



ALEXANDRIA

ALEXANDRIA

Revista de Educação em Ciência e Tecnologia

O Caso Histórico Marie Curie: Investigando o Potencial da História da Ciência para Favorecer Reflexões de Professores em Formação sobre Natureza da Ciência

The Marie Curie Historical Case: Studying the Potential of History of Science to Support Pre-Service Teachers' Reflections on Nature of Science

Beatriz Carvalho^a; Rosária Justi^b

^a Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil – becarvalhoalmeida@gmail.com

^b Departamento de Química, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil – rjusti@ufmg.br

Palavras-chave:

História da ciência.
Natureza da ciência.
Formação de professores.
Marie Curie. Casos históricos.

Resumo: O presente trabalho tem por objetivo discutir sobre as contribuições de um caso histórico sobre a cientista Marie Curie para favorecer reflexões sobre Natureza da Ciência por parte de professores em formação à luz da perspectiva de Allchin (2013) para o ensino contextualizado e funcional de Natureza da Ciência (NC). O caso histórico foi aplicado em uma turma de estudantes do curso Licenciatura em Química de uma universidade pública. Todas as aulas relacionadas à implementação desta proposta foram registradas em áudio e vídeo. A partir das reflexões explicitadas pelos licenciandos ao longo deste processo, discutimos sobre a relevância da proposta para nortear discussões sobre NC importantes para favorecer uma compreensão funcional sobre ciência.

Keywords:

History of science.
Nature of science. Pre-Service teachers. Marie Curie. Historical cases.

Abstract: This paper aims at discussing the contributions of a historical case about Marie Curie for supporting pre-service teachers' reflections about Nature of Science (NOS). The historical case was drawn in the light of Allchin's (2013) ideas about contextualised and functional nature of science teaching. The activities based on the case were developed in a class of Chemistry pre-service teachers from a Brazilian public university. All the lessons related to the application of the activities were audio- and video-recorded. From the ideas expressed by the pre-service teachers throughout the process, we discuss the relevance of this teaching approach to guide discussions about NOS aiming at promoting a functional understanding about science.



Esta obra foi licenciada com uma Licença [Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Introdução

Nos últimos anos, a área Educação em Ciências tem contemplado debates sobre a pertinência de discussões sobre Natureza da Ciência (NC) para a formação de sujeitos capazes de se engajar em processos de tomada de decisão sobre tópicos relacionados a ciência (ZEIDLER et. al., 2009; GRACE, 2009; KHISHFE, 2012; LEE; GRACE, 2012; LEE et. al., 2013; ALLCHIN, 2014; YACOUBIAN, 2015, REINERS et. al., 2017; HERMAN, 2018). Como consequência, alguns documentos oficiais de ensino têm salientado a importância de se discutir sobre este tema em aulas de Ciências da educação básica (por exemplo, AAAS, 2009; OECD, 2009; NRC, 2013).

Neste trabalho, a expressão *Natureza da Ciência* é utilizada no sentido proposto pelo Boston Working Group (2013), segundo o qual, o entendimento sobre NC, compreende a reflexão sobre aspectos relacionados às diversas disciplinas científicas, por exemplo: história, filosofia, antropologia, etnografia e economia da ciência, cognição, comunicação na ciência (BOSTON WORKING GROUP, 2013). Os pesquisadores deste grupo argumentam que, apesar da controvérsia existente sobre o significado desta expressão, o objetivo é utilizá-la para se referir aos conhecimentos relacionados às práticas científicas que contribuam para informar decisões pessoais e sociais sobre tópicos relacionados à ciência.

Considerando a importância de inserir discussões sobre NC em aulas de Ciências da educação básica, é fundamental formar professores que compreendam sobre este assunto e que sejam capacitados para promover tais discussões. Nesse sentido, Craven III et. al. (2002) argumentam que é importante que professores de Ciências consigam identificar as condições que propiciam uma compreensão profunda e significativa de NC por parte dos estudantes e, ainda, buscar formas de avaliar e desafiar essa compreensão quando for necessário. Além disso, é importante que professores de ciências explorem a literatura relacionada à NC, visando ampliar o entendimento dos contextos que permeiam as inúmeras práticas científicas e a produção de determinados conhecimentos, e não a aquisição de uma visão universalizada e simplista da ciência (RUDOLPH, 2000).

Tendo em vista que os professores são os principais mediadores no processo educativo, é de extrema importância que eles compreendam sobre as práticas científicas. Nesse sentido, Matthews (2014) destaca que os professores devem ter conhecimento sobre os aspectos históricos, os métodos de investigação, bem como a natureza da disciplina que estão ensinando. Segundo o autor, tais conhecimentos podem ser desenvolvidos por meio de discussões relacionadas à História, à Filosofia e à Sociologia da Ciência. Por este motivo, ele enfatiza a necessidade da inclusão destes tópicos nos cursos de formação de professores visando, sobretudo, que os mesmos reconheçam a importância de inseri-los em suas aulas de ciências.

Visando a formação de professores que compreendam a ciência de forma ampla e holística, alguns autores sugerem a utilização de casos históricos como uma maneira de fomentar reflexões sobre NC (DÍAZ et. al., 2016; DÍAZ; GARCÍA-CARMONA, 2017). Neste mesmo sentido, Forato et al. (2012) salientam que a História da Ciência pode favorecer a reflexão sobre alguns aspectos relacionados ao caráter sócio histórico que permeia a produção do conhecimento científico, tais como: a natureza não produz evidências simples o suficiente para possibilitar interpretações diversas de um fenômeno; as observações não ocorrem sem a influência de teorias prévias; teorias científicas não podem ser comprovadas e nem podem ser sustentadas unicamente por dados empíricos; o conhecimento científico se baseia fortemente – mas não unicamente – em observação, evidências experimentais, argumentos racionais e ceticismo; e a ciência é uma atividade humana influenciada pelo contexto histórico. Os autores destacam ainda que a abordagem de aspectos históricos nos cursos de formação de professores é importante tendo em vista as dificuldades que os mesmos possuem para implementar este tópico em suas aulas. Entre as dificuldades mencionadas destaca-se: a seleção de quais aspectos serão destacados e quais serão omitidos em uma abordagem histórica; a utilização de fontes históricas primárias em alguns contextos de ensino, visto que as mesmas podem ser de difícil compreensão para os estudantes; e a visão linear da ciência que é apresentada em algumas fontes de informação. Na perspectiva dos autores, um dos motivos que justifica tais dificuldades é exatamente a ausência de discussões sobre História da Ciência nos cursos de formação de professores. Além disso, eles reconhecem que essas dificuldades poderiam ser atenuadas se os professores de ciências tivessem conhecimentos sobre NC.

Não obstante a importância de se inserir discussões sobre NC nos cursos de formação de professores, é necessário refletir sobre os tópicos relacionados a esta temática que, de fato, são imprescindíveis para os mesmos. Isso porque discussões acadêmicas altamente especializadas sobre aspectos específicos de NC (como, por exemplo, envolvendo classificações de diferentes visões filosóficas ou os debates que ocorrem entre especialistas da História da Ciência e da Filosofia da Ciência não parecem relevantes para que estudantes da educação básica sejam capazes de avaliar afirmações científicas de forma crítica. Dessa forma, parece-nos muito mais sensato e coerente com os objetivos da educação básica que o professor compreenda como a ciência funciona (ALLCHIN, 2014).

Um estudo empírico realizado por Bilican et al. (2015) aponta para a pertinência de se utilizar casos históricos como uma maneira de promover um ensino contextualizado de NC. Segundo os autores, a participação em discussões fomentadas a partir da História da Ciência possibilitou que um grupo de professores em formação refletissem sobre aspectos importantes de NC a partir da vida de alguns cientistas e do desenvolvimento de teorias científicas

importantes. Além disso, estes autores destacam que tal abordagem possibilitou não apenas a reflexão sobre NC, mas também o aprendizado de conceitos científicos. Por isso, eles apontam para a necessidade de que mais estudos sejam realizados com vistas a trazer apontamentos sobre quais abordagens se mostram frutíferas para a compreensão de NC de professores. Considerando tal apontamento, no presente trabalho investigamos como um caso histórico, abordado sob a perspectiva da ciência em construção, pode favorecer reflexões sobre NC por parte de professores em formação. Na próxima sessão, apresentamos a perspectiva utilizada pelas autoras para a elaboração e implementação do referido caso histórico.

