



Contribuições da discussão de uma controvérsia relacionada com história para o desenvolvimento do conhecimento de professores sobre ciências

Rosária Justi

Universidade Federal de Minas Gerais

Brasil

rjusti@ufmg.br

Paula Cristina Cardoso Mendonça

Universidade Federal de Ouro Preto

Brasil

paulamendonca@iceb.ufop.br

ABSTRACT

As part of a teacher training project, 16 future chemistry teachers participated in an activity in which they discussed a controversy concerning an event of the history of science: the awarded of the Chemistry Nobel Prize to Fritz Haber in 1918. This paper briefly discuss the contributions of such an experience to the development of the future teachers' knowledge on both aspects related to nature of science and their views on their future actions in conducting an authentic teaching of and about science. The results show that both contributions were meaningful.

RESUMO

Como parte de um projeto complementar de formação docente, 16 licenciandos em Química participaram de uma atividade na qual deveriam discutir uma controvérsia relacionada a um episódio da história da ciência: a outorga do prêmio Nobel de Química de 1918 a Fritz Haber. Este trabalho discute brevemente as contribuições desta experiência no desenvolvimento dos conhecimentos dos licenciandos sobre aspectos de natureza da ciência e em suas visões sobre suas futuras atuações docentes na condução de um ensino autêntico da e sobre a ciência. Os resultados mostram que ambas as contribuições foram significativas.

Palavras chave: historia de la química, formación de profesores, naturaleza de la ciencia; história da química, formação de professores, natureza da ciência; history of chemistry, teachers' education, nature of science.

INTRODUÇÃO

Documentos sobre o ensino de ciências publicados em todo o mundo nas últimas duas décadas (por exemplo, MEC, 2000; Millar & Osborne, 1998; National Research Council - NRC, 2012) têm enfatizado a importância de o ensino de ciências ser mais autêntico, isto é, de os processos nele envolvidos serem mais próximos daqueles que fazem parte da própria ciência (Gilbert, 2004). Em um sentido amplo, isto implica em engajar os estudantes em seus processos de aprendizagem e, ao mesmo tempo, em mudar o foco dos mesmos. Tal mudança implica em diminuir a ênfase na aquisição de conhecimento de conteúdo e aumentar a ênfase na aprendizagem sobre a natureza do conhecimento científico e na investigação científica, assim como em promover o desenvolvimento de habilidades relacionadas a pensamentos de ordem superior (por exemplo, argumentar, fazer comparações, resolver problemas não algorítmicos complexos) (Flick & Lederman, 2006; Zohar, 2004). O objetivo maior é contribuir para o desenvolvimento de uma visão mais ampla da ciência e da elaboração e uso do



conhecimento científico o que, em última análise, resultaria em o ensino de ciências se tornar uma parte importante da educação dos cidadãos do século XXI.

Um aspecto positivo de um ensino que estimule o pensamento crítico e o desenvolvimento de habilidades dos estudantes é o favorecimento da ocorrência de aprendizagem significativa de conhecimentos científicos (Duschl & Osborne, 2002; Zohar, 2004). Isso pode ser explicado pelo fato de esse tipo de ensino não se focar na aprendizagem repetitiva e na memorização de fatos, mas sim no desenvolvimento de atividades de natureza investigativa que proporcionam aos alunos a oportunidade de se engajar em situações argumentativas e na construção de explicações, modelos e teorias (Duschl & Osborne, 2002; Magnusson, Palincsar, & Templin, 2006). Mas, mais do que isso, a participação em atividades investigativas também pode acarretar em desenvolvimento epistemológico sobre a natureza do conhecimento científico pelos alunos (Abell, Smith, & Volkmann, 2006).

A introdução de elementos de história e filosofia da ciência no ensino também pode contribuir significativamente para um ensino de ciências mais autêntico. Isto porque aprender sobre história da ciência pode ajudar os estudantes a entender como o conhecimento científico se desenvolve, assim como a entender como tal desenvolvimento tem sido afetado pelas demandas e expectativas sócio-político-econômicas da sociedade (Matthews, 1994; Osborne, Collins, Ratchiffe, Millar, & Duschl, 2003). A partir desse entendimento, os alunos podem também compreender a importância de atuar como cidadãos críticos, de conhecer as bases do conhecimento científico para ter condições de elaborar suas próprias opiniões fundamentadas e discutir sobre situações onde tal conhecimento esteja envolvido de alguma forma.

