande incremento à ciência.

A seguir é detalhada a análise dos argumentos de três licenciandos que defenderam posições distintas:

**L1: “Bom, dos três para mim o que merece o prêmio vai ser o Lavoisier, porque mesmo que os outros dois tenham descoberto lá o oxigênio a partir dos experimentos, eles ainda ficaram muito embasados na teoria do flogisto, né? E assim, não deram uma explicação coerente, igual nós temos hoje em dia... e meio que foi Lavoisier que fez essa revolução química, sabe? Porque assim... para mim descoberta na ciência é quando... porque meio que sempre vai ter algumas teorias, já sobre o que você vai falar, tipo sobre o ar, o ar puro, respirável que eles estavam tentando descobrir. Então, já tinha teoria sobre, entende? Para mim, a descoberta é quando você a partir disso consegue mudar, criar tipo uma explicação bem coerente, entende?”**

A licencianda utilizou evidências e justificativas de forma coerente com o que entendia por descoberta na ciência, pois ao defender Lavoisier ela afirmou que ele mereceria o feito por conseguir interpretar os fenômenos adequadamente e perceber que a teoria do flogisto não conseguia explicar o papel do gás oxigênio nos mais diversos fenômenos. Consideramos que a licencianda tenha utilizado a ideia de quebra de paradigma ao falar sobre sua visão de descoberta na ciência ao remeter ao fato de Lavoisier ter sido responsável pela revolução química. Ela deixou bem explícito que sua escolha é fundamentada na ideia de que uma descoberta implica numa interpretação teórica mais coerente que a anterior.

**L3: “É se fosse para dividir assim, acho que eu dividiria entre o Priestley e o Lavoisier. Lavoisier que deu a continuidade em uma ideia que o Priestley já tinha defendido, mas aí ele fez a revolução e trouxe o conceito que é**

**aceito hoje em dia que contradizia o que Priestley defendia que era o flogisto.**

**L3: “Eu acho complicado também assim, tirar ele (Scheele) do prêmio. Assim, eu acho que dividiria entre os dois. Pois é, fiquei com dó dele. Igual eu falei, mas assim... é complicado também se for pensar na questão de normas e... igual eu falei, acho que toda descoberta, ideia, ela tem que ser padronizada, então... igual hoje em dia tem patente, se você faz e patenteia, é seu. Então, acho que é assim, há uma necessidade mesmo de ter uma legislação que obrigue isso. Então, se você descobriu, você vai lá e registra. Por que se não, pode ser que comece a aparecer um monte de gente falando: “ah não eu também... me dá um pouquinho aí, porque eu também descobri”.**

Essa licencianda apresentou um argumento defendendo Priestley e Lavoisier, justificando de forma coerente a partir do que ela entendia sobre descoberta na ciência. Para ela, Priestley foi quem isolou primeiramente e publicou o resultado, e Lavoisier tomou isto como ponto de partida, porém fornecendo distinta interpretação. Assim, ela suscitou a importância do trabalho colaborativo na ciência. Em seguida, ela apresentou uma refutação, para justificar porque Scheele não seria merecedor do prêmio e não era defendido por ela, porque segundo a mesma, o mesmo não publicou os resultados do estudo e para ela a descoberta na ciência tem relação com a publicação do fato.

**L5: “Para mim todos os três descobriram, mas de formas diferentes, o Scheele, ele foi o que visualizou... O Scheele, ele meio que visualizou pela primeira vez, foi ele que separou pela primeira vez e falou: “é diferente”. O Priestley, ele foi o que tipo assim, meio que “caracterizou”, ele viu o que era... ele viu que era uma coisa diferente também... Mas aí Lavoisier foi o que estudou mais a fundo o gás, então eu acho que assim, separando desse jeito todos os três descobriram, para mim descobrir é você visualizar, você caracterizar e você estudar. Nenhum dos três fizeram isso, tipo assim, nenhum sozinho fez as três coisas, foi juntando os três e os três descobriram, entendeu? Mas eu acho que, mesmo assim... Ele estudou. De qualquer forma todos eles estudaram, mas considerando que o certo foi o do Lavoisier, o estudo certo foi do Lavoisier, então eu acho que ele estaria incluso nessa descoberta. E os outros, porque um viu primeiro o outro caracterizou primeiro e estudou primeiro.”**

Essa licencianda defendeu os três cientistas trazendo evidências para embasar a escolha de cada um deles. A justificativa está coerente com o que ela entende sobre descoberta na ciência, pois para ela descobrir é visualizar, caracterizar e estudar, sendo um trabalho colaborativo, pois nenhum cientista sozinho conseguiria dar um grande incremento à ciência, mesmo sabendo que um deles tem hoje a teoria aceita.