Uma proposta para o ensino *funcional* de Natureza da Ciência

Tendo em vista a pertinência do ensino de Natureza da Ciência, nos últimos anos pesquisadores têm debatido sobre possíveis maneiras de abordar esta temática no Ensino de Ciências (MCCOMAS, 2008; IRZIK; NOLA, 2008; WONG; HODSON, 2009; ZEIDLER et. al., 2009; ALLCHIN, 2013; ABD-EL-KHALICK, 2013; HODSON, 2014; MATTHEWS, 2014; MCCOMAS, 2015; FOUAD et. al., 2015; ALLCHIN, 2017). Uma das primeiras e mais conhecidas propostas para o ensino de NC foi a lista de princípios de natureza da ciência elaborada por Norman G. Lederman e colaboradores. Segundo Lederman (2006), não existe um consenso entre especialistas sobre uma definição exata para o que é ciência, devido ao seu caráter complexo e multifacetado. Entretanto, existe uma série de aspectos que caracterizam a ciência e que ninguém coloca em prova. Segundo o autor, estes aspectos devem ser abordados no ensino tanto por serem acessíveis aos estudantes da educação básica – isto é, não incluírem discussões tão complexas quanto em cursos de História e Filosofia da Ciência, por exemplo – quanto por serem importantes para suas vidas diárias enquanto cidadãos. Estes aspectos são: *o conhecimento científico é provisório; tem caráter empírico; é norteado por teorias; é produto da inferência, criatividade e imaginação humana; e é influenciado pelo contexto cultural e social*. Existem ainda outros dois aspectos relevantes que são: *diferença entre observação e inferência e as funções de, e as diferenças entre, teorias científicas e leis*.

Apesar da influência da proposta de Lederman (2006) para orientar trabalhos nesta área (por exemplo, MCCOMAS, 2008; NIELSEN, 2013; ABD-EL-KHALICK, 2013; FOUAD et. al., 2015; MESCI; SCHWARTZ, 2017), autores como Irzik e Nola (2011) apresentam críticas à lista. Segundo estes autores, os itens apresentados na lista não são incorretos, mas têm algumas limitações. A primeira delas se relaciona à *visão restrita da ciência decorrente da lista*. Por exemplo, a afirmativa de que não existe um método científico pode levar à concepção de que não existem regras e critérios para a produção da ciência. A segunda limitação é que *as listas não discutem sobre as diferenças existentes entre as*

disciplinas científicas, por exemplo, o fato de que Astronomia e Cosmologia se diferem da Química por não se basearem na experimentação. Outra crítica é a de que *alguns aspectos da lista não são amplamente discutidos*. Por exemplo, de acordo com a lista de Lederman (2006), a ciência é influenciada por fatores sociais e culturais. Desse modo, por que a ciência é “aceita” em diferentes locais, e em diferentes culturas? Além disso, a lista declara que a ciência é guiada por teorias e é subjetiva. Mas isso faz com que não haja objetividade na ciência? Se não, por quê?

Allchin (2011) também apresenta críticas a listas de princípios de NC, como a de Lederman (2006). Segundo este autor, tais listas não favorecem o objetivo de promover a tomada de decisões pessoais e sociais sobre tópicos que envolvem ciência. Além disso, não existem dados que demonstrem que entender aspectos de NC por si só seja relevante para que alguém possa lidar de maneira efetiva com questões cotidianas relacionadas à ciência. Por este motivo, este autor defende que o ensino de NC precisa ser *funcional*, e não declarativo (ALLCHIN, 2011), ou seja, deve possibilitar o uso crítico de conhecimentos sobre ciência nas análises de casos e possíveis tomadas de decisão. Outra crítica do autor às listas se deve ao fato de que, além de conterem itens que são irrelevantes para uma compreensão *funcional* da ciência, omitem outros que são importantes, tais como: as interações sociais entre os cientistas; e os papéis da credibilidade na ciência, de aspectos como financiamento, revisão por pares, fraude e validação.

Pensando nisso, Allchin et. al. (2014) declaram que a probabilidade de um ensino de NC pautado em abordagens descontextualizadas contribuir para o aprendizado dos estudantes sobre ciência é muito pequena. Por “abordagens descontextualizadas” os autores se referem a um ensino declarativo do conteúdo das listas. Pensando nas limitações deste tipo de abordagem, eles sugerem a utilização de exemplos, a partir dos quais os estudantes possam ter oportunidades de aplicar seus conhecimentos sobre NC para analisar criticamente questões relacionadas à ciência. Sob essa ótica, os autores argumentam a favor de uma “aprendizagem baseada em casos”, que inclui: *atividades de investigação, casos contemporâneos, e casos históricos*. Allchin et. al. (2014) defendem que os três tipos de abordagem são complementares e que, quando utilizados conjuntamente no ensino de ciências, possuem o potencial de contribuir para a alfabetização científica dos estudantes. Na perspectiva deste autor, alfabetização científica compreende a habilidade de “avaliar a confiabilidade de afirmações científicas relevantes para a tomada de decisões pessoais e sociais” (ALLCHIN, 2014, p. 1911). Desse modo, o ensino de NC se mostra relevante especialmente pelo seu potencial de possibilitar uma compreensão ampla sobre a ciência, e para que esta compreensão contribua, sobretudo, para a formação de sujeitos capazes de lidar com informações científicas de forma crítica. Sob este ponto de vista, a proposta de Allchin (2013)

para o ensino de NC foi utilizada para nortear este trabalho, por entendermos que a mesma se mostra coerente com o objetivo de promover um ensino de ciências que contribua para a alfabetização científica.

Allchin et. al. (2014) argumentam que um ensino *funcional* de NC só é possível por meio de abordagens contextualizadas, ou seja, por meio de exemplos a partir dos quais os estudantes possam compreender sobre os modos de produção da ciência. Segundo os autores, entender como a ciência é produzida pode contribuir para que os estudantes saibam lidar de forma crítica com afirmações científicas. Sob esta ótica, os autores defendem que as discussões sobre NC devem acontecer a partir de exemplos, os quais podem ser abordados por meio de: *atividades investigativas, casos contemporâneos e casos históricos*. Neste artigo focalizamos a discussão em casos históricos, tendo em vista a questão de pesquisa discutida, a qual se relaciona às reflexões sobre NC fomentadas a partir de um caso histórico.

Segundo Allchin (2014), casos históricos possibilitam a compreensão de algumas características da ciência que não são possíveis de serem discutidas por meio de outras abordagens como, por exemplo, o papel da tentativa e do erro na ciência. Nesse sentido, a história auxilia na compreensão de como as ideias evoluem ao longo do tempo, de como o conhecimento científico muda. Além disso, o autor defende que a história é indispensável para se aprender sobre o contexto cultural que permeia a ciência. Isso possibilita reflexões sobre a influência do contexto cultural em relação aos financiamentos de pesquisa, às questões que são pesquisadas na ciência, e sobre o modo como dados são interpretados e teorias são criadas.

Além de salientar as potencialidades dos casos históricos, Allchin (2014) defende que a história da ciência (HC) deve ser estudada sob a perspectiva da “ciência em construção” (LATOUR, 1987), ou seja, a ciência deve ser entendida como um processo. Por isso, deve-se analisar a história não a partir dos conhecimentos que temos hoje, e sim, à luz dos conhecimentos que eram aceitos em um dado contexto histórico, de forma a compreender como as ideias foram evoluindo na ciência. Sendo assim, os casos históricos devem apresentar aos estudantes as incógnitas e incertezas com as quais os cientistas do passado tiveram que lidar, uma vez que a existência dessas incertezas é uma característica do trabalho dos cientistas atualmente. Portanto, a HC, entendida sob a ótica da ciência em construção, também é extremamente relevante para que os estudantes saibam lidar de forma crítica com casos contemporâneos.