Assim, a promoção de um ensino de ciências autêntico pode ocorrer através do envolvimento dos estudantes em experiências investigativas, em situações argumentativas e em outros contextos que possam favorecer o desenvolvimento tanto de seus conhecimentos sobre natureza da ciência (NC) quanto de habilidades relacionadas a pensamentos de ordem superior. Contudo, isto depende do envolvimento dos professores no planejamento e condução de processos de ensino coerentes com tal perspectiva de ensino. Em outras palavras, é essencial que o professor acredite na importância da promoção de um ensino de ciências autêntico, tenha os conhecimentos e as habilidades necessárias para promovê-lo e concretize todas as modificações necessárias no ensino em suas salas de aula. Entretanto, pesquisas (por exemplo, Abd-El-Khalick & Lederman, 2000a; Justi & Gilbert, 2002) têm evidenciado que esta não é uma tarefa simples para os professores que, em geral, não discutem tais abordagens de ensino em seus processos de formação e nem as experimentam enquanto estudantes. Em suma, em geral professores de ciências não têm desenvolvido conhecimentos e habilidades necessários para ensinar numa perspectiva focada em uma *compreensão ampla* dos estudantes *sobre ciências*.

Quando falamos, então, de mudanças nas perspectivas de ensino, pressupomos ser necessária uma formação adequada do professor, isto é, o desenvolvimento de conhecimentos e habilidades adequados, e não a aquisição de uma série de informações sobre as modificações propostas – o que, muito provavelmente, resultaria apenas em conhecimentos declarativos sobre as mesmas. Considerando, ainda, que a compreensão *sobre a ciência* pode ser um alicerce importante para que o professor acredite na importância da promoção de um ensino de ciências autêntico, desenvolvemos um amplo projeto de pesquisa que visa promover o desenvolvimento do conhecimento de conteúdo e do conhecimento



pedagógico de conteúdo de professores em formação sobre NC. Em outras palavras, pretendemos contribuir para que professores em formação desenvolvam uma visão mais ampla sobre a ciência e desenvolvam as habilidades e outros conhecimentos necessários para ensinar sobre ciências.

Nas duas últimas décadas, pesquisadores de diferentes países têm se dedicado a atingir este mesmo objetivo. As diversas iniciativas para promover o desenvolvimento de professores sobre NC tiveram suas abordagens classificadas em implícitas ou explícitas (Abd-El-Khalick & Lederman, 2000a; Akerson, Abd-El-Khalick, & Lederman, 2000). A abordagem implícita se caracteriza pela utilização de instruções focadas em habilidades relacionadas aos processos da ciência e/ou atividades de investigação científica na tentativa de que, a partir dessas experiências, os professores compreendam aspectos de NC (mesmo sem terem tido oportunidades de refletir explicitamente sobre os mesmos). Por outro lado, a abordagem explícita assume que a compreensão sobre ciência é um dos produtos esperados do ensino e, neste sentido, sua compreensão deve ser claramente promovida pelo ensino. Assim, trabalhos nesta perspectiva (por exemplo, Akerson et al., 2000; Rudge & Howe, 2009; Vesterinen & Aksela, 2013) usam elementos de história e filosofia da ciência e/ou instruções específicas sobre vários aspectos de NC, além de enfatizarem a discussão e reflexão crítica dos sujeitos sobre os mesmos.

A partir de uma intensa leitura da literatura na área e de reflexões sobre nossas experiências prévias em formação de professores, concordamos com Abd-El-Khalick e Lederman (2000a) quando eles afirmam que abordagens explícitas são mais efetivas na promoção da compreensão de professores sobre NC em função, principalmente, das discussões e reflexões dos sujeitos sobre o tema que são promovidas. Por isso, nosso projeto se fundamenta em uma abordagem explícita para o ensino de NC. Uma das partes do projeto se relaciona com a história da ciência, mais especificamente, com favorecer aos professores em formação condições de aprender sobre NC a partir da análise e discussão de episódios históricos ou a eles relacionados. É neste recorte do projeto mais amplo que este trabalho se insere.

QUESTÕES DE PESQUISA

Este trabalho objetiva discutir as seguintes questões de pesquisa:

- Quais aspectos sobre natureza da ciência são reconhecidos como importantes por professores em formação quando participam da discussão de uma controvérsia relacionada com história da ciência?
- Como professores em formação avaliam a contribuição da discussão de uma controvérsia relacionada com história da ciência para suas futuras ações docentes?

ASPECTOS METODOLÓGICOS

Amostra

Nosso projeto é desenvolvido com 16 alunos do curso de Licenciatura em Química da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP). Ele se insere no âmbito do Projeto de Estímulo à Docência (PED) daquela universidade, iniciativa vinculada ao Programa de Incentivo à Docência (PIBID/CAPES). Este programa concede bolsas a alunos de Licenciatura que participam de projetos de iniciação à docência desenvolvidos por universidades em parceria com escolas públicas de educação básica. Seus principais objetivos são: incentivar a formação de professores para a educação básica; promover a integração entre universidades e escolas de educação básica; melhorar a qualidade da formação inicial de professores;





inserir os professores em formação no cotidiano das escolas públicas através da elaboração e participação em experiências metodológicas inovadoras que visem superar problemas frequentemente encontrados nos processos de ensino e aprendizagem; favorecer a articulação entre teoria e prática necessárias à formação dos professores melhorando, assim, a qualidade dos cursos de Licenciatura (CAPES, 2010).

