

Construindo uma abordagem histórica da radioatividade

Building a historical approach of radioactivity

Tauan G. Gomes¹, Thaís C. de M. Forato²

¹Universidade de São Paulo; ²Universidade Federal de São Paulo
tauangomes@gmail.com; thais.unifesp@gmail.com

Resumo

Nas últimas décadas cresceu o número de pesquisas que defendem os benefícios do uso da História da Ciência na educação científica, entretanto, surgiram também estudos apontando diversas dificuldades para tal fim, inclusive quanto à carência de propostas efetivas para a sala de aula. A partir deste impasse, desenvolvemos uma pesquisa que elabora e analisa o processo de construção de uma abordagem didática da história da radioatividade para o Ensino Médio. Neste trabalho, apresentamos parte dos resultados dessa pesquisa, ressaltando a análise realizada para definição dos aspectos científicos e metacientíficos do episódio histórico que serão enfatizados ou omitidos. Utilizamos como apoio uma proposta metodológica que se propõe a lidar com obstáculos apontados pela literatura, fundamentando a seleção e adaptação de conteúdos históricos na proposição de atividades didáticas, a partir de cada contexto educacional e dos objetivos epistemológicos estabelecidos pelo autor/pesquisador.

Palavras Chave: História da Ciência; Radioatividade; Ensino Médio.

Abstract

In recent decades has grown the number of research defending the benefits of using the History of Science in science education, however, there were also studies pointing out the difficulties for that purpose, including proposals for the classroom. From this impasse, we developed a survey that establishes and analyzes the process of building a didactic approach of radioactivity history for the high school. We present, in this paper, one of the results of this research, highlighting the stage of analysis proposed for definition of the scientific and metascientific aspects the historical episode that will be emphasized or omitted. The methodology used, which proposes to deal with obstacles mentioned by the literature, supporting the selection and adaptation of historical contents in proposing educational activities, from every educational context and epistemological objectives set by the author / researcher.

Key Words: History of Science; Radioactivity; High School.

Introdução

No contexto em que se argumenta a favor da inclusão de temas da História da Ciência (HC) no Ensino Básico, consideramos que estudos de episódios históricos cuidadosamente reconstruídos, em perspectiva historiográfica atual (Martins, R., 2001; 2006; Porto, 2010), podem ajudar a compreender aspectos do empreendimento científico (Forato *et al.*, 2012). Buscamos, nessa perspectiva, uma Educação Científica que promova o pensamento crítico e criativo, contribua para o desenvolvimento de habilidades e competências, além, é claro, do aprendizado de conteúdos científicos (Cachapuz *et al.*, 2008; Lederman, 2007). Em contrapartida, apesar de décadas de estudo destacando benefícios da HC na educação, pesquisas vêm apontando desafios e riscos para seus usos no ensino (Forato *et al.*, 2012; Höttecke & Silva, 2010; Martorano, 2012). Professores apontam, como uma das dificuldades específicas, a falta de orientações, materiais e uma metodologia adequada para o uso da HC no Ensino Básico (Martins, A., 2007).

Visando contribuir para superar tal dificuldade, a pesquisa da qual origina esse recorte tem como objetivo geral analisar a elaboração de uma proposta didático-metodológica para a Escola Básica, que utiliza episódios da história da radioatividade e busca favorecer a aprendizagem de conceitos científicos e conteúdos metacientíficos. Neste trabalho, enfocamos um de seus objetivos específicos: estabelecer os conteúdos científicos e metacientíficos mobilizados pelos episódios históricos, e desenvolver materiais e estratégias didáticas para a proposta. A questão “*como selecionar e adaptar conteúdos históricos para a sala de aula, favorecendo o aprendizado de conteúdos científicos e metacientíficos, sem incorrer em abordagens ingênuas ou distorcidas sobre o desenvolvimento da ciência?*” guiou a escolha e aplicação do referencial metodológico para a construção da proposta didática. Adotamos os parâmetros propostos em Forato (2009), que promovem uma análise da consistência entre os objetivos pedagógicos e epistemológicos e a abordagem histórica adotada. Os vinte parâmetros analisam a simplificação, omissão e ênfase dos conteúdos históricos, avaliando riscos e potenciais distorções epistemológicas. Como um dos resultados obtidos por nossa pesquisa, apresentamos parte da análise apoiada por esta metodologia, para a adaptação da HC para a sala de aula.