Questão de pesquisa

Tendo em vista a perspectiva de Allchin (2011; 2013) sobre a utilização de casos históricos no ensino de ciências, elaboramos uma proposta para o ensino de NC, a qual

envolvia o estudo do caso histórico de Marie Curie. Este caso histórico foi analisado por estudantes de graduação de um curso de Licenciatura em Química. A partir das reflexões explicitadas pelos estudantes ao longo deste processo, a seguinte questão foi investigada: como um caso histórico, abordado sob a perspectiva da ciência em construção, pode favorecer reflexões sobre NC por parte de professores em formação?

Contexto no qual se desenvolveu a pesquisa

A proposta para o ensino de NC elaborada pelas autoras foi implementada em uma turma de um curso Licenciatura em Química de uma universidade pública constituída por nove estudantes, sendo oito mulheres e um homem. Os estudantes estavam cursando uma disciplina optativa – a qual foi ministrada pela segunda autora deste trabalho – cujo objetivo era fomentar discussões e reflexões sobre História da Ciência no Ensino de Química. Os estudantes que cursavam a disciplina estavam em períodos avançados da graduação (a partir do sexto), mas nenhum deles havia discutido sobre NC em ocasiões anteriores. Desses nove licenciandos, apenas dois – Maria e Bianca – tinham alguma experiência como professores na escola básica. Seguindo os procedimentos éticos necessários para a condução de uma pesquisa envolvendo seres humanos, (i) todos os licenciandos assinaram documentos concordando com a participação na mesma e com a utilização de suas falas para os fins da pesquisa; e (ii) todos os nomes utilizados para identificar os licenciandos são fictícios. As aulas destinadas à implementação da proposta foram conduzidas pela professora da disciplina. A pesquisadora – primeira autora deste trabalho – que acompanhou a turma desde o início da disciplina, também participou da implementação da proposta, fazendo intervenções em alguns momentos.

Tendo em vista que se tratava de uma disciplina relacionada à HC, a abordagem de um caso histórico sobre a cientista Marie Curie se mostrou pertinente. Para a elaboração do caso histórico, as autoras se basearam na perspectiva de Allchin (2013). Por este motivo, os materiais selecionados abordavam a história da cientista sob a perspectiva da ciência em construção, o que possibilitou reconstruir o modo como as ideias sobre radioatividade foram desenvolvidas e, a partir disso, discutir sobre NC. Além de suscitar reflexões sobre NC, os materiais selecionados também contemplavam alguns aspectos do contexto da época que resultaram, por exemplo, em obstáculos enfrentados por Marie Curie para se inserir no meio acadêmico. Por este motivo, as autoras consideraram que o caso histórico também possibilitaria algumas discussões relacionadas à temática Mulheres na Ciência.

O caso histórico elaborado constitui-se de duas etapas: (i) apresentação de trechos do filme “Madame Curie”, de 1943; e (ii) discussão sobre o texto: “*Um sobrevoo no “caso Marie Curie”*: um experimento de antropologia, gênero e ciência” de Pugliese (2007).

Parte I: Apresentação de trechos do filme “Madame Curie”

O filme *Madame Curie*, produzido em 1943 e dirigido por Mervyn Leroy, foi utilizado com o objetivo de fomentar discussões sobre NC que pudessem ter relação com o caso histórico da cientista. Além da possibilidade de suscitar discussões sobre NC, a escolha do filme se justifica em função de sua qualidade e fidedignidade aos fatos, uma vez que ele se baseou na mais famosa, e talvez mais confiável, biografia de Marie Curie, escrita por sua filha mais nova, Eve Curie. O filme não foi apresentado na íntegra por ter uma duração longa, e também por conter trechos que não eram relevantes para a discussão. Foram selecionados alguns dos trechos que apresentavam a trajetória da cientista na universidade de Sorbonne, na França, de modo a reconstruir, junto aos licenciandos, como ocorreu a evolução das ideias sobre radioatividade. Além disso, os trechos selecionados (que são detalhados na apresentação dos resultados) apresentavam alguns obstáculos com os quais Marie Curie teve de lidar tanto como cientista, quanto como mulher na academia.

Em um primeiro momento, os trechos do filme selecionados foram apresentados sem interrupções. No segundo momento, foi feita uma pausa ao final de cada trecho para que a turma pudesse fazer comentários e explicitar suas reflexões. Destacamos que a professora e a pesquisadora não faziam comentários relacionados aos trechos do filme apresentados antes que os licenciandos tivessem exposto suas ideias, de modo a não os influenciar. Ao apresentar os trechos do filme, foi possível identificar algumas reflexões sobre NC por parte dos licenciandos, as quais são discutidas em mais detalhes posteriormente.

Parte II: Discussão sobre o texto

Após terem assistido e discutido os trechos do filme, os licenciandos fizeram a leitura do texto: “*Um sobrevoo no “caso Marie Curie”*: um experimento de antropologia, gênero e ciência” (PUGLIESE, 2007). A escolha do texto se deu por dois motivos. O primeiro é a riqueza de detalhes com que o autor aborda aspectos relacionados às pesquisas de Marie Curie sobre radioatividade, o que possibilitaria reconstruir como as ideias sobre este tema evoluíram ao longo do tempo e, a partir disto, discutir sobre alguns aspectos de NC. O segundo motivo foi o autor apresentar alguns obstáculos enfrentados por Marie Curie para que seu trabalho fosse reconhecido no meio acadêmico. Nesse sentido, o texto menciona, por exemplo, o fato de a cientista não poder publicar as conclusões de seus trabalhos uma vez que a Academia de Ciências da Universidade da Sorbonne só publicava trabalhos editados por seus membros, os quais não aceitavam mulheres. Ao mencionar este e outros obstáculos, o autor discute a forma como a cientista se empenhou em coletar uma ampla gama de evidências que dessem respaldo às suas ideias, como uma maneira de obter credibilidade diante da comunidade científica. Sob esta perspectiva, o rigor metodológico que caracterizou os trabalhos de Marie Curie não é apresentado como um aspecto que atenuou ou extinguiu os obstáculos relacionados à

desigualdade de gênero na ciência. De maneira diferente, o autor discute como tal rigor se constituiu na maneira a partir da qual a cientista pode se inserir em ambientes que, até então, eram ocupados apenas por homens e, sobretudo, fez com que seu trabalho fosse reconhecido.

Na seção de Resultados, apresentamos algumas reflexões explicitadas pelos licenciandos a partir do caso histórico proposto.

Registro e análise dos dados

Para a execução das duas etapas descritas, foram utilizadas quatro aulas (cada uma com duração de 100 minutos) e todas elas foram registradas em áudio e vídeo. A partir destes dados, foi feita a descrição de todas as aulas, de modo a sistematizar todas as reflexões explicitadas pelos licenciandos ao longo deste processo. Tais resultados foram então organizados de forma a favorecer a discussão da questão de pesquisa que orienta este artigo, isto é, identificando as reflexões dos licenciandos que se relacionavam com NC e buscando associa-las a algum aspecto da perspectiva da ciência em construção que permeou o caso histórico.

A organização dos resultados foi feita independentemente pelas duas autoras e as poucas divergências foram discutidas visando atingir um consenso. A identificação dos aspectos a serem discutidos também foi feita inicialmente de forma independente, mas sempre a partir do referencial teórico adotado. Discussões adicionais resultaram na seleção daqueles comentados neste artigo.

Resultados

Considerando os objetivos deste artigo, apresentamos algumas das reflexões relacionadas à NC que foram explicitadas pelos licenciandos em cada uma das etapas anteriormente descritas, assim como os relacionamentos que conseguimos perceber claramente entre as mesmas e o contexto de ensino.