Os 16 licenciandos foram selecionados para participar do PIBID em função de seu interesse em melhorar sua formação e em efetivamente atuar na educação básica após a conclusão do curso. O curso de Licenciatura em Química da UFOP prevê a participação de estudantes em disciplinas e demais atividades acadêmicas durante 8 semestres. Os 16 alunos participantes do projeto cursavam entre o 2º e o 8º período quando as atividades relatadas neste trabalho foram desenvolvidas (sendo que 13 deles cursavam o 4º ou o 6º período do curso). Além disso, nenhum deles tinha experiências prévias formais como professor. Assim, seus conhecimentos relacionados à química e ao ensino de química eram bastante variados. Por isso, em todas as atividades desenvolvidas no projeto, os grupos de alunos foram formados mantendo a heterogeneidade da amostra, isto é, contendo alunos que cursavam períodos variados.

Descrição das atividades realizadas

A atividade inicial envolvendo história da ciência tinha como principal objetivo familiarizar os licenciandos com casos históricos de forma que eles começassem a perceber algumas características do processo de produção e desenvolvimento do conhecimento científico. Nesse sentido, eles foram divididos em grupos e cada grupo recebeu um conjunto de textos sobre um tema específico. Por exemplo, um dos grupos recebeu textos sobre Lavoisier e de seu livro (Tratado Elementar de Química) que visavam favorecer o desenvolvimento de uma visão mais coerente com a realidade sobre o cientista, seu trabalho e seu papel na história da química. Outro grupo recebeu textos sobre o trabalho de quatro cientistas (Mohr, Joliot, Pasteur e Diesel) que objetivavam favorecer a ampliação da visão sobre diferentes personalidades de cientistas e a compreensão de que o trabalho do cientista pode ser influenciado por questões sociais, econômicas, políticas. Em todos os casos, os licenciandos deveriam “contar a história” presente no conjunto de textos de uma forma criativa, isto é, não através de um seminário formal. A discussão final desta atividade envolveu, principalmente, o questionamento aos licenciandos sobre o que eles perceberam e aprenderam sobre o desenvolvimento do conhecimento científico ao estudarem os textos e prepararem a apresentação da história para os colegas.

A atividade seguinte, que é o foco principal deste trabalho, envolveu uma controvérsia relacionada com um fato histórico. É importante destacar que isto é diferente de uma controvérsia histórica, identificada como uma situação em que dois ou mais cientistas elaboram conhecimentos diferentes sobre um mesmo tema (como, por exemplo, interpretações distintas para um mesmo experimento). Controvérsias históricas têm sido utilizadas na formação de professores (por exemplo, em Abd-El-Khalick & Lederman, 2000b; Niaz, 2009) e na educação básica (por exemplo, em Braga, Guerra, & Reis, 2012) visando, dentre outros objetivos, ampliar os conhecimentos de professores e estudantes sobre a ciência. Em nosso projeto, a controvérsia analisada envolveu a concordância ou não com um fato ocorrido no início do século XX: a outorga do prêmio Nobel de Química de 1918 a Fritz Haber. A nosso ver, ambos os tipos de controvérsia podem favorecer reflexões sobre a ciência. Entretanto,



optamos por utilizar una controversia sobre un fato histórico (e sobre o qual os licenciandos não tinham informações prévias) por acreditarmos que isto favoreceria um envolvimento mais “neutro” dos mesmos na discussão. Em outras palavras, julgamos que em controvérsias envolvendo conhecimentos científicos que já foram resolvidas, os licenciandos poderiam defender com mais segurança a posição relacionada ao que foi consenso na comunidade científica, isto é, ao que foi aceito como conhecimento científico. Por isso, a controvérsia que apresentamos a eles não envolve o julgamento da validade de um conhecimento científico e sim a análise do fato à luz do contexto em que ele aconteceu.

Para fundamentar a participação dos licenciandos na atividade, eles receberam alguns textos relativos à história de Fritz Haber, ao desenvolvimento do processo de produção de amônia e ao momento histórico em que tal desenvolvimento ocorreu (quadro 1).

- Araújo, M. C. (2012). O Nobel de Fritz Haber e suas contribuições ao ensino de ciências. Trabalho de conclusão de curso de Licenciatura em Química. São Paulo: IFECT.
- Campos, R. C., & Gouveia, J.A. (2009). A História da Química contada por suas descobertas. Rio de Janeiro: Coordenação Central de Educação a Distância. Disponível em: http://web.ccead.puc-rio.br/condigital/myvl/Sala%20de%20Educação/conteudos/SL_a_historia_da_quimica_contada_por_suas_descobertas.pdf.
- Haber, F. (1920). The synthesis of ammonia from its elements - Award ceremony speech. Available at: http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/1918/press.html
- Henriques, D. (20). História Económica dos Séc. XIX e XX. Lisboa: Faculdade de Economia da Universidade Nova de Lisboa. Disponível em: http://dthenriques.orgfree.com/Historia_secXIX_XX.pdf
- Huxtable, R. J. (2002). Reflections: Fritz Haber and the Ambiguity of Ethics. *Proceedings of the Western Pharmacology Society*, 45, 1-3.
- Welikson, C. (s/d). Fritz Haber e a Síntese da Amônia. Rio de Janeiro: Coordenação Central de Educação a Distância. Disponível em: http://web.ccead.puc-rio.br/condigital/myvl/linha%20tempo/Fritz_Haber/PDF_LT/LT_Texto_Fritz_Haber.pdf
- Wisniak, J. (2002). Fritz Haber – A conflicting chemist. *Indian Journal of History of Science*, 37(2), 153-173.