Escolhemos a história radioatividade, que se insere nas discussões sobre a inclusão da Química Teórica e Física Moderna no Ensino Médio, defendida por diversos pesquisadores da área de Ensino de Ciências (Brockington & Pietrocola, 2005; Moraes & Guerra, 2013; Silva & Cunha, 2009). A abordagem histórica permite inserir discussões sobre natureza da matéria, observação *versus* explicação teórica e a coletividade no fazer científico, além de temas de Física e Química do século XX (Cordeiro & Peduzzi, 2010).

Escolhemos trabalhar a proposta transdisciplinarmente, na perspectiva de Cardona (2010) — embora haja um dissenso entre os pesquisadores sobre as fronteiras do transdisciplinar e do interdisciplinar — por entendemos que essa perspectiva delimita como transdisciplinar a confluência de esforços de naturezas epistemológicas distintas na análise de um problema.¹

Assim, neste trabalho, relatamos a análise e a reflexão de quinze parâmetros, descrevendo sua influência nas etapas da pesquisa por meio da metodologia empregada.

Metodologia para análise e construção da abordagem histórica

¹ Nos debates entre interdisciplinaridade e transdisciplinaridade se insere a proposta de eliminação da divisão das disciplinas escolares. Esclarecemos que nossa proposta não se alinha à essa perspectiva, pelo contrário, buscamos uma abordagem transdisciplinar, aplicável nas disciplinas de Química ou Física.

Um dos desafios apontados para o uso da HC no ensino de ciências é conciliar conteúdos científicos, políticos, epistemológicos e históricos, em perspectiva historiográfica atual, sem incorrer em distorções (Allchin, 2006; Porto, 2010). Essa dificuldade motivou a escolha da metodologia proposta pelos parâmetros para auxiliar abordagens históricas no ensino (Forato, 2009), visto que consideram riscos, tensões e obstáculos para conciliar historiografia, adaptando-se às necessidades didáticas do contexto educacional, e dos objetivos estabelecidos pelo pesquisador/autor/professor.

Desde a investigação histórica até a construção da proposta, analisamos as indicações dos parâmetros, que partem da explicitação dos objetivos pedagógicos e dos aspectos epistemológicos pretendidos. A partir daí, avaliamos a seleção, omissão, ênfase e simplificação dos conteúdos, buscando contribuir para a consistência interna da proposta, quanto a concepção de ciências que se pretende contemplar.

Procedemos a revisão bibliográfica para investigação dos episódios históricos abordados, a partir da seleção e estudo de fontes primárias e secundárias sobre a pesquisa com radioatividade no final do século XIX e início do XX. Nessa fase, buscamos evitar as narrativas descontextualizadas e lineares, buscando, em oposição, trazer à tona a contribuição de aspectos não científicos para a construção das ciências (Martins, R., 2001). Tínhamos como uma intenção inicial que a proposta didática pudesse fundamentar uma crítica à concepção de ciência neutra e empírico-indutivista, em contraposição a uma visão de ciência enquanto construção sócio-histórica coletiva (Gil-Perez *et al.*, 2001).

É importante ressaltar que o trabalho com os parâmetros é, necessariamente, dinâmico e maleável. Dinâmico porque demanda idas e vindas, exige um constante repensar e reavaliar da proposta; maleável porque deve ser adaptado a cada contexto, a cada pesquisa.

Resultado: análise para a construção da proposta

Apresentamos abaixo como cada item dos parâmetros requereu a análise que ampara a construção da proposta. Embora sejam vinte os parâmetros que utilizamos, selecionamos apenas quinze para discutir nesse trabalho, a fim de conciliar o espaço disponível e a profundidade da análise. É importante atentar para a diferença entre os objetivos da pesquisa e os objetivos pedagógicos da proposta didática, foco desta análise .