*Análise do Texto Argumentativo*

*Grupo 1 (L3e L4): Priestley e Lavoisier*

No texto, os licenciandos apresentaram três argumentos

com evidências e justificativas fortes e coerentes para justificar porque Priestley e Lavoisier seriam merecedores do prêmio, e porque Scheele não seria digno dele. Constata-se que as visões de descoberta na ciência – visualizar ou constatar primeiro, interpretação teórica e publicação de resultados de trabalhos – influenciaram a argumentação dos licenciandos:

*“Embora Lavoisier tenha partido de ideias baseadas por Priestley que por sua vez eram baseadas na teoria do flogisto (Stahl), ele foi o único pesquisador que conseguiu explicar a existência do oxigênio de uma forma que os conceitos são aceitos até hoje.*

*Pode-se dizer que houve uma troca de conhecimento entre Priestley e Lavoisier, o que prova que o segundo não teve o mérito sozinho pela descoberta do gás oxigênio uma vez que houveram contribuições.*

*Mesmo que Scheele tenha sido o primeiro a descobrir a existência do “ar de fogo” ele não divulgou a descoberta para a sociedade no ano da descoberta. Quando seu feito veio à tona já tinha surgido uma teoria de um outro pesquisador, Priestley em 1774. Se ele tivesse publicado no ato da descoberta (1772), ele também seria merecedor, no entanto ele não é.”*

*Grupo 2 (L5 e L6): Scheele, Priestley e Lavoisier*

Os licenciandos elaboraram um texto argumentativo com evidências e justificativas fortes e coerentes e apontaram claramente o critério de escolha relacionando ao entendimento de descoberta na ciência (visualizar ou constatar primeiro e interpretação teórica). Cabe destacar que o texto foi bem redigido, tornando claros os motivos da escolha para cada cientista. Além disso, apresentaram o uso de conectores no texto escritos de forma a facilitar a visualização do raciocínio.

*“Analisando os estudos de Scheele, pode-se constatar a seguinte evidência: a partir do experimento envolvendo o aquecimento de vários compostos, como o óxido de mercúrio e nitrato de potássio e com base em teorias sobre atmosfera e combustão, conclui que a atmosfera era composta de apenas dois gases, o “ar viciado”, nitrogênio e o “ar de fogo”, oxigênio, que alimentava a combustão. De acordo com os critérios mencionados, Scheele foi quem visualizou primeiro o gás em questão.*

Scheele não avançou em seus estudos, e com isso, dois anos depois, Priestley conseguiu visualizar e caracterizar o gás em questão. Como pode ser observado na seguinte evidência: *ao realizar um experimento com óxido de mercúrio, observou que um gás com propriedades diferentes dos gases que até então ele havia estudado era liberado. O tal gás aumentava a combustão da chama de uma vela. Em outro experimento utilizando “mercúrio calcinado” ele notou que se desprendia dessa substância uma grande quantidade de “ar” (que atualmente chamamos de oxigênio). Testando suas propriedades, notou que uma vela queimava muito bem nele, com uma chama mais brilhante do que normalmente; e que um camundongo podia viver nesse ar durante o dobro do tempo que sobreviveria em igual quantidade*

*de ar. Posteriormente ele concluiu que esse “ar” era cinco ou seis vezes melhor do que o ar comum. Dessa forma, de acordo com os critérios mencionados, Priestley foi quem caracterizou o gás em questão.*

*Analisando os estudos de Lavoisier pode-se constatar que ele destronou a teoria do flogisto, interpretando de modo correto as reações de oxidação, como combustão, calcinação, etc., e lançando os fundamentos da análise química quantitativa. E por isso, é considerado o fundador da Química Moderna.”*

Após apresentarem as evidências para defender cada um dos cientistas, o grupo justificou sua escolha evidenciando a preocupação com a persuasão:

*“Dessa forma, de acordo com os critérios mencionados, apesar de Lavoisier ter aprofundado seus estudos a fim de romper com a teoria do flogisto aceita naquela época, é importante ressaltar que ele utilizou das teorias de Priestley e Scheele para fazer adaptações, novos estudos e reformulações para elaborar sua teoria, que é aceita atualmente...”*