Quadro 1. Textos recebidos pelos alunos para a realização da atividade.

Todos os textos deveriam ser lidos por todos os licenciandos, que foram divididos (pela segunda autora do trabalho) em dois grupos heterogêneos. A controvérsia foi apresentada a eles na forma de uma questão: *Fritz Haber mereceu ganhar o prêmio Nobel de Química pela síntese da amônia?* Os licenciandos foram informados de que, em um encontro posterior seria realizada uma corte para discussão desta questão. Assim, um dos grupos deveria defender o merecimento do prêmio por Haber, enquanto o outro grupo deveria defender a posição contrária. Eles podiam pesquisar outros materiais, mas todos os argumentos usados tinham que ser contextualizados até a data da entrega do prêmio (02 de junho de 1920). Isto significa que eles não poderiam usar argumentos baseados em fatos ocorridos, ou conhecimentos produzidos, após aquela data.

Os licenciandos tiveram três semanas para estudar os textos e preparar os argumentos de acusação e defesa. Nesse período, eles se reuniram várias vezes para estudar os textos e planejar os argumentos e a estratégia que seria usada na corte. Além disso, houve uma reunião com a presença das autoras deste trabalho na qual os licenciandos puderam esclarecer suas dúvidas sobre o tema.

A corte foi encenada contando com um relator e dois advogados auxiliares para cada grupo. Além disso, existiu um juiz (a segunda autora deste trabalho), que coordenou a sessão. Inicialmente, o grupo que defendia que Haber não merecia o prêmio (acusação) apresentou seus argumentos por 30 minutos. O outro grupo (defesa) dispôs do mesmo tempo para apresentar os argumentos favoráveis ao



merecimento do prêmio. Na sequência, houve um intervalo de 40 minutos para que os grupos preparassem a réplica, que foi apresentada por cada um dos grupos em 15 minutos. Finalmente, houve um outro intervalo de 15 minutos e os grupos tiveram mais 10 minutos para apresentar a tréplica. Enquanto o relator de cada grupo falava, os membros do grupo oposto faziam anotações sobre o conteúdo dos argumentos apresentados de forma a subsidiar suas refutações e/ou novos argumentos a serem apresentados no momento seguinte.

O veredito da corte foi produzido pelas autoras deste trabalho a partir da análise dos argumentos apresentados pelos grupos e só foi comunicado e discutido com os licenciandos duas semanas depois da realização da corte. Durante a apresentação e discussão do veredito, todos os aspectos sobre a ciência que foram (ou poderiam ter sido) utilizados nos argumentos de acusação e defesa foram discutidos com os licenciandos. É importante salientar que nesta sessão, como em todas as demais, não apresentamos nenhuma característica da ciência aos futuros professores de forma desconectada, isto é, todos os aspectos discutidos emergiram de ideias expressas por eles a partir da análise dos fatos históricos.

Coleta de dados

Todas as sessões de reuniões (semanais) do projeto foram registradas em vídeo. Para a produção deste trabalho, consideramos principalmente as sessões nas quais ocorreram a corte e a discussão do veredito. Além disso, ao longo do projeto, os licenciandos redigiram um portfólio, no qual deveriam registrar semanalmente suas impressões sobre cada sessão, suas dúvidas, suas reflexões sobre o que estavam aprendendo e sobre como percebiam a relação entre as atividades desenvolvidas em cada sessão e sua futura atuação docente. Para a produção deste trabalho, consideramos os textos redigidos durante a preparação da corte, logo após a realização da corte, e logo após a discussão do veredito.

Nesse sentido, nosso trabalho se diferencia de todos os demais publicados até o momento (que conhecemos) sobre desenvolvimento de conhecimento de professores sobre ciência. De acordo com uma ampla revisão das metodologias utilizadas em estudos que avaliam ideias de professores sobre NC (Guerra-Ramos, 2012), a maioria desses estudos utiliza questionários, situações problemáticas e entrevistas como instrumentos de coleta de dados. Em maior ou menor extensão, em todos eles as ideias expressas pelos professores são direcionadas pelas questões formuladas. Ao optarmos por analisar os portfólios redigidos pelos licenciandos, consideramos que, sendo um texto livre, nele estariam registradas as reflexões e dúvidas realmente relevantes para os licenciandos. Como optamos por também analisar as falas e diálogos estabelecidos nas sessões da corte e do veredito (nas quais eles tiveram oportunidade de se manifestar sobre todos os aspectos discutidos), consideramos que os dados que obtivemos refletiram a complexa rede de ideias dos licenciandos sobre NC naquele momento.