1. Estabelecer os propósitos pedagógicos para os usos da HC no ensino (Proposta Didática):

Buscamos o aprendizado de conteúdos científicos e metacientíficos e a compreensão da interface entre ciência e arte e ciência e contexto social:

- Aprendizagem de conceitos e fenômenos da Química e da Física, como: radioatividade, decaimento radioativo, emissão radioativa, aplicações da radioatividade, instrumentos e tecnologias;
- Compreensão de características do trabalho científico, como: a coletividade na ciência, a (não)neutralidade da ciência e a suas relações com as demandas sociais e tecnológicas.
- Entendimento da interação entre ciência e representações artísticas, buscando evidenciar a ciência como elemento cultural, que exerce influência na sociedade e é por ela influenciada.

2. Explicitar a concepção de ciência adotada e os aspectos metacientíficos pretendidos:

X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – IX ENPEC
Águas de Lindóia, SP – 24 a 27 de Novembro de 2015

- Ciência enquanto cultura, construção sócio-histórica, contextualizada local e temporalmente, mutável, influenciada também por fatores extracientíficos;
- Criticar a concepção individualista da ciência, mostrando a interação e/ou a contribuição entre diferentes pesquisadores em diferentes países;
- Criticar a concepção de ciência isolada do contexto sócio-histórico, explicitando momentos em que ciência e sociedade interferiram uma na outra (no tocante à radioatividade);
- Discutir a diferença entre observação e explicação, por exemplo nos primeiros contatos com a radioatividade e na construção desse conceito.

3. *Selecionar o tema e os conteúdos históricos apropriados:*

- O início da pesquisa em radioatividade, de 1895 a 1903; a variedade de pesquisadores envolvidos, como Röntgen, Becquerel, Poincaré, os Curie, Rutherford (Becquerel 1896; Curie 1898); algumas das etapas da construção do conceito e posteriormente a aplicações do fenômeno, como a geração de energia, os usos medicinais, bélicos e na produção de alimentos;
- Relação de tais aspectos com as características da construção da ciência, sua (não)neutralidade e relação com a sociedade.

4. *Selecionar os aspectos a enfatizar e a omitir em cada conteúdo da História da Ciência:*

Dentre os vários aspectos que poderiam contribuir para atingir os objetivos estabelecidos no parâmetro 1, acreditamos que os selecionados abaixo mobilizam os conteúdos necessários, além de constarem em textos escritos para o professor de fácil acesso e compreensão.

Enfatizar:

- Característica coletiva do desenvolvimento da pesquisa com radioatividade, que envolveu diversos cientistas de diferentes grupos de pesquisa e nacionalidades (como Röntgen, Becquerel, Poincaré, os Curie e Rutherford);
- Característica não acumulativa do conhecimento científico, demonstrada com a aceitação e posterior rejeição da Conjectura de Poincaré e pela metodologia de pesquisa escolhida por Marie Curie, diversa da que vinha embasando os resultados de Becquerel;
- Diversidade de interpretações de um mesmo evento (fenômeno natural), mostrando como Becquerel explicava a radioatividade como uma característica dos compostos de urânio enquanto os Curie a atribuíram a uma propriedade atômica;
- Interação entre ciência e sociedade, representada tanto pela necessidade político militar que levou ao desenvolvimento da bomba atômica, quanto pelo desenvolvimento de protocolos de segurança mais elaborados nas instalações nucleares resultante do temor social por acidentes devastadores.

Omitir:

- Explicações mais profundas de hipóteses complexas superadas ou abandonadas no desenvolvimento do conceito de radioatividade, como a Conjectura de Poincaré.
- Participações de alguns pesquisadores, como Niepce de St. Victor, que teria sido o primeiro a descrever o contato com a radioatividade (Martins, R., 2012).