*Grupo 3 (L1, L2 e L7): Lavoisier*

Os licenciandos apresentaram várias evidências para justificar a escolha por Lavoisier, e também apresentaram refutações aos cientistas que não defendiam. Cabe destacar que tal grupo apresentou mais elementos para sustentar os argumentos em comparação com os demais grupos analisados. É importante ressaltar que, diferentemente dos demais grupos, apesar de considerarem que Lavoisier utilizou experimentos propostos por Priestley, não julgaram que por tal fato o prêmio tenha que ser dividido entre esses cientistas, porque a revolução química proposta por Lavoisier é um grande feito que o dignifica grandemente para o prêmio:

*“O químico francês Antoine Laurent Lavoisier é considerado por muitos como o pai da ciência química.*

*Através de experimentos onde utilizavam balanças de alta precisão da época ele contribuiu com a ruptura de ideias alquimistas, levando a química a um grau de destaque. O gás oxigênio foi uma de suas grandes descobertas, embora este gás já tivesse sido isolado antes, foi Lavoisier que compreendeu o comportamento desse gás, através de ideias, onde negava os princípios da alquimia.*

*Em 1772, Lavoisier fez a combustão de enxofre e fósforo a partir desse experimento, chegou a uma conclusão de que havia presença de um ar nos minerais, pois tanto na combustão das substâncias e a calcinação dos metais, houve um aumento de peso, porém ele não tinha uma ideia clara de que era esse ar neste período. Lavoisier apresentou em 1774 à Academia de Ciências de Paris um experimento onde provou que a massa do metal estanho aumentava após sofrer um processo de combustão, com esse experimento Lavoisier mostrou que a teoria do flogisto era incoerente, pois nessa teoria quando um corpo sofria combustão ele perdia flogisto para o ar e deveria ficar mais leve, além disso, uma das conclusões que ele tirou ao realizar esse experimento foi que o ar não era um elemento simples, mas sim uma mistura de diferentes substâncias. Lavoisier*

chamou a ideia do flogisto de vaga, afirmando que ninguém havia defendido rigorosamente, que reuniam em um mesmo conceito propriedades inconciliáveis e contraditórias. Algumas vezes o flogisto tinha peso outras não, sendo os adeptos dessa teoria às vezes a propor, até que o flogisto tinha peso negativo.

Embora o cientista Joseph Priestley tenha sido o primeiro cientista a isolar essa substância, tendo seu trabalho publicado em 1776, Lavoisier já havia proposto que existia uma substância no ar que se incorporava com metais no processo de oxidação. No seu trabalho apresentou à Academia de Ciências em Paris, assim esse cientista já reconhecia que havia um gás que estava presente na atmosfera, mesmo que não tenha isolado nessa época.

Como Scheele não registrou uma descoberta antes de 1774, pode-se concluir que não se pode garantir que ele havia isolado esse gás antes dessa data, não se pode negar o fato de que Lavoisier utilizou das descobertas de Priestley tal como, por exemplo, o experimento para isolar o oxigênio para estudar as propriedades desse gás e aperfeiçoar sua teoria que foi publicado no seu livro Tratado Elementar de Química em 1789, onde chamou esse gás de gás “oxigênio.”

## Considerações Finais

Neste artigo foi apresentada a análise da qualidade dos argumentos de licenciandos que participaram de uma sequência de ensino cujo *design* pedagógico era voltado para o ensino explícito da argumentação. Foi problematizada uma controvérsia relacionada à outorga de um prêmio Nobel de Química retroativo a um cientista do século XVIII envolvido na descoberta do gás oxigênio. Com base nos conhecimentos sobre afirmativa, evidência e justificativa trabalhados no ensino explícito de argumentação, e suporte dos textos históricos, os licenciandos foram solicitados a expressar seus posicionamentos e elaborar argumentos de forma individual, numa situação de debate e na produção de um texto argumentativo entre os pares.

Podemos afirmar que, em termos da qualidade dos argumentos, os licenciandos: (i) argumentaram de forma bastante satisfatória, uma vez que a grande maioria foi capaz de selecionar evidências dos textos para subsidiar suas escolhas; (ii) se preocuparam não apenas em apresentar evidências para os cientistas que defendiam, como também para aqueles que eram contrários; (iii) buscaram persuadir ao propor uma linha de raciocínio que mostrava os fundamentos que guiaram as escolhas.