Análise dos dados

Visando discutir as questões de pesquisa propostas neste trabalho, analisamos os vídeos e as partes dos portfólios mencionados no item anterior buscando identificar todos os momentos em que os licenciandos evidenciaram algum conhecimento sobre a ciência advindo da discussão da controvérsia proposta para ser discutida. É importante ressaltar que isto não foi feito a partir da consideração de qualquer lista de princípios de NC – como aquela denominada na literatura como ‘visão consensual’, produzida pelo grupo de Norman Lederman (explicitada, por exemplo, em Abd-El-Khalick, Bell, & Lederman, 1998; Lederman, Abd-Al-Khalick, Bell, & Schwartz, 2002). Ao contrário, consideramos as



visões mais amplas defendidas recentemente e que têm fundamentado todo o nosso trabalho (apresentadas, por exemplo, em Allchin, 2012, 2013; Erduran & Mugaloglu, 2013; Irzik & Nola, 2011; Matthews, 2012; Nielsen, 2013; Wong & Hodson, 2009). Além disso, nós tentamos entender o significado das ideias expressas pelos licenciandos, ao invés de julgá-las em termos de categorias pré-estabelecidas ou de categorizá-las em termos de visões filosóficas distintas (adequadas ou não).

Selecionamos também trechos dos portfólios dos alunos nos quais eles expressaram reflexões específicas sobre suas futuras atuações docentes a partir das experiências vividas na atividade aqui analisada. Em seguida, organizamos o material previamente selecionado de forma a favorecer a discussão de aspectos importantes para o tema central deste trabalho.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Visando favorecer a discussão dos resultados, optamos por apresentá-los a partir de cada uma das questões de pesquisa que orientam este trabalho. Além disso, considerando a limitação de espaço deste trabalho, optamos por destacar apenas alguns resultados a título de ilustração. A apresentação completa dos mesmos e uma discussão mais ampla serão objeto de uma publicação futura.

QP1: Quais aspectos sobre natureza da ciência são reconhecidos como importantes por professores em formação quando participam da discussão de uma controvérsia relacionada com história da ciência?

Vários aspectos sobre NC foram explicitados durante a leitura dos textos, a corte, a discussão do veredito, e após esses momentos (nos portfólios). Os principais estão sintetizados no quadro 2.

- Ciência é uma produção humana, conduzida por pessoas normais (não por gênios).
- Ciência não pode ser rotulada como boa ou má, isto é, o conhecimento científico em si não possui caráter, apesar de poder ser usado para o “bem” ou para o “mal”.
- Conhecimento científico é construído a partir de evidências de várias naturezas.
- Conhecimento precisa ser publicado para ser discutido e aceito como científico.
- Conhecimento científico é provisório e, sendo assim, não é verdade absoluta.
- Produção de conhecimento é um processo gradativo e não linear, no qual ocorrem imprevistos e “erros”.
- Produção do conhecimento científico requer criatividade e motivação por parte dos cientistas.
- Produção de conhecimento exige persistência, espírito investigativo e muito estudo por parte dos cientistas.
- Produção de conhecimento ocorre de forma colaborativa entre vários cientistas (ao mesmo tempo e em momentos distintos).
- Tanto a produção quanto a utilização do conhecimento científico são influenciadas pelo contexto histórico (político, econômico, social, cultural e religioso).
- Várias características psicológicas e de caráter dos cientistas exercem influência na produção e disseminação do conhecimento científico.
- Necessidade e importância de financiamento para a condução de pesquisas.

Quadro 2. Principais aspectos sobre ciência explicitados pelos licenciandos.

O conjunto de tais aspectos constitui uma visão ampla sobre a produção e utilização do conhecimento científico que, apesar de não ser integral (em termos de subsidiar a análise de todas as situações



envolvendo ciência), pode ser dita completa naquele momento, uma vez que engloba todos os aspectos possíveis de emergir a partir da controvérsia discutida. O fato de tais aspectos terem emergido a partir da discussão da controvérsia proposta é claramente evidenciado quando analisamos os portfólios de alguns alunos. Por exemplo, a aluna Bianca (nome fictício, como todos os demais aqui mencionados), escreveu em seu portfólio redigido durante a preparação da corte:

“A ciência está inteiramente articulada a fatores sociais, políticos, filosóficos, religiosos, econômicos, etc. Neste sentido, a história de Fritz Haber ilustra muito bem estes aspectos.”

Entretanto, após a realização da corte, estes e outros aspectos foram claramente explicados, como evidenciado nas seguintes citações (selecionadas entre muitas outras):

“Ao discutir sobre o estudo realizado por Haber ao longo de 10 anos, foi possível constatar o caráter não linear e descontínuo da ciência. É comum a concepção de que o trabalho de um cientista se resume a levantar uma questão, elaborar hipóteses e realizar experimentos que surpreendentemente irão fundamentar estas hipóteses, fazendo com que estas se tornem “verdades”. Ao averiguar o trabalho que Haber e cientistas anteriores a ele tiveram para tentar sintetizar a amônia, é possível perceber que a ciência está imbuída de tentativas frustradas, resultados que nem sempre correspondem às expectativas, e vários outros obstáculos.”