Conforme mencionado anteriormente, o filme “Madame Curie” foi utilizado com o objetivo de fazer uma reconstrução do contexto histórico e científico em que Marie Curie viveu. Dessa forma, foi possível apresentar aos licenciandos como as ideias sobre radioatividade evoluíram ao longo do tempo. O primeiro trecho do filme apresentado mostra Marie Curie ao início de sua carreira, assistindo às aulas de um professor em um auditório da Universidade de Sorbonne. Os aspectos mais relevantes da fala do professor são os apresentados no seguinte excerto:

Aqui são centenas, centenas de estudantes, mas quando chega a hora de pensar, vocês também estarão sozinhos. Como o autor desta equação, como Newton, por exemplo, ou Galileu. Provavelmente não terão tão boa sorte para chegar tão alto, e alcançar uma estrela com seus dedos [...] mas pode compartilhar isso com eles... você pode aprender a estar só com a natureza, com um raio de luz, com um pedaço

de terra, uma gota de chuva... podem tornar-se conscientes de que a terra dá voltas ao redor do sol, a uma velocidade de 66.000 quilômetros por hora.

A partir desta cena, as licenciandas Diana e Laura fizeram as seguintes considerações críticas:

Diana: O discurso dele também é interessante porque ele fala que todos eles vão ter que seguir um caminho sozinho na descoberta...

Laura: ...é assim como os grandes cientistas! Parece que eles fizeram tudo sozinhos!

Diana: É, tipo assim, 'vocês vão ser brilhantes, mas vão ter que trilhar um caminho sozinho'. E não é bem assim.

As falas das licenciandas indicam a percepção, da parte delas, em relação à forma ingênua com que o trabalho dos cientistas é representado no filme, tendo em vista a fala do professor, que transmitia implicitamente a visão de que os cientistas são gênios e que trabalham sozinhos.

Ainda sobre este trecho do filme, Maria destacou que:

Eu não sei, mas parece que ele cria os dois lados: a verdade, que é o discurso científico e o que se acredita por intuição, o que foi um conhecimento propagado... Quando ele fala da questão da Terra, que ela gira, e o que se falava no outro discurso que não é o da ciência... então acho que ele colocou isso como 'Ah, a ciência fala isso! Esse discurso é o mais adequado!'... como que se o que tivesse fora da ciência não tem validade.

Isto indica que o trecho do filme descrito favoreceu a reflexão da licencianda sobre a ciência ser apenas uma entre outras formas de produção de conhecimento. Isto fica evidenciado quando ela salienta a ideia implícita na fala do professor, de que os conhecimentos que não são científicos não possuem validade.

No segundo trecho apresentado, Becquerel chama Pierre e Marie para irem até seu laboratório verificar o resultado inesperado de um experimento. Becquerel explica aos dois cientistas que um mineral chamado pechblenda, contendo elementos radioativos (Urânio e Tório), havia sido capaz de revelar uma chapa fotográfica mesmo na ausência de luz. Nesta cena, Bianca destacou a atitude de Becquerel ao compartilhar seu espanto em relação aos resultados de suas pesquisas com os outros cientistas:

Bianca: Eu acho que essa ajuda não era muito característica daquelas pessoas, porque eles queriam trancar a informação a sete chaves.

Maria: Eu não sei se isso não é registrado... inclusive lendo os textos que a gente leu, a gente descobriu coisas que eu não tinha nem noção que aconteciam com pessoas tão famosas assim... não sobrenatural, claro! Ele é humano. Mas nos registros que a gente teve acesso lendo os textos... talvez isso não seja registrado, mas eu acho que acontecia sim!

Professora: Talvez isso venha muito mais da imagem que se criou do cientista gênio, trabalhando sozinho... porque realmente, na hora que a gente começa a ler mais as coisas, vemos que eles trabalhavam em grupo... poderia até ser grupos pequenos, muito locais. Não é igual hoje, que a gente se comunica com o mundo, que a gente tem muitas evidências de que as pessoas trabalham juntas.

Diana: E isso faz parte daquele discurso do professor lá no início... que ele fala que a caminhada para a descoberta é uma caminhada sozinha, é uma caminhada de solidão. Bem essa ideia que muitos filmes e várias outras formas de se contar a história vem mostrando. Isso que a Maria falou... não mostra que ele pediu ajuda. Ou seja, você cria a suposição de que ele não precisou de ajuda, de que ele fez tudo sozinho.

Assim, percebemos que a cena do filme descrita possibilitou às licenciandas Bianca, Maria e Diana refletirem sobre a comunicação entre os cientistas. Além disso, tais reflexões se constituíram em uma oportunidade para que a professora salientasse a comunicação entre os cientistas como algo recorrente na HC, ainda que, naquela época, a mesma não ocorresse facilmente em nível global, como ocorre atualmente. Tal discussão também fez com que Diana reiterasse a crítica feita anteriormente sobre a fala do professor no início do filme. Nesse sentido, ela também salientou o modo ingênuo como o trabalho dos cientistas é representado em filmes ou em meios que abordam sobre a HC.

O terceiro trecho apresentado mostra o momento em que Marie mede a quantidade de radiação emitida por Urânio e Tório presentes na pechblenda. Ao averiguar a quantidade de radiação emitida por cada um destes elementos, a cientista verificou que, juntos, Urânio e Tório não emitiam a mesma quantidade de radiação que era emitida pela pechblenda. Esta inconsistência com o que era esperado pela cientista a partir de medidas experimentais realizadas exaustivamente a deixou intrigada, o que a levou a conversar com Pierre sobre tais resultados. Ao avaliar novamente a análise elementar da pechblenda que havia feito, Marie mediu a radiação emitida por uma quantidade traço de algum material desconhecido presente no mineral. Então, ela observou que a radiação emitida por aquele material residual somada à radiação emitida por Urânio e Tório era a mesma quantidade de radiação emitida pela pechblenda. A radiação emitida por tais “substâncias desconhecidas” foi interpretada por Marie como sendo um indício de que havia um elemento químico radioativo ainda não conhecido na amostra do mineral analisado. Em relação a esta cena, Bianca destacou que:

É muito legal ver uma pessoa estudando insistentemente alguma coisa... e mostrar que não foi uma coisa tipo ‘Ah, um dia eu peguei, olhei, achei, está certo!’... Eles mostraram o passo a passo. Ela testou com um, testou com outro, fez mais uma vez... ela fez a análise com exaustão. Os meninos não veem isso na ciência... eles acham que a pessoa descobriu, parou, pensou e pronto! Não mostra como o cientista estudou muito, exaustivamente, para achar alguma coisa... achar não, entender mesmo.

Tal fala da licencianda indica que o modo exaustivo a partir do qual Marie Curie conduziu suas análises foi algo que lhe chamou a atenção. Nesse sentido, Bianca também salientou a percepção, por parte de estudantes da educação básica, de que os cientistas fazem ‘descobertas’ ao acaso. Além disso, o trecho descrito também possibilitou a reflexão sobre o papel da validação pelos pares na ciência, conforme identificado na fala de Maria:

Agora, em relação àquilo que eu falei, quando ela [Marie] pede para ele [Pierre] olhar os resultados da análise, é porque... eu fico pensando se aquilo não teria passado despercebido. Porque às vezes a gente faz um trabalho de pesquisa, vai lá e publica... e aí você colocou os resultados lá, mas não faz uma avaliação de certos aspectos que uma outra pessoa que está lendo seu trabalho pensa naquilo e você não pensou. Você registrou, publicou, mas não necessariamente fez todas as abordagens em relação àquilo. E às vezes é uma coisa dessas que faz o trabalho ter vários desdobramentos.

Esta fala mostra que a licencianda considerou a importância da validação pelos pares não apenas no caso histórico que estava sendo discutido, mas também no processo de produção do conhecimento científico de maneira geral. Isso pode ser identificado quando ela mencionou sobre os desdobramentos que podem ocorrer a partir das considerações dos pares sobre um determinado trabalho.