É importante que, em atividades argumentativas em que

mais de uma resposta seja passível, como no caso aqui analisado, considere-se a coerência dos argumentos na tomada de decisões. É extremamente relevante que os estudantes compreendam, portanto, que o veredito de uma decisão irá depender da qualidade dos argumentos e da persuasão dos oradores, o que é bastante diferente do que ocorre em salas de aula em que o aluno busca a resposta correta, que é fornecida ou avaliada pelo professor. Nesse sentido, no desenvolvimento da sequência de ensino a professora formadora esta-

É importante que, em atividades argumentativas em que mais de uma resposta seja passível, como no caso aqui analisado, considere-se a coerência dos argumentos na tomada de decisões. É extremamente relevante que os estudantes compreendam, portanto, que o veredito de uma decisão irá depender da qualidade dos argumentos e da persuasão dos oradores, o que é bastante diferente do que ocorre em salas de aula em que o aluno busca a resposta correta, que é fornecida ou avaliada pelo professor.

estabeleceu as regras para o debate, ou seja, que o melhor argumentador não seria aquele indivíduo ou grupo que defendesse a posição conhecida atualmente, mas sim aquele que apresentasse a melhor estratégia de argumentação e argumentos mais bem fundamentados buscando convencer a audiência. Dessa forma, ao apresentar o veredito do debate para a turma a professora formadora explicitou os critérios de análise utilizados para avaliar os argumentos opostos. Dessa maneira, ela forneceu o resultado do prêmio em termos

de qual grupo argumentou com maior qualidade. Isto se constituiu em outra oportunidade para o ensino explícito da argumentação, ao possibilitar aos licenciandos avaliarem seus próprios construtos.

Consideramos que a proposta também nos forneceu acesso à visão epistemológica dos licenciandos sobre descoberta na ciência, sendo que alguns compreendiam a ideia de que a ciência é feita de modo colaborativo. Todavia, alguns consideraram que, mesmo não desmerecendo tal fato, o incremento de Lavoisier à ciência foi tão grandioso que o tornava digno da premiação. Além disso, percebemos que, enquanto alguns colocaram mais ênfase na observação, outros a colocaram nas interpretações teóricas. Tais visões puderam ser discutidas pela professora formadora ao longo do debate, o que demonstra ser uma possibilidade viável para se trabalhar com argumentação articulada à natureza da ciência.

Com base nas evidências aqui apresentadas, concluímos que o *design* pedagógico avaliado tem potencial de uso quando se trata de trabalhar a argumentação na sala de aula no ensino da Química, ou mesmo a partir de outros temas de interesse de outras ciências.

**Jordana Alves de Oliveira** (jordana01alves@gmail.com) é licenciada em Química pela Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) e atualmente é mestranda em Educação do Programa de Pós-graduação em Educação da UFOP. Desenvolveu iniciação científica sob orientação da Profa. Paula Cristina Cardoso Mendonça. Ouro Preto, MG – BR. **Paula Cristina Cardoso Mendonça** (paulamendonca@ufop.edu.br), professora do Departamento de Química e do Programa de Pós-graduação em Educação da UFOP, é licenciada em Química e mestre e doutora em Educação pela Universidade Federal de Minas Gerais. É editora adjunta da Revista Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências. Ouro Preto, MG – BR.