“Ao analisar todo o trabalho feito por Haber até que este chegasse a um resultado satisfatório, fica evidente que foi necessário um grande esforço para a solução dos inúmeros problemas com os quais teve de se deparar. Uma reação que envolva a mistura de H_2 e N_2 para formar a amônia aparenta ser um processo simples. Entretanto, Haber teve de lidar com um espectro de obstáculos (que iam desde a procura da pressão, temperaturas e catalisadores adequados para que a reação acontecesse, até a projeção de equipamentos que fossem capazes de executar essa reação) para tornar este projeto executável. Vale lembrar que todas as falhas que acontecem no processo de produção do conhecimento são inteiramente justificáveis, uma vez que a ciência é produzida por seres humanos, que são passíveis de erros.”

“Considerando ainda o fato de que a ciência é uma produção humana, é importante ressaltar que sentimentos, desejos e necessidades são aspectos que influenciam fortemente na produção de conhecimento. No caso de Haber, é bastante claro que seu sentimento nacionalista, bem como o seu desejo de ver sua nação desenvolvida e independente, são fatores que o impulsionaram a dedicar seus estudos à síntese da amônia. Seu desejo de ver seu país vitorioso na guerra fez com que Haber se dedicasse a estudar a produção de gases, que seriam utilizados como armas químicas pelo exército alemão. Talvez estes fatores sejam os que mais contribuam para nos fazer enxergar o caráter humano da ciência.”

“Outra reflexão concebida pelas discussões é que muitas vezes o conhecimento é produzido a partir das necessidades da sociedade. Haber não direcionou seus estudos para a síntese da amônia, a produção de gases, a produção de catalisadores, etc. meramente por afinidade com estes conteúdos. Ao contrário, havia todo um contexto social, político e econômico que fizeram com que Haber escolhesse estes temas como objeto de estudo.”

“A história de Fritz Haber também é um exemplo nítido de que cientistas não são pessoas sozinhas e solitárias. Haber contou com a ajuda de outros cientistas para que seus estudos pudessem progredir, como Carl Bosch, que contribuiu no sentido de viabilizar a produção de amônia em larga escala. Além disso, Haber contou com o apoio financeiro da empresa BASF para realizar sua pesquisa. Isto nos leva a pensar que o trabalho de Haber não se limitava apenas em utilizar seus conhecimentos técnico-científicos, mas antes, ele precisava convencer outras pessoas de que seu trabalho era promissor e fazer com que pudessem apoiá-lo.”



“No decorrer dos trabalhos realizados minha visão sobre o que é ciência pode ser ampliada e talvez minha experiência pessoal seja o melhor exemplo que eu tenha de que estudar a história da ciência contribui para torná-la mais humana. Além disso, pude perceber que eu possuía uma visão de ciência muito idealizada e minimalista em relação a como ela é de verdade. A ciência com todas as suas variáveis, fatores e complexidade vai muito além de tudo o que eu pensava sobre ela.”

O nível de detalhamento de várias dessas citações indica que o envolvimento dos licenciandos na intensa e acirrada discussão da controvérsia proposta contribuiu de forma decisiva para que aspectos sobre NC fossem de fato entendidos por eles. A nosso ver, o nível de compreensão desses aspectos demonstrado pelos licenciandos ao final da atividade pode subsidiar tanto a análise de outras situações (relacionadas a eventos históricos ou a situações sócio-científicas contemporâneas) quanto uma futura atuação docente que contemple tal visão ampla de ciência (aspectos que estão sendo investigados no momento da escrita deste trabalho).

QP2: Como professores em formação avaliam a contribuição da discussão de uma controvérsia relacionada com história da ciência para suas futuras ações docentes?

Tanto nos momentos finais dos vídeos quanto nos portfólios, encontramos várias evidências de que os licenciandos refletiram não só sobre a controvérsia em si e sobre as características da ciência relacionadas a ela, mas também sobre suas futuras ações docentes. Alguns exemplos:

“Hoje, após todas as discussões, minha visão sobre ciência mudou muito. A princípio eu, como a maioria das pessoas, achava perda de tempo ensinar história da ciência para alunos do ensino médio. Hoje vejo o quanto ela é importante para humanizar a ciência, aproximá-la da realidade dos alunos, e assim aumentar o interesse deles. Também devemos ter muito cuidado com a forma com que esse conteúdo vem nos livros didáticos. Em sua maioria, os livros fazem recortes na história a fim de mostrar apenas o que deu certo na produção do conhecimento científico. Mas um dos principais objetivos de se ensinar história da ciência é aproximá-la da realidade dos alunos e esse objetivo não será alcançado se não mostramos que no processo de construção do conhecimento científico, os cientistas erraram até chegar ao que estudamos hoje, tiveram a ajuda de outros cientistas, e que a ciência é um processo de construção e aperfeiçoamento e não uma verdade absoluta. Só assim eles abandonarão a ideia da ciência como algo inatingível e perceberão que qualquer um que queira pode vir a ser um cientista, inclusive ele.” (Bruno)