X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – IX ENPEC
Águas de Lindóia, SP – 24 a 27 de Novembro de 2015

- Aprofundamento em questões de gênero, buscando evitar a hagiografia que envolve muitas narrativas sobre Marie Curie.
- 5. *Definir o nível de detalhamento do contexto não científico a ser tratado; mediar as simplificações e omissões, pois enfatizar a influência de aspectos não científicos pode promover interpretações relativistas extremas:*

Delimitamos como não científico o contexto social, cultural e histórico contemporâneo ao recorte escolhido, e dele salientamos:

- Algumas das novas tecnologias e transformações do dia a dia, características da virada do século XIX para o XX, como a mecanização do ambiente urbano e a industrialização;
 - Abordar sinteticamente o contexto em que foi utilizada a primeira bomba atômica e suas implicações geopolíticas;
 - Panorama das utilizações das aplicações da radiatividade no século XX.
6. *Avaliar quando é possível superar ou contornar a ausência de pré-requisitos nos conhecimentos matemáticos, físicos, históricos, epistemológicos;*
- Não pretendemos abordar conceitos que envolvam matematização sofisticada; quanto aos pré-requisitos físicos ou químicos, eles são fornecidos nos textos voltados para os alunos (caso dos instrumentos e técnicas utilizadas na pesquisa em radioatividade no final do século XIX), ou sugeridos como revisão antes das aulas (como o modelo atômico de Bohr);
 - Os conteúdos históricos e epistemológicos são parte dos objetivos da proposta, que também inclui os pré-requisitos necessários ao seu aprendizado.
7. *Definir o nível de profundidade e formulação discursiva dos conteúdos epistemológicos;*
- Na elaboração dos textos e atividades, levamos em conta que a proposta tem como público alvo alunos da 3ª Série do Ensino Médio; assim, procuramos propor debates sobre questões adequadas à faixa etária, como os cuidados ao se utilizar tecnologia nuclear. Ademais, as atividades levam a debates cujo nível de aprofundamento epistemológico é delimitado pelos próprios alunos, e mediado do professor.
8. *Ponderar sobre o uso de fontes primárias na Escola Básica;*
- Reconhecemos a importância do trabalho com as fontes primárias na História da Ciência e em sua adaptação para o Ensino, entretanto, escolhemos evitar propor aos alunos de Ensino Médio essas leituras por considerar que elas elevam a dificuldade das leituras, no caso deste recorte histórico.
9. *Abordar diacronicamente os conteúdos da HC de difícil compreensão atualmente: interessante estabelecer relação entre resultados relevantes para a construção da ciência com conteúdos descartados ou atualmente considerados “esquisitos”;*
- Este parâmetro nos faz refletir sobre a pertinência, ou não, de inserir na proposta algumas conjecturas feitas na época — como a própria conjectura de Poincaré e a hipótese do composto de urânio de Becquerel (Martins, R., 2012)—, que foram posteriormente descartadas. Por um lado, mostrariam a complexidade da construção da ciência e “erros” cometidos pelos cientistas, reforçando ainda mais a problematização de *insights* geniais, um de nossos objetivos. Por outro, ampliariam sobremaneira o conteúdo. Esse parâmetro impõe essa reflexão que ainda está sendo feita.

