

Recepção de um material didático sobre a natureza da ciência, em uma abordagem plural

Receipt of didactic material on the nature of science, in a plural approach

Luiz H. M. Arthur

Universidade Federal de Santa Catarina
luizarthur@gmail.com

Eduardo A. Terrazan

Universidade Federal de Santa Maria
eduterrabr@yahoo.com.br

Resumo

Apresentamos as características de um material didático construído com o objetivo de trabalhar a natureza da ciência no Ensino Médio, com uma abordagem plural, ou seja, por meio de diferentes tipologias epistemológicas, utilizando elementos da Gravitação. Nosso objetivo foi avaliar, neste primeiro momento a partir do olhar do professor, a primeira implementação desse material que foi efetivada por um professor colaborador da pesquisa, de modo a identificar obstáculos a serem contornados e potencialidades a serem melhoradas em um próximo trabalho com a unidade de ensino desenvolvida. Apresentamos algumas considerações iniciais por parte do professor, e discutimos alguns aspectos relacionados a essas.

Palavras chave: Natureza da ciência, história e filosofia da ciência, ensino de física moderna, ensino de ciências.

Abstract

We present the features of a didactic material developed with the aim of working the nature of science in high school, with a plural approach, so, through different epistemological typologies, using elements of gravitation. Our purpose was to evaluate the first implementation of this material accomplished by a collaborating professor of research, in order to identify obstacles to be circumvented and potentials to be improved in the near work with the developed teaching unit. We present some initial findings by the teacher, and we discuss some aspects related to these.

Key words: Nature of science, history and philosophy of science, modern physics teaching, science education.

Introdução

A aproximação entre história e filosofia da ciência e ensino de ciências resultou em um bom número de trabalhos nos últimos anos (Cachapuz et al., 2008, Silva et al., 2013). As

justificativas para essa aproximação são importantes, seja porque existem afinidades potenciais entre os processos de construção de conhecimento científico e apreensão de saberes escolares pelos alunos (Villani, 2001), seja porque uma preocupação histórica pode otimizar o entendimento dos próprios conceitos físicos, ou seja porque trabalhos embasados epistemologicamente podem contribuir para uma compreensão mais adequada da atividade científica (Moreira e Ostermann, 1993, Praia et al., 2002). Em relação a esta última possibilidade, alinhamo-nos aos trabalhos que promovem uma abordagem didática que visa tratar a natureza da ciência em sala de aula, em diferentes níveis de ensino (Moreira et al., 2007, Teixeira et al., 2009, Almeida e Farias, 2011, Forato et al., 2011).

Mesmo havendo discordâncias entre os epistemólogos¹, existem elementos mais consensuais factíveis de estruturar estratégias de ensino preocupadas em passar uma imagem mais adequada para o funcionamento da ciência (Moreira e Ostermann, 1993, Silveira e Ostermann, 2002, Silveira e Peduzzi, 2006, Praia et al., 2007). Mesmo que o professor não faça uma reflexão epistemológica em suas atividades, ele acabará por transmitir seu modo de ver a atividade científica aos seus alunos (Lederman, 1992). Ora, para evitar passar imagens distorcidas dessa atividade, comuns mesmo entre professores de ciências (Fernández et al. 2002, Chinelli et al., 2010), nada melhor que, conscientemente, tomar parte nestas reflexões.

Como parte de uma pesquisa mais ampla, propomos uma unidade de ensino para duas classes de física do Ensino Médio, objetivando uma avaliação por parte do professor implementador dessa unidade. Essa unidade de ensino objetiva trabalhar alguns elementos da natureza da ciência em uma abordagem plural, ou seja, aportado em diferentes epistemologias. Entendemos que a ciência é uma atividade complexa, e pretendemos avaliar em que medida essa complexidade pode ser enfrentada, por meio de discussões que envolvam diferentes elementos em relação à atividade científica. Apresentaremos neste trabalho uma caracterização desta unidade de ensino, seguida por algumas considerações engendradas a partir do retorno do professor implementador. Essa etapa, assim como a pesquisa mais abrangente que a inclui, caracteriza-se como uma pesquisa qualitativa, resumidamente apontada como uma “tentativa de uma compreensão detalhada dos significados e características situacionais [do que é pesquisado]” (Richardson, 1999, p. 90). Alguns elementos que propiciam esta compreensão detalhada consistem na:

escolha adequada de métodos e teorias convenientes; no reconhecimento e na análise de diferentes perspectivas; nas reflexões dos pesquisadores a respeito de suas pesquisas como parte do processo de produção de conhecimento; e na variedade de abordagens e métodos (Flick, 2009, p. 23).