Ainda sobre esta cena, Maria também destacou o quanto Marie foi ousada em propor uma explicação para o fenômeno observado que colocava à prova ideias que já estavam bem estabelecidas naquela época. Nesse sentido, ela salientou que as concepções prévias dos cientistas muitas vezes condicionam o olhar que eles têm sobre algum fenômeno. Contudo, também é importante que um cientista seja capaz de adotar pontos de vista diferentes em relação aos conhecimentos já estabelecidos na ciência. Nas palavras da licencianda:

O que eu acho que atrasou ela [Marie Curie] a chegar na conclusão que ela chegou, foi que ela tinha conceitos muito bem estabelecidos da época, de ciências né... daquela pesquisa que ela estava fazendo. Então, ela estava com um olhar condicionado. E para pensar diferente, ela precisava romper com muitos conceitos que já estavam bem estabelecidos [...] agora, no caso dela, ela tinha que romper com um modelo e isso é difícil de fazer. Eu acho que é mais uma questão daquela ideia de que a gente tem um olhar condicionado e isso é bom e ruim... porque a gente não pode descobrir a roda todo dia, mas em algum momento a gente tem que romper com o que está aí, e isso é uma responsabilidade muito grande.

No quarto trecho selecionado, Marie e Pierre se reúnem com um grupo de professores da Universidade de Sorbonne para discutir sobre a possibilidade de lhes ser concedido um laboratório para que pudessem dar prosseguimento às suas pesquisas. Nesta cena, os professores se mostram resistentes em conceder o laboratório aos dois cientistas, argumentando que não havia provas convincentes da existência do novo elemento. Além disso, o financiamento para a pesquisa seria alto demais para ser investido em uma pesquisa que ainda não dispunha de dados consistentes. Outro argumento utilizado pelos professores, foi o de que Marie era “*jovem, inexperiente e mulher*”. Em uma tentativa de contra argumentar, Pierre tenta exaltar a competência de Marie como cientista e afirma ter deixado de lado sua própria pesquisa para colaborar com a pesquisa da esposa. Por fim, os professores decidem conceder ao casal um galpão antigo abandonado da universidade. Sobre esta cena, Diana destacou que:

O filme mostrou exatamente aquilo que eu falei... ela mal abre a boca, é ele que defende ela o tempo inteiro. Quando eles classificam ela como mulher, o marido fica revoltado, como se fosse uma palavra ofensiva. E ela entende o papel dela. Quando ele começa a se exceder, ela dá uma cutucada nele, como se quisesse dizer: ‘Olha, não se excede não! A gente precisa deles!’. Então mostra muito mais um lado de saber com o que ela está lidando, o meio que ela está lidando... e ela se apoia totalmente no marido nessa cena.

Tal fala da licencianda indica que o trecho do filme descrito possibilitou que ela refletisse sobre o pouco espaço concedido à Marie para que pudesse argumentar em favor de sua pesquisa, visto que Pierre é quem teve a chance de falar pela cientista durante

praticamente todo o tempo. Além disso, Diana mencionou que a cientista também possuía consciência de qual era seu lugar naquele espaço, aspecto evidenciado quando ela solicitou ao marido, de forma gestual, que não se exaltasse com os professores que estavam presentes na sala. Outro aspecto salientado por Diana e Maria a partir desta cena se relacionava ao financiamento de pesquisas:

Diana: Eu acho que talvez, pelo menos eu tive a impressão... não só de eles não estarem convencidos, mas... em que isso vai beneficiar a universidade? Porque a fala dele [do professor] dá aquele tom... o sarcasmo dele dá aquele tom de 'como nós vamos ser beneficiados? Sendo que em nove meses você só nos deu resultados experimentais!'... Aí que ela fala que ela ficou incessantemente pesquisando, ela fez a pausa somente por causa do nascimento da filha, a morte da sogra... então você vê que o interesse final deles é o nome da universidade.

Maria: Eu acho que também não dá pra ser tão duro com eles... porque imagina, você está na universidade, o que devia ter de professor pedindo coisas pra eles. Com certeza eles deviam ter um orçamento. Se eles sássem financiando tudo, eles iriam fechar as portas. Então realmente, se eu fosse financiar algum trabalho, eu gostaria de ser convencida de que aquilo vai trazer alguma coisa importante, que vai levar o nome da universidade.

Identificamos, assim, que o trecho do filme descrito favoreceu a reflexão por parte das licenciandas sobre a importância do convencimento dos pares sobre a pertinência de determinada pesquisa, para que a mesma seja financiada.

Além disso, o artigo também aborda sobre o momento a partir do qual as pesquisas de Marie Curie passaram a ter grande visibilidade, quando da descoberta de que o elemento Rádio era capaz de curar o câncer. Em relação a este aspecto histórico, Maria declarou que:

Eu acho que ela conseguiu esse espaço porque como ela estava muito envolvida com a pesquisa, o marido dela morreu e já tinha muito interesse econômico em cima dessa pesquisa que ela estava fazendo... Eu acho que esse espaço que ela conseguiu tem uma coisa a mais, tem outros interesses.

Então, para a licencianda, a possibilidade de se inserir e conquistar espaço no meio acadêmico não foi algo que aconteceu meramente em função do reconhecimento da competência de Marie Curie enquanto cientista, e sim em função de interesses econômicos relacionados à utilização dos resultados de seus estudos.

O caso histórico também favoreceu algumas reflexões relacionadas às diferenças existentes entre as disciplinas científicas. Tais reflexões foram fomentadas a partir do artigo de Pugliese (2007), uma vez que este faz menção à visão que se tem da Física, como sendo uma ciência que envolve mais racionalização, e à Química como uma ciência de natureza fortemente experimental. Sobre esta discussão, Carolina destacou que:

Acho que a Química é tratada de forma muito material... tanto que ela [Marie Curie] fez todos os processos só para conseguir achar a massa, para provar que aquilo [o elemento Rádio] estava ali. Acho que essa é a diferença para a Física. Na Física, muitas vezes, se você provar que algo existe por cálculo, acabou. Está comprovado. Você não precisa ter algo material para provar que aquilo existe.

Posteriormente, a licencianda completou:

Você quer mais teoria que Física Quântica? Física Quântica é teoria pura! Eles conseguiram comprovar as ondas gravitacionais só esta semana! E a teoria está aí desde Einstein!

Tais falas indicam que o artigo favoreceu a reflexão sobre as diferenças nos modos de produção do conhecimento científico. Nesse sentido, a licencianda associou o modo como Marie Curie precisou obter uma ampla gama de evidências experimentais que dessem suporte às suas ideias ao caráter empírico que se atribui à Química. De maneira diferente, para ela, determinadas áreas da Ciência – como a Física – não necessariamente requerem a utilização de evidências experimentais para que teorias sejam aceitas.

O texto também possibilitou a discussão de aspectos relacionados à comunicação entre os pares, o que pode ser identificado a partir do seguinte diálogo:

Bianca: A comunicação naquela época era bem mais difícil do que hoje. Então as ideias demoravam um pouco para serem desenvolvidas exatamente por isso. Os documentos... às vezes você mandava uma carta que demorava a chegar, sendo que aquilo poderia ajudar... aquilo ali causava um transtorno, demorava muito tempo. Hoje em dia a gente tem telefone, e-mail, fax... então acho que naquela época era muito mais difícil.

Professora: Mas eles [os cientistas] se comunicavam?

Bianca: Pouco, mas se comunicavam.

Maria: Eu não acho que seja pouco não. Eu acho que na comunidade científica esse trânsito de informações era mais dinâmico... mesmo de um país para outro. Eu estou dizendo assim, embora a velocidade de troca de informações, não tem nem como comparar o que a gente tem hoje com o que se tinha, acho que tinha sim uma troca de conhecimentos dentro da comunidade científica que estudava sobre determinado assunto, independentemente da localidade.

Professora: O que eles comentam aqui sobre aquela fase... depois, quando todo mundo estava interessado em radioatividade devido à aplicação da radioatividade na Medicina?

Maria: É, eu acho que esse trecho comprova isso. Que tinha um intercâmbio de informações. Senão, como eles iriam ficar sabendo dessa pesquisa que estava sendo feita?

Outro aspecto novamente destacado pelos licenciandos foi a importância do trabalho colaborativo na ciência. Por exemplo, Laura mencionou sobre o modo como Pierre utilizava sua boa relação com os pares para obter apoio para suas pesquisas:

Tem também a parte das colaborações... o Pierre tinha um amigo para quem ele pediu alguma coisa e aí ele conseguiu o material... ele também era muito amigo do diretor, por isso ele conseguiu um espaço [laboratório]... então tem essa questão política que é legal. Porque ele era amigo do diretor, ele conseguiu uma parceria, conseguiu o material que ele precisava de forma gratuita.