10. *Abordar diacronicamente diferentes concepções de ciência e o pensamento dos filósofos, filósofos naturais e cientistas de distintos períodos e civilizações: Apresentar vários pensadores contemporâneos trabalhando com os mesmos pressupostos metodológicos pode auxiliar a crítica ao preconceito e a anacronismos;*
 - As diferentes conjecturas feitas pelos pensadores para explicar o novo fenômeno (radioatividade) pode mostrar para os estudantes como cada período utiliza seus próprios recursos e referentes teóricos para construir explicações sobre o mundo natural, o que é bem diferente da ideia de uma ciência pronta, acabada, cujas leis esperam para serem descobertas, a partir de um método único e universal. Objetivamos ressaltar a pertinência das conjecturas dos diferentes pesquisadores envolvidos no episódio da construção do conceito de radioatividade, no ideário da época. Entendemos que isso contribui para problematizar a concepção de que ciência é feita individualmente e apenas por grandes gênios.
11. *Apresentar exemplos de teorias superadas em diferentes contextos culturais permite criticar ideias ingênuas sobre história e epistemologia da ciência, como a possível concepção de que a ciência atual pode resolver todos os problemas;*
 - Acreditamos ter explicitado a superação/aprimoramento de teorias e modelos na descrição do processo de elaboração da explicação para o novo fenômeno, por exemplo, na construção do conceito de radioatividade, em que hipóteses foram sucessivamente levantadas, descartadas (caso da Conjectura de Poincaré) aprimoradas e posteriormente substituídas (como a teoria de indução radioativa de Curie, que ajudou a compor a hipótese de Rutherford sobre a natureza da radioatividade).
 - A problematização da visão que propõe a ciência como um *continuum* de evolução que leva a melhoria da vida humana também está presente na discussão sobre a bomba atômica: seria a aplicação bélica um uso adequado da ciência? Teria seu uso medicinal e agrícola levado a uma melhoria na vida da humanidade?
12. *Defender uma nova ideia conflitante com aquelas predominantes no repertório cultural dos estudantes requer o uso de estratégias capazes de criar desconforto e conflitos que permitam o questionamento de ideias preestabelecidas;*
 - Uma ideia que pode gerar tal conflito é a Conjectura de Poincaré, que propunha que o emissor de radioatividade era o vidro do tubo de Crookes ao ser estimulado com os raios catódicos. Para trabalhar o conceito, pretendemos usar o debate entre os alunos, para que eles detectem o problema e cheguem à própria conclusão. Essa atividade será baseada no texto histórico preparado para os estudantes.
13. *Escolher temas que despertem a curiosidade da faixa etária pretendida. A escolha não pode considerar apenas critérios técnicos e objetivos, mas envolver os estudantes é fundamental;*
 - Consideramos que a questão da radioatividade e suas aplicações na medicina, em armamentos e na geração de energia são comumente um tópico de interesse dos alunos de Ensino Médio. Buscamos proporcionar debates e controvérsias para que os alunos se engajem nas discussões e leituras.
14. *Ponderar sobre a quantidade e profundidade dos textos;*
 - Compomos os textos de modo a que o aluno precise ler apenas pequenos trechos de cada vez. Entretanto, insistimos em uma alta carga de leitura total, cerca de quinze páginas, considerando-se todas as aulas da proposta; de modo a abarcar diferentes períodos da história da radioatividade — seu desenvolvimento inicial, entre 1895 e

1903, e suas aplicações, como a bomba, na década de 1940, as usinas nucleares e os acidentes radiológicos da década de 1980 — em um total de seis aulas duplas. Ponderamos também o equilíbrio entre a sofisticação apropriada de leitura e escrita que queremos, as especificidades de nossa área e o momento cognitivo dos alunos.

15. *Ter em mente as diferentes funções sociais do conhecimento acadêmico e dos saberes escolares da Escola Básica;*

- Levando em consideração esse parâmetro, sentimos premente a necessidade de trabalharmos conceitos científicos e conteúdo metacientífico; nossa intenção é colaborar com a formação dos alunos no sentido de prepará-los para a argumentação, fornecer subsídio para eles defenderem seus posicionamentos e investigarem a procedência de informações que possam chegar a eles.

Há ainda outros cinco parâmetros, mas, devido à limitação de espaço, não serão incluídos neste trabalho. A partir da seleção, omissão, simplificação e ênfase definidos por essa análise é realizada a proposta didática com abordagem histórica, na elaboração de textos para professor e alunos, bem como as atividades didáticas.

Considerações Finais

Neste trabalho, enfocamos uma amostra da análise realizada para se estabelecer o recorte histórico para a construção da proposta didática. Discutimos os aspectos a selecionar, omitir e simplificar, buscando minimizar os riscos de distorções epistemológicas. A metodologia utilizada (Forato, 2009) permitiu avaliar a consistência entre a abordagem histórica proposta e os objetivos pedagógicos estabelecidos pelo seu próprio autor, pesquisador ou professor. Isso possibilita respeitar características historiográficas e didáticas, além de considerar as peculiaridades de diferentes contextos educacionais. Destacamos que o uso da metodologia é trabalhoso e demorado, pois requer a constante reflexão de inúmeros detalhes.