Nosso principal objetivo com essa implementação foi identificar falhas e potencialidades em nossa proposta didática, para otimizar sua estrutura geral e realizar uma nova implementação, a ser relatada em um próximo trabalho.

Caracterização da produção do material didático

Para subsidiar as discussões epistemológicas oportunizadas pela unidade de ensino descrita na sequência deste trabalho, escolhemos alguns elementos das epistemologias de Karl Popper, Imre Lakatos e Paul Feyerabend. As ideias desses pensadores encerram boas potencialidades

¹ Neste trabalho, usamos “epistemologia” e “filosofia da ciência” como termos equivalentes, e “natureza da ciência” como as características da atividade científica, embasadas no conjunto de conhecimentos produzidos por aqueles.

para se discutir os processos de obtenção de conhecimento científico, e com esse objetivo estruturamos um conjunto de textos, apresentações eletrônicas e atividades correlatas que permitissem uma incursão nos principais elementos das epistemologias desses autores.

A unidade de ensino completa é constituída por quatro textos, e respectivas apresentações eletrônicas para ilustrar os conceitos daqueles e subsidiar sua discussão junto aos alunos, um texto de apoio ao professor, e diários e planos de aula para organizar a implementação da unidade.

Para a elaboração das apresentações eletrônicas, além de elementos dos textos produzidos e imagens correlatas, foram adaptados trechos de filmes e documentários devidamente editados, para seu uso na apresentação. Utilizamos trechos: do documentário da BBC, *The Story Of Science* (Mosley, 2010), episódio 1, sobre a evolução dos conceitos da cosmologia; do documentário COSMOS, episódio 3 (MacFarlane, 2014); da PBS – NOVA, *The Elegant Universe* (Greene, 2003), sobre a Teoria de Cordas (tema não presente no material desta pesquisa, mas que contém ilustrações bastante didáticas de elementos da gravidade); e do filme “Einstein and Eddington” (Martin, 2008), sobre o contexto do teste da Relatividade Geral ao longo da segunda década do século XX.

O material foi produzido atentando às características de um material significativo conforme apontamentos de Bob Gowin, professor da universidade de Cornell, que pensou, entre outros, uma teoria educacional que enfatiza a tríade professor-material-aluno. Segundo Gowin, “materiais educativos podem ser vistos como uma sequência de eventos primeiros que podem ser usados pelos seres humanos para promover novos eventos” (Gowin, 1981, p. 55).

Nosso objetivo, como preconiza Gowin, é estar, a cada passo, com nosso interlocutor - o aluno - em mente. “Visões clássicas de ensino tomam o conhecimento da disciplina específica como central. Tão central, de fato, que o estudante é quase totalmente esquecido” (Gowin, 1981, pg. 64). Um material educativo que atente para isto pode fazer, pelo aluno, muito mais que um simples relato explicativo de conceitos e situações.

Para que um material educativo seja significativo, ou seja, possibilite a construção de um *sentimento de significância*, que pode ser entendido como um entendimento da posição dos conteúdos discutidos em outros contextos que justificam, caracterizam e clarificam seus significados² (Gowin, 1981, p. 43), ele deve ser construído objetivando-se algumas funções básicas, das quais citamos as principais: a) deve servir como um *organizador conceitual*, e para isso deve ser um instrumento calibrado para o uso no ensino e aprendizagem, ou seja, deve ser um veículo fundamentado tanto nos aspectos conceituais, do que se deseja ensinar, quanto nos aspectos didáticos, de sua intencionalidade de ensinar; b) deve servir como *registro de eventos primários usados para promover novos eventos*, ou seja, deve permitir um crescimento cognitivo cada vez maior, por meio da mobilização de sua aprendizagem em outros contextos (Gowin, 1981, p. 113); c) deve servir como *multiplicadores de ideias e significados*.