## Referências

- ABD-EL-KHALICK, F. e LEDERMAN, N. G. The influence of history of science courses on students' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 37, n. 10, p. 1057-1095, 2000.
- ALLCHIN, D. *Teaching the nature of science: perspectives & resources*. Saint Paul: SHiPS Education Press, 2013.
- \_\_\_\_\_. The Minnesota case study collection: new historical inquiry case studies for nature of science education. *Science & Education*, v. 21, n. 9, p. 1263-1281, 2011.
- ARCHILA, P. A. Using history and philosophy of science to promote students' argumentation: a teaching-learning sequence based on the discovery of oxygen. *Science & Education*, v. 24, p. 1201-1226, 2015.
- BILLIG, M. *Arguing and thinking: a rhetorical approach to social psychology*. Cambridge: Cambridge University Press, 1987.
- BRAGA, M.; GUERRA, A. e REIS, J. C. The role of historical-philosophical controversies in teaching sciences: the debate between Biot and Ampère. *Science & Education*, v. 21, p. 921-934, 2012.
- CARNEIRO, A. Elementos de história da química no século XVIII. *Química Nova*, v. 102, p. 25-31, 2006.
- DJERASSI, C. e HOFFMANN, R. *Oxigênio*. 1ª ed. Rio de Janeiro: Vieira e Lent, 2004.
- DRIVER, R.; NEWTON, P. e OSBORNE, J. Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, v. 84, n. 3, p. 287-312, 2000.
- ERDURAN, S. e JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. *Argumentation in science education: perspectives from classroom-based research*. Dordrecht: Springer, 2008.
- FOUAD, K. E.; MASTERS, H. e AKERSON, V. L. Using history of science to teach nature of science to elementary students. *Science & Education*, v. 24, p. 1103-1140, 2015.
- GARCIA-MILA, M. e ANDERSEN, C. Cognitive foundations of learning argumentation. In: ERDURAN, S. e JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. (Eds.). *Argumentation in science education: perspectives from classroom-based research*. Dordrecht: Springer, 2008, p. 29-46.
- IBRAIM, S. S. e JUSTI, R. Teachers' knowledge in argumentation: contributions from a explicit teaching in an initial teacher education programme. *International Journal of Science Education*, v. 38, p. 1926-2025, 2016.
- JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. *10 ideas clave: competencias en argumentación y uso de pruebas*. Barcelona: Graó, 2010.
- \_\_\_\_\_. e PUIG, B. Argumentation, evidence evaluation and critical thinking. In: FRASER, B. J.; TOBIN, K. G. e MCROBBIE, C. J. (Eds.). *Second international handbook of science education*. Dordrecht: Springer, 2012, p. 1001-1016.
- JUSTI, R. e MENDONÇA, P. C. C. Discussion of the controversy concerning a historical event among pre-service teachers contributions to their knowledge about science, their argumentative skills, and reflections about their future teaching practices. *Science & Education*, v. 25, p. 795-822, 2016.
- KUHN, D. *The skills of argument*. New York: Cambridge University Press, 1991.
- LATOUR, B. *Science in action, how to follow scientists and engineers through society*. Boston: Harvard University Press, 1987.
- MILLAR, R. Um currículo de ciências voltado para a compreensão por todos. *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 5, p. 146-164, 2003.
- NAIAZ, M. Progressive transitions in chemistry teachers' understanding of nature of science based on historical controversies. *Science & Education*, v. 18, p. 43-65, 2009.
- OSBORNE, J.; SIMON, S.; CHRISTODLOU, A.; HOWELL-RICHARDSON, C. e RICHARDSON, K. Learning to argue: a study of four schools and their attempt to develop the use of argumentation as a common instructional practice and its impact on students. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 50, p. 315-347, 2013.
- QUEIROZ, A. S. e SÁ, L. P. O espaço para a argumentação no ensino superior de química. *Educación Química*, v. 20, p. 104-110, 2009.
- SMITH, M. U. e SCHARMAN, L. C. Defining versus describing the nature of science: a pragmatic analysis for classroom teachers and science educators. *Science Education*, v. 85, p. 493-504, 1998.
- THAGARD, P. A estrutura conceitual da revolução química. Trad. M. R. Silva e M. Giro. *Princípios: Revista de Filosofia*, v. 14, n. 22, p. 265-303, 2007.
- VAN EEMEREN, F. H.; GROOTENDORST, R.; HENKEMANS, F. S.; BLAIR, J. A.; JOHNSON, R. H.; KRABBE, E. C. W.; PLANTIN, C.; WALTON, D. N.; WILLARD, C. A.; WOODS, J. e ZAREFSKY, D. *Fundamentals of argumentation theory: a handbook of historical backgrounds and contemporary developments*. Mahwah: Lawrence Erlbaum, 1996.
- ZEMPLÉN, G. A. History of science and argumentation in science education: joining forces? In: KOKKOTAS, P. V.; MALAMITSA, K. S. e RIKAKI, A. A. (Eds.). *Adapting historical knowledge production to the classroom*. Rotterdam: Sense Publishers, 2011, p. 129-140.

**Abstract:** *Pedagogical Proposal for Explicit Teaching of Argumentation: The Case of the Historical Controversy of Oxygen Gas.* We highlight the potential of a pedagogical proposal for the explicit teaching of argumentation based on the use of the historical oxygen gas controversy from the analysis of the quality of the arguments of pre-service chemistry teachers. A teaching sequence was elaborated and the pre-service teachers had to read historical texts in order to ground the arguments for the debate about the questioning: If a retrograde Nobel Prize in Chemistry were to be awarded to an 18th-century scientist involved in the discovery of oxygen gas, which scientist(s) would be granted? The individual arguments and argumentative texts of the groups were analyzed based on the following criteria: claim, evidence and justification and the relation of the argument with the vision of discovery in science. From the analysis, we observed that the pre-service teachers were concerned not only to present evidence to the scientists they defended, but also to those they opposed. Pre-service teachers tried to persuade by proposing a line of reasoning that showed the fundamentals that guided their choices. We found that the vision of discovery in science influenced decision-making, demonstrating the relationship between epistemic criteria and argumentation.

**Keywords:** argumentation, controversy, history of science