“Estudar história para mim era um pouco complicado, pois fazer as ligações dos assuntos que eram tratados era difícil para mim. Pareciam histórias desconexas. Mas a história do Haber e todo o contexto envolvido teve toda conexão. Você percebe como as coisas não acontecem por acaso, mas é como se fossem respostas de outros acontecimentos. Assim percebo como a história da ciência, a história do mundo deve ser contada de maneira que faça sentido para o aluno, que haja uma relação entre os assuntos que permeiam a história.” (Gisele)

“Fiquei pensando o quão válido seria se os alunos do ensino médio tivessem o contato com a história de Haber, pois isso poderia humanizar a ciência, ou seja, deixá-la mais próxima dos seres humanos. Questões éticas, econômicas e sociais poderiam ser discutidas a partir dela.” (Débora)

“A encenação foi um exemplo muito bom de como abordar a história da ciência e sobre a ciência na sala de aula, a fim de tornar o conteúdo didático mais interativo, criativo, lúdico. Humanizando a ciência, através da história, os alunos se tornam muito mais próximos desta, o que dá um significado para o aprendizado, já que eles veem que o



conhecimento científico não é apenas uma ferramenta que lhes permite ascensão social e econômica, mas sim que engrandece a cultura destes, tornando-os cidadãos que sabem atuar na sociedade de forma crítica e reflexiva, que se posicionam a partir de suas concepções e convicções.” (Telma)

“Em geral foi uma ótima experiência. A partir dela pude concluir que algumas histórias, tais como a de Haber, se levadas para o ensino, podem mostrar aos alunos que na ciência existem certas controvérsias e que ela não acontece de forma linear.” (Tiago)

Como destacado por Bell, Lederman e Abd-El-Khalick (1998), não podemos acreditar que seja suficiente favorecer o desenvolvimento do conhecimento de professores em formação sobre NC e esperar que isto tenha um impacto direto no ensino a ser conduzido por eles (e nem a literatura dá suporte à tal ideia). Mas julgamos importante reconhecer que a explicitação, de forma tão clara e justificada, da intensão de introduzir aspectos sobre a ciência no ensino indica um passo essencial para que esses professores em formação estejam motivados e participem com grande dedicação de atividades que possam contribuir para transformar seus conhecimentos sobre ciência em outros conhecimentos e habilidades que possam efetivamente dar suporte às suas futuras ações docentes.

CONCLUSÕES

Os resultados da etapa de nosso projeto focada neste trabalho (apenas exemplificados aqui por falta de espaço) indicam que o envolvimento dos licenciandos na atividade de julgar uma controvérsia relacionada a um fato da história da ciência contribuiu para que eles compreendessem, de maneira mais ampla, vários aspectos sobre a ciência, a produção e o uso do conhecimento científico. Tal compreensão deu suporte à explicitação de reflexões dos mesmos sobre aspectos que devem ser considerados em suas futuras práticas docentes visando favorecer um ensino de ciências mais autêntico para seus futuros alunos. Assim a parte de nosso projeto aqui enfatizada cumpriu seus objetivos. Entretanto, esta foi apenas a parte inicial do projeto. Outras ações foram, ou estão sendo, conduzidas no sentido de:

- ampliar a visão de natureza da ciência dos licenciandos. Julgamos que esta foi uma intervenção curta e limitada em termos dos aspectos de NC possíveis de serem discutidos. Assim, outras discussões podem enfatizar tanto os aspectos aqui já discutidos como outros;
- favorecer a utilização dos conhecimentos relativos à NC na análise de casos históricos e de casos contemporâneos envolvendo aspectos sócio-científicos e tomada de decisão. Acreditamos, que tais análises também podem contribuir tanto para a discussão de aspectos de NC quanto para a percepção de como os conhecimentos relativos a eles podem ser úteis em situações cotidianas; e
- favorecer o desenvolvimento do conhecimento pedagógico de conteúdo sobre ciência desses licenciandos, o que será essencial para que eles realmente concretizem sus intensões agora explicitadas.