Assim, a licencianda reconheceu a importância de o cientista possuir a habilidade de ser cordial e manter um bom relacionamento com outros cientistas, com o objetivo de conseguir apoio para sua pesquisa.

Outro aspecto presente no caso histórico destacado pelos licenciandos foram os empecilhos encontrados por Marie Curie para que ela pudesse se inserir no meio acadêmico. Sobre este tópico, as licenciandas Maria e Carolina fizeram as seguintes considerações:

Professora: Que evidências a gente tem de que realmente ela não tinha chance? O que mais o texto trouxe em relação a isso?

Maria: Porque na universidade que ela estudou, acho que ela foi a primeira mulher. Então, primeiro que não era comum. E quando os trabalhos eram apresentados, quem defendia, quem era aceito naquela comunidade eram homens, não eram mulheres. Então ela tinha esse empecilho... porque ela iria fazer uma pesquisa, mas só os homens apresentavam.

Carolina: E quando a pesquisa dela foi indicada ao prêmio Nobel, ela não foi indicada no começo. Só acrescentaram o nome dela porque o marido dela pediu. Ele não iria aceitar receber o prêmio se não tivesse o nome dela.

Neste diálogo, as licenciandas destacaram informações apresentadas no artigo de Pugliese (2007) sobre a impossibilidade de Marie Curie publicar as conclusões de seus trabalhos e sobre sua não indicação inicial para receber o prêmio Nobel pela descoberta da radioatividade. Ambas informações caracterizam dificuldades enfrentadas pela cientista que contribuíram para que as licenciandas refletissem sobre condições relacionadas ao reconhecimento de um cientista.

Discussão

Conforme mencionado anteriormente, Allchin (2014) argumenta que quando analisados sob a perspectiva da ciência em construção, os casos históricos da ciência possuem potencial de auxiliar na compreensão de como as ideias evoluem ao longo do tempo, além de possibilitar reflexões sobre a influência do contexto cultural em relação aos financiamentos de pesquisa, às questões que são pesquisadas na ciência e sobre o modo como dados são interpretados e teorias são criadas. Considerando algumas das reflexões explicitadas a partir do caso histórico mencionado, percebemos o potencial da perspectiva defendida pelo autor para favorecer reflexões sobre NC. Nesse sentido, como evidenciado na seção anterior, a abordagem sobre como os conhecimentos sobre a radioatividade se desenvolveram possibilitou reflexões relacionadas: (i) ao trabalho colaborativo na ciência; (ii) ao papel da comunicação na ciência; (iii) à influência das concepções prévias dos cientistas na interpretação dos dados; (iv) ao papel da validação pelos pares; (v) aos diversos modos de produção da ciência; (vi) às desigualdades de gênero presentes na ciência; e (vii) à influência de interesses econômicos na produção do conhecimento científico.

No presente trabalho, pretendíamos investigar como um caso histórico sobre Marie Curie, estudado sob a perspectiva da ciência em construção, poderia favorecer a reflexão sobre NC por parte de professores em formação. A partir do que foi explicitado pelos licenciandos, identificamos que determinados elementos que constituíram o desenvolvimento de ideias relacionadas à radioatividade, assim como a abordagem de tais elementos de forma explícita, possibilitaram a reflexão sobre tais aspectos de NC. Por exemplo, o artigo discutido apresenta algumas informações sobre o modo como Pierre Curie utilizou sua boa relação com os pares com o objetivo de conseguir apoio para sua pesquisa. Este aspecto histórico foi destacado como uma evidência de que “ser político” é uma habilidade necessária na ciência.

O fato de tal aspecto ter sido salientado também demonstra a percepção de que os cientistas não trabalham sozinhos. Ainda sobre o papel do trabalho colaborativo na ciência, percebemos que tal aspecto foi destaque pelos licenciandos a partir de um trecho do filme, no qual um professor da Universidade de Sorbonne descreve os cientistas do passado como gênios que trabalhavam sozinhos.

Além disso, o filme apresentado mostra o momento em que Becquerel compartilhou os resultados inesperados de um experimento realizado por ele com Pierre e Marie Curie, o que favoreceu a discussão sobre o papel da comunicação na ciência. Tal aspecto também foi considerado pelos licenciandos quando discutiram sobre o momento em que vários grupos começaram a se interessar pelas pesquisas relacionadas à radioatividade como uma evidência de que existia a troca de informações entre os cientistas.

Outro aspecto destacado foi a influência das concepções dos cientistas na interpretação dos dados. Isto foi destacado por uma das licenciandas ao explicar que o fato de Becquerel ter denominado o fenômeno por ele observado de “hiperfosforescência” se deu em função de o cientista já realizar pesquisas relacionadas à fosforescência. O papel da subjetividade do cientista também foi mencionado por uma das licenciandas como sendo o motivo pelo qual Marie Curie teve dificuldades para pensar em uma solução para as inconsistências observadas em um experimento realizado por ela. Nesse sentido, a licencianda argumentou que a subjetividade pode auxiliar o cientista no momento da interpretação dos dados, mas também pode atrapalhar-lo, por dificultar que ele interprete o fenômeno sob uma ótica diferente dos conceitos que já estão bem estabelecidos na ciência.

O caso histórico também possibilitou a reflexão sobre a importância da validação pelos pares. Tal aspecto foi salientado a partir de um trecho do filme em que Marie solicitou a Pierre que revisasse os procedimentos experimentais realizados por ela, com o objetivo de averiguar algum possível erro. Nesse sentido, foi destacado não apenas o papel da validação pelos pares, mas também a importância desta validação para o desenvolvimento do conhecimento científico.

Ao abordar sobre o caso histórico de Marie Curie, Pugliese (2007) também destaca a concepção de que determinadas disciplinas, como a Química, são predominantemente baseadas na experimentação, enquanto outras, como a Física, são predominantemente baseadas na racionalização. A consideração do autor fomentou a discussão sobre como diferentes áreas da ciência possuem um modo de produção de conhecimento que lhes é intrínseco. Nesse sentido, foi destacado que algumas disciplinas, tais como a Física, podem ser constituídas de teorias que, não necessariamente, se baseiam em dados empíricos.

Os licenciandos também salientaram evidências de que Marie Curie enfrentou alguns obstáculos para se inserir no meio acadêmico por ser mulher. Nesse sentido, um dos trechos

do filme apresenta o momento em que Marie e Pierre solicitam um laboratório para um grupo de professores da Universidade da Sorbonne e, na maior parte do tempo, é Pierre quem argumenta a favor do desenvolvimento da pesquisa pela cientista. Também foi destacado sobre o fato de Marie Curie não poder publicar os resultados de suas pesquisas por ser mulher e que a cientista só foi indicada para receber o prêmio Nobel devido às reivindicações do marido. Embora o caso histórico não tenha favorecido discussões aprofundadas sobre as relações de gênero na ciência, acreditamos que refletir sobre os obstáculos enfrentados por Marie Curie para se inserir no meio acadêmico é uma maneira de fomentar a percepção de que a ciência é influenciada por valores socialmente construídos. Além disso, Allchin (2017) menciona que compreender sobre as relações de gênero que existem na ciência é um dos aspectos importantes para que um sujeito seja capaz de avaliar a confiabilidade de afirmações científicas.

Outro aspecto salientado foi a influência de interesses econômicos no processo de produção de conhecimento. Nesse sentido, foi destacado que o reconhecimento de Marie Curie passou a ocorrer a partir do momento em que existiam interesses econômicos associados às possíveis aplicações das pesquisas desenvolvidas pela cientista. Tal aspecto foi mencionado quando da discussão do artigo de Pugliese (2007), o qual aborda a grande visibilidade atribuída às pesquisas sobre radioatividade no momento em que se descobriu o potencial do Rádío para a cura do câncer.