Os textos e apresentações constituem quatro momentos didáticos (um texto e uma apresentação para cada momento), que consideramos como episódios centrais para as discussões pretendidas. O primeiro momento, “*Um despertar na Grécia*”, faz uma contextualização dos temas a serem discutidos, com uma ênfase no contexto da antiga Grécia em relação às tentativas de se compreender o cosmos, particularmente relacionadas aos sistemas geocêntrico e heliocêntrico. Nosso objetivo foi apresentar alguns conceitos importantes para as discussões posteriores,

² Isso vai ao encontro das ideias de David Ausubel, que sugere que uma aprendizagem significativa está relacionada com os subsunçores presentes no aluno, que devem ser relevados e/ou modificados de modo a comportar novas relações entre aquilo que já se sabe e aquilo que se está aprendendo (Moreira, 1982).

como as hipóteses *ad-hoc* e a sugestão do papel hipotético das teorias científicas.

Após essas primeiras discussões envolvendo as tentativas de se defender um ou outro sistema, o segundo momento didático, “*A supremacia da gravidade*”, aprofunda-se nos aspectos relacionados ao enfrentamento de qual teoria é supostamente melhor, ou seja, os procedimentos de escolha entre teorias rivais. Nesse segundo momento didático, entramos nos elementos das epistemologias de Popper e Lakatos, aproveitando o profícuo contexto do surgimento da gravitação universal de Newton, momento para ricas discussões a respeito da força de uma teoria (força heurística) e elementos de teste de hipóteses. No terceiro momento, “*A gravidade revisitada*”, essas questões são estendidas ao contexto da fase de regressão da gravitação newtoniana e progressão da gravitação einsteiniana, permitindo um aprofundamento dos assuntos referentes à natureza da ciência. No quarto e último momento didático, “*Um pouco mais de lenha*”, pretendemos explorar os limites da racionalidade preconizada pelas ideias de Popper e Lakatos discutidas, trazendo alguns elementos do dadaísmo epistemológico de Feyerabend.

Não foi nosso propósito estruturar uma unidade de ensino que substitua a Gravitação do currículo da disciplina de física do Ensino Médio. Assim, procuramos discutir as contribuições de Kepler ao tema, por exemplo, mas não propomos situações envolvendo suas três leis. Da mesma forma, detemo-nos em boa medida na gravitação newtoniana, mas não propomos exercícios usando a equação da gravitação universal presente nos livros didáticos. Devemos ratificar que nosso propósito é a discussão dos elementos da natureza da ciência pretendidos, embora, naturalmente, os conceitos específicos da física sejam parte importante e indissociável dessa proposta. Deste modo, vemos nesta unidade de ensino um material sem vínculos obrigatórios com uma determinada etapa do currículo de física. Contudo, pensamos que sua implementação possa se somar à unidade de gravitação, sendo que uma implementação anterior a esse conteúdo pode servir como uma excelente contextualização ao ensino dos tópicos curriculares habituais, como as Leis de Kepler e a Lei da Gravitação Universal.

Uma avaliação por parte do professor

A unidade de ensino proposta, em uma primeira implementação, tornou possível identificarmos alguns elementos que precisam ser melhorados, tanto relacionados ao conteúdo dos textos quanto aos instrumentos de coleta. Nesta primeira implementação tivemos a colaboração de um professor experiente que já tem um perfil consonante às propostas da unidade de ensino, o que foi um facilitador para os trabalhos e discussões realizadas com os alunos. Ao implementar essa proposta com a colaboração de outros professores, pretendemos discernir outros condicionantes para um trabalho com a natureza da ciência em sala de aula. Esse professor classifica essa intenção como altamente desejável, dizendo ainda que faltam materiais didáticos e paradidáticos para