A nosso ver, o conjunto dessas ações pode contribuir sobremaneira para a formação de professores efetivamente compromissados e capazes de conduzir um ensino autêntico *de e sobre* ciência.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., & Lederman, N. G. (1998). The Nature of Science and Instructional Practice: Making the Unnatural Natural. *Science Education*, 82(4), 417-436.
- Abd-El-Khalick, F., & Lederman, N. G. (2000a). Improving science teachers' conceptions of nature of science: a critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, 22(7), 665-701.
- Abd-El-Khalick, F., & Lederman, N. G. (2000b). The Influence of History of Science Courses on Students' Views of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(10), 1057-1095.
- Abell, S. K., Smith, D. C., & Volkmann, M. J. (2006). Inquiry in Science Teacher Education. In L. B. Flick & N. G. Lederman (Eds.), *Scientific Inquiry and Nature of Science* (pp. 173-199). Dordrecht: Springer.
- Akerson, V. L., Abd-El-Khalick, F., & Lederman, N. G. (2000). Influence of a Reflective Explicit Activity-Based Approach on Elementary Teachers' Conceptions of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(4), 295-317.
- Allchin, D. (2012). Toward Clarity on Whole Science and KNOWS. *Science Education*, 96(4), 493-700.
- Allchin, D. (2013). *Teaching the Nature of Science: Perspectives & Resources*. Saint Paul, MN: SHiPS Educational Press.
- Bell, R. L., Lederman, N. G., & Abd-El-Khalick, F. (1998). Implicit versus Explicit Nature of Science Instruction. An Explicit Response to Palmquist and Finley. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(9), 1057-1061.
- Braga, M., Guerra, A., & Reis, J. C. (2012). The Role of Historical-Philosophical Controversies in Teaching Sciences: The Debate Between Biot and Ampère. *Science & Education*, 21(6), 921-934.
- CAPES. (2010). Pibid - Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência. Retrieved 23/02/2014, from <http://www.capes.gov.br/educacao-basica/capespibid>
- Duschl, R. A., & Osborne, J. (2002). Supporting and Promoting Argumentation Discourse in Science Education. *Studies in Science Education*, 38, 39-72.
- Erduran, S., & Mugaloglu, E. (2013). Interactions of Economics of Science and Science Education: Investigating the Implications for Science Teaching and Learning. *Science & Education*, 22(10), 2405-2425.
- Flick, L. B., & Lederman, N. G. (2006). *Scientific Inquiry and Nature of Science: Implications for Teaching, Learning, and Teacher Education*. Dordrecht: Springer.
- Gilbert, J. K. (2004). Models and Modelling: Routes to a more authentic science education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2, 115-130.
- Guerra-Ramos, M. T. (2012). Teachers' Ideas About the Nature of Science: A Critical Analysis of Research Approaches and Their Contribution to Pedagogical Practice. *Science & Education*, 21(5), 631-655.
- Irzik, G., & Nola, R. (2011). A Family Resemblance Approach to the Nature of Science for Science Education. *Science & Education*, 20(7-8), 591-607.
- Justi, R., & Gilbert, J. K. (2002). Modelling, teachers' views on the nature of modelling, implications for the education of modellers. *International Journal of Science Education*, 24(4), 369-387.



- Lederman, N. G., Abd-Al-Khalick, F., Bell, R. L., & Schwartz, R. S. (2002). Views of Nature of Science Questionnaire: Toward Valid and Meaningful Assessment of Learners' Conceptions of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(6), 487-521.
- Magnusson, S. J., Palincsar, A. S., & Templin, M. (2006). Community, Culture, and Conversation in Inquiry-based Science Instruction. In L. B. Flick & N. G. Lederman (Eds.), *Scientific Inquiry and Nature of Science* (pp. 131-155). Dordrecht: Springer.
- Matthews, M. R. (1994). *Science Teaching: The Role of History and Philosophy of Science*. New York and London: Routledge.
- Matthews, M. R. (2012). Changing the Focus: From Nature of Science to Features of Science. In M. S. Khine (Ed.), *Advances in Nature of Science Research* (pp. 3-26). Dordrecht: Springer.
- MEC. (2000). *PCN+ Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais - Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias* [PCN+ Medium Level: Additional Educational Orientations to The National Curricular Parameters - Science, Mathematics and their Technologies]. Brasília: SEMTEC-CNE.
- Millar, R., & Osborne, J. (1998). *Beyond 2000: Science education for the future*. London: King's College, London School of Education.
- National Research Council - NRC. (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. Washington, DC: The National Academies Press.
- Niaz, M. (2009). Progressive transitions in chemistry teachers' understanding of nature of science based on historical controversies. *Science & Education*, 18(1), 43-65.
- Nielsen, K. H. (2013). Scientific Communication and the Nature of Science. *Science & Education*, 22(9), 2067-2086.
- Osborne, J., Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R., & Duschl, R. (2003). What "Ideas-about-Science" Should Be Taught in School Science? A Delphi Study of the Expert Community. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(7), 692-720.
- Rudge, D. W., & Howe, E. M. (2009). An explicit and reflective approach to the use of history to promote understanding of the nature of science. *Science & Education*, 18(5), 561-580.
- Vesterinen, V.-M., & Aksela, M. (2013). Design of Chemistry Teacher Education Course on Nature of Science. *Science & Education*, 22(9), 2193-2225.
- Wong, S. L., & Hodson, D. (2009). From the Horses' Mouth: What Scientists Say About Scientific Investigation and Scientific Knowledge. *Science Education*, 93(1), 109-130.
- Zohar, A. (2004). *Higher Order Thinking in Science Classrooms: Students' Learning and Teachers' Professional Development*. Dordrecht: Kluwer.