Dessa forma, percebemos que determinados aspectos de NC que caracterizam a ciência em construção foram identificados nas reflexões explicitadas pelos licenciandos. Assim, a análise sobre como as ideias relacionadas à radioatividade se desenvolveram e a ênfase dada ao contexto social e cultural que permeou o desenvolvimento de tais ideias se constituíram em oportunidades para que os licenciandos refletissem sobre NC. Tais resultados apontam para a pertinência de se inserir a HC – na perspectiva adotada neste trabalho – em cursos de formação de professores. Isso porque os aspectos de NC que podem ser discutidos a partir de casos históricos são importantes para que futuros professores compreendam sobre a ciência, visto que estes caracterizam não só a ciência do passado, mas também a ciência atual. Por exemplo, alguns aspectos de NC abordados a partir do caso histórico de Marie Curie, tais como: o trabalho colaborativo na ciência; o papel da comunicação na ciência; a influência das concepções dos cientistas; a validação pelos pares; as relações de gênero na ciência; e os interesses econômicos que existem na ciência são destacados por Allchin (2017) como importantes para se avaliar a confiabilidade de afirmações científicas. Dessa forma, percebemos que a perspectiva a partir da qual o caso histórico foi abordado possibilitou não apenas discussões que podem ter contribuído para uma compreensão ampla sobre a ciência por parte dos licenciandos, mas também para promover uma compreensão *funcional* de NC. É

necessário salientar que tais aspectos de NC não são os únicos que devem ser compreendidos para que um sujeito seja capaz de lidar de forma crítica com afirmações científicas. Entretanto, reconhecemos o potencial que determinados elementos da HC possuem para nortear discussões importantes sobre NC. Conforme apontado por Allchin et. al. (2014), não obstante a relevância dos casos históricos, há a necessidade de se discutir sobre os casos contemporâneos da ciência e engajar os estudantes em atividades de investigação. Contudo, determinados aspectos presentes na HC (como, por exemplo, o contexto cultural que permeia a elaboração de teorias científicas, a influência das concepções pessoais dos cientistas na interpretação de dados e as tentativas e erros que ocorrem na ciência) a tornam um tópico indispensável para uma compreensão *funcional* de NC.

Além do potencial de favorecer reflexões que auxiliem futuros professores a avaliar afirmações científicas de forma crítica, o caso histórico proposto se apresenta como um caminho para o ensino de NC. Isso porque o mesmo possibilita discussões sobre os modos de produção da ciência e o contexto (social, cultural, econômico) que a permeia por meio de exemplos presentes na própria HC. Sob esta ótica, é possível fomentar reflexões sobre a ciência de maneira contextualizada, diferente das propostas pautadas em listas de princípios de NC. Nesse sentido, Moura e Guerra (2016) salientam a necessidade de se investigar sobre quais abordagens históricas se mostram frutíferas para fomentar discussões sobre os modos de produção da ciência. Na perspectiva dos autores, a discussão da HC com enfoque nas práticas científicas se constitui em uma possibilidade para se discutir sobre as práticas científicas sem incorrer em “caracterizações essencialistas do conhecimento científico.” (MOURA; GUERRA, 2016, p.728).

Por fim, gostaríamos de salientar que, não obstante a visibilidade e a pertinência da proposta de Allchin (2013) para o ensino de NC, é necessário que mais estudos empíricos sejam realizados visando trazer apontamentos sobre os limites e as possibilidades desta para o aprendizado sobre NC. Sendo assim, o presente trabalho se mostra como uma discreta contribuição nesse sentido. Além disso, a maneira a partir da qual realizamos nossa análise de dados apresenta uma alternativa ao modo como os conhecimentos sobre NC vêm sendo avaliados em trabalhos empíricos da área. Isto porque focalizamos nossa análise nas reflexões explicitadas pelos licenciandos ao longo das discussões sobre o caso histórico, ao invés de utilizarmos instrumentos tais como, questionários ou pré- e pós-testes. Isso nos possibilitou identificar mais claramente o modo como diferentes elementos presentes no caso histórico favoreceram determinadas reflexões sobre NC por parte dos licenciandos. Por isso, acreditamos que observar o que os sujeitos expressam a partir de uma determinada proposta para o ensino de NC é algo importante para averiguar a viabilidade da mesma para favorecer reflexões sobre NC.

Considerações finais

No presente trabalho, buscamos investigar como a análise de casos históricos sob a perspectiva da ciência em construção poderia favorecer reflexões sobre NC por parte de professores em formação. Os resultados obtidos indicam que determinados elementos presentes no caso histórico elaborado (identificados na seção de Resultados) favoreceram a ocorrência de tais reflexões. Além disso, percebemos que alguns dos aspectos de NC identificados nas falas dos licenciandos são coerentes com aqueles apontados por Allchin (2017) como sendo importantes para se avaliar a confiabilidade de afirmações científicas. Nesse sentido, destacamos o potencial da proposta para o ensino de NC defendida por este autor para uma compreensão *funcional* de NC. Conforme destacado anteriormente, uma compreensão ampla sobre a ciência é favorecida quando casos históricos são articulados a propostas que contemplam casos contemporâneos e atividades investigativas. No entanto, existem determinados aspectos de NC (por exemplo, o contexto cultural que permeia a elaboração de teorias científicas, a influência das concepções pessoais dos cientistas na interpretação de dados e as tentativas e erros que ocorrem na ciência) que só podem ser vislumbrados a partir da HC (ALLCHIN et. al., 2014).

Destacamos também a pertinência da abordagem de ensino proposta tendo em vista que ela foi implementada em uma turma de professores em formação. Uma vez que a educação para a cidadania é um objetivo caro ao Ensino de Ciências, é de suma importância que professores vivenciem experiências que lhes permitam refletir sobre NC e, ainda, que tais reflexões contribuam para o desenvolvimento de um olhar crítico sobre as práticas científicas. Sob esta perspectiva, faz-se necessário também que mais pesquisas sejam realizadas com vistas a trazer apontamentos sobre a pertinência de diferentes abordagens que contribuam para fomentar reflexões sobre NC no contexto de formação de professores.

Além disso, gostaríamos de salientar a importância de se prover oportunidades para que professores não apenas compreendam sobre a HC, mas também reflitam sobre possíveis maneiras de inserir este tópico em aulas de ciências. Isso porque tais reflexões poderiam contribuir para amenizar algumas das dificuldades que os professores possuem em utilizar a HC em suas aulas, tais como a seleção de quais aspectos serão destacados e quais serão omitidos em uma abordagem histórica, a utilização de fontes históricas primárias em alguns contextos de ensino e a visão linear da ciência que é apresentada em algumas fontes de informação (FORATO et. al., 2012). Além disso, vislumbrar a HC como uma alternativa para se entender os modos de produção da ciência atual pode contribuir para que professores em formação se atentem para a relevância de utilizar casos históricos na educação básica. Se um dos objetivos do Ensino de Ciências atual é a educação para a cidadania, é de suma

importância formar professores que entendam o ensino de NC como uma possibilidade para fomentar o pensamento crítico sobre tópicos relacionados à ciência.

Agradecimentos

As autoras agradecem à CAPES e ao CNPq.

Referências

AAAS. *Benchmarks for scientific literacy*. New York: American Association for the Advancement of Science, 2009.

ABD-EL-KHALICK. Teaching With and About Nature of Science, and Science Teacher Knowledge Domains. *Science & Education*, v. 22, n. 9, p. 2087-2107, 2013.

ALLCHIN, D. Beyond the Consensus View: Whole Science. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, v. 17, n. 1, p. 18-26, 2017.

ALLCHIN, D. Evaluating Knowledge of the Nature of (Whole) Science. *Science Education*, v. 95, n. 3, p. 518-542, 2011.

ALLCHIN, D. From Science Studies to Scientific Literacy: A View from the Classroom. *Science & Education*, v. 23, n. 9, p. 1911-1932, 2014.

ALLCHIN, D. *Teaching the Nature of Science: Perspectives & Resources*. Saint Paul, MN: SHiPS Educational Press, 2013.

ALLCHIN, D.; ANDERSEN, H. S.; NIELSEN, K. Complementary Approaches to Teaching Nature of Science: Integrating Student Inquiry, Historical Cases and Contemporary Cases in Classroom Practice. *Science Education*, v. 98, n. 3, p. 461-486, 2014.