Agradecimentos e apoio: CAPES; CNPq.

Referências

- ANDRADE, R.; NASCIMENTO, R.; GERMANO, M. Influências da Física Moderna na obra de Salvador Dalí. *Cad. Brasil. Ens. Fís.*, 24(3): 400-423, dez. 2007.
- BECQUEREL, H. Sur les radiations invisibles émises par les corps phosphorescent. *Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences de Paris* 122: 501-3, 1896.
- BROCKINGTON, G.; PIETROCOLA, M. Serão as regras da Transposição Didática aplicáveis aos conceitos de Física Moderna? *Investigações em Ensino de Ciências*, 10(3): 387-404, 2005.
- CACHAPUZ, A.; PAIXÃO, F.; LOPES, J.; GUERRA, C. Do estado da arte da pesquisa em educação em ciências: linhas de pesquisa e o caso “Ciência-Tecnologia-Sociedade”. *Alexandria-Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, 1(1):27-49, 2008.
- CARDONA, F. *Transdisciplinaridade, Interdisciplinaridade e Multidisciplinaridade*. 2010. Disponível em: < <http://www.webartigos.com/artigos/transdisciplinaridade-interdisciplinaridade-e-multidisciplinaridade/34645/#ixzz1J905i8WH> >.

X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – IX ENPEC
Águas de Lindóia, SP – 24 a 27 de Novembro de 2015

CORDEIRO, M; PEDUZZI, L. As conferências Nobel de Marie e Pierre Currie: a gênese da radioatividade no ensino. *Cad. Brasileiro de Ensino de Física* 27: 473-514, 2010.

CURIE, M. Rayons émis par les composés de l'uranium et du thorium. *Comptes Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences de Paris* 123: 1101-3, 1898.

FORATO, T. *A Natureza da Ciência como Saber Escolar :um estudo de caso a partir da história da luz*. Tese (Doutorado) – USP, São Paulo, 2009. 2vols.

_____; PIETROCOLA, M; MARTINS, R. Enfrentando obstáculos na transposição didática da história da ciência para a sala de aula. In: PEDUZZI; MARTINS; FERREIRA. *Temas de História e Filosofia da Ciência no Ensino*. Natal: EDUFRN, 2012.

GIL PÉREZ, D.; MONTORO, I.; ALIS, J.; CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. *Ciência&Educação* 7(2): 125-153, 2001.

HÖTTECKE, D; SILVA, C. Why implementing History in philosophy in school science education is a challenge: an analysis of obstacles. *Science & Education*, 2010, 293-316.

MARTINS, A. História e filosofia da ciência no ensino: há muitas pedras nesse caminho. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* 24 (1): 112-131, 2007.

MARTINS, R. Como não escrever sobre história da física - um manifesto historiográfico. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, 23(1):113-129, 2001.

_____. Introdução: a história da ciência e seus usos na educação. In SILVA, C. *Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino*. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006.

_____. *Becquerel e a descoberta da radioatividade: uma análise crítica*. Campinas Grande: EDUEPB/Livraria da Física, 2012.

MORAIS, A.; GUERRA, A. História e a filosofia da ciência: caminhos para a inserção de temas física moderna no estudo de energia na primeira série do Ensino Médio. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 35: 01-09, 2013.

PORTO, P. História e Filosofia da Ciência no Ensino de Química: em busca dos objetivos educacionais da atualidade. In: SANTOS; MALDANER. *Ensino de Química em Foco*. Ijuí: Unijuí, 2010. p. 158-180.

REIS, J.; GUERRA, A.; BRAGA, M.. 2006: Ciência e arte, relações improváveis? *História, ciências, saúde, - Manguinhos*. V. 13 – suplemento. P. 71-87, 2006.

SILVA, J; CUNHA, M. O modelo atômico quântico em livros didáticos de química para o ensino médio. In: VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Florianópolis. *VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, 2009.

ZANETIC, J. Física e arte: uma ponte entre duas culturas. In: VIII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, Águas de Lindóia. *Atas do VIII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física*, 2002.