BILICAN, K.; CAKIROGLU, J.; OZTEKIN, Z. How Contextualized Learning Settings Enhance Meaningful Nature of Science Understanding. *Science Education International*, v. 27, n. 4, p. 463-487, 2015.

BOSTON WORKING GROUP. How Can History and Philosophy of Science Contribute to Understanding Nature of Science for Scientific Literacy?: Mapping Research Needs. In: CONFERENCE ON HOW CAN THE HISTORY AND PHILOSOPHY OF SCIENCE CONTRIBUTE TO CONTEMPORARY U.S. SCIENCE TEACHING. (p. 1-30). Boston: Boston University, 2013.

CRAVEN III, J. A.; HAND, B.; PRAIN, V. Assessing explicit and tacit conceptions of the nature of science among preservice elementary teachers. *International Journal of Science Education*, v. 24, n. 8, p. 785-803, 2002.

DÍAZ, J. A. A.; GARCÍA-CARMONA, A. Understanding the Nature of Science Through a Critic and Reflexive Analysis of the Controversy Between Pasteur and Liebig on Fermentation. *Science & Education*, v. 26, n. 1-2, p. 65-91, 2017.

DÍAZ, J. A. A.; GARCÍA-CARMONA, A.; ARAGÓN, M. M. Un caso de Historia de la Ciencia para aprender Naturaleza de la Ciencia: Semmelweis y la fiebre puerperal. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, v.13, n. 2, p. 408-423, 2016.

- FORATO, T.; MARTINS, R. A. PIETROCOLA, M. History and Nature of Science in High School: Building Up Parameters to Guide Educational Materials and Strategies. *Science & Education*, v. 21, n. 5, p. 657-682, 2012.
- FOUAD, K. E.; MASTERS, H.; AKERSON, V.L. Using History of Science to Teach Nature of Science to Elementary Students. *Science & Education*, v. 24, n. 9, p. 1103-1140, 2015.
- GRACE, M. Developing High Quality Decision-Making Discussions About Biological Conservation in a Normal Classroom Setting. *International Journal of Science Education*, v. 31, n. 4, p. 551-570, 2009.
- HERMAN, B. C. Students' environmental NOS views, compassion, intent and action: Impact of place-based socio-scientific issues instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 55, n. 4, p. 600-638, 2018.
- HODSON, D. Learning Science, Learning about Science, Doing Science: Different Goals, Demand Different Learning Methods. *International Journal of Science Education*, v. 36, n. 15, p. 2534-2553, 2014.
- IRZIK, G.; NOLA, R. A Family Resemblance Approach to the Nature of Science for Science Education. *Science & Education*, v. 20, n. 7-8, p. 591-607, 2011.
- KHISHFE, R. Nature of Science and Decision-Making. *International Journal of Science Education*, v. 34, n. 1, p. 67-100, 2012.
- LATOURET, B. *Science in action*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1987.
- LEDERMAN, N. Syntax of nature of science within inquiry and science instruction. In: FLICK, L.; LEDERMAN, N. (Orgs.), *Scientific Inquiry and Nature of Science: Implications for Teaching, Learning, and Teacher Education*. Dordrecht: Springer, 2006. p. 301-317.
- LEE, H., YOO, J., CHOI, K., KIM, S., KRAJCIK, J., HERMAN, B. C., ZEIDLER, D. L. Socio-scientific Issues as a Vehicle for Promoting Character and Values for Global Citizens. *International Journal of Science Education*, v. 35, n. 12, p. 2079-2113, 2013.
- LEE, Y. C.; GRACE, M. Students' Reasoning and Decision Making About a Socio-scientific Issue: A Cross-Context Comparison. *Science Education*, v. 96, n. 5, p. 787-807, 2012.
- MATTHEWS, M. R. Discipline-based philosophy of education and classroom teaching. *Theory and Research in Education*, v. 12, n. 1, p. 98-108, 2014.
- MCCOMAS, W. F. Seeking historical examples to illustrate key aspects of the nature of science. *Science & Education*, v. 17 n. 2-3, p. 249-263, 2008.
- MCCOMAS, W. F. The Nature of Science & the Next Generation of Biology Education. *The American Biology Teacher*, v. 77, n. 7, p. 485-491, 2015.
- MESCI, G.; SCHWARTZ, R. S. Changing Preservice Science Teachers' Views of Nature of Science: Why Some Conceptions May be More Easily Altered than Others. *Research in Science Education*, v. 47, n. 2, p. 329-351, 2017.
- MOURA, C. B.; GUERRA, A. História Cultural da Ciência: Um Caminho Possível para a Discussão sobre as Práticas Científicas no Ensino de Ciências?. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 16, n. 3, p. 725-748, 2016.

NIELSEN, K. H. Scientific Communication and the Nature of Science. *Science & Education*, v. 22, n. 9, p. 2067-2086, 2013.

NRC. *Next Generation Science Standards*. Washington, DC: National Research Council, 2013.

OECD. *PISA 2009 assessment framework*. Paris: Organisation for Economic Co-Operation and Development, 2009.

PUGLIESE, G. Um sobrevôo no “Caso Marie Curie”: um experimento de antropologia, gênero e ciência. *Revista de Antropologia*, v. 50, n. 1, p. 347-385, 2007.

REINERS, C.S.; BLIERSBACH, M; MARNIOK, K. The Cultural Argument for Understanding Nature of Science: A Chance to Reflect on Similarities and Differences Between Science and Humanities. *Science & Education*, v. 26, n. 5, p. 583-610, 2017.

RUDOLPH, J. L. Reconsidering ‘nature of science’ as a curriculum component. *Journal of Curriculum Studies*, v. 32, n. 3, p. 403-419, 2000.

WONG, S. L.; HODSON, D. From the Horse’s Mouth: What Scientists Say About Scientific Investigation and Scientific Knowledge. *Science Education*, v. 93, n. 1, p. 109-130, 2009.

YACOUBIAN, H. A. A Framework for Guiding Future Citizens to Think Critically About Nature of Science and Socioscientific Issues. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, v. 15, n. 3, p. 248-260, 2015.

ZEIDLER, D. L.; SADLER, T. D.; APPLEBAUM, S.; CALLAHAN, B. E. Advancing Reflective Judgement through Socio-scientific Issues. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 46, n. 1, p. 74-101, 2009.

SOBRE AS AUTORAS

BEATRIZ ALMEIDA. Mestre em Educação pelo Programa de Pós-graduação em Educação da Universidade Federal de Minas Gerais na linha de Educação e Ciências; graduada em Química Licenciatura pela Universidade Federal de Ouro Preto. Atuou como bolsista de iniciação à docência da CAPES, no período de 2012 a 2015. Neste período, participou do desenvolvimento e implementação de projetos visando a melhoria do ensino de Química nas escolas públicas, em parceria com professores da Educação Básica e professores da universidade. Atuou como professora da rede estadual de ensino, no período de abril de 2016 a dezembro de 2017, lecionando para estudantes do Ensino Médio Regular e Educação de Jovens e Adultos (EJA). Atualmente é pesquisadora do Grupo de Pesquisa REAGIR – Modelagem e Educação em Ciências.

ROSÁRIA JUSTI. Doutora em Educação em Ciências pela University of Reading, no Reino Unido; mestre em Educação pela Universidade Estadual de Campinas, licenciada e bacharel em Química pela Universidade Federal de Minas Gerais. Atualmente é professora titular na Universidade Federal de Minas Gerais, atuando no curso de Licenciatura em Química e no Programa de Pós-graduação em Educação; bolsista de Produtividade em Pesquisa 1C do CNPq; líder do Grupo de Pesquisa REAGIR – Modelagem e Educação em Ciências; editora-chefe da Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências; editora associada do

International Journal of Science Education; membro do corpo editorial de vários periódicos nacionais e internacionais da área de Educação em Ciências.

Recebido: 16 de março de 2018.

Revisado: 06 de agosto de 2018.

Aceito: 16 de novembro de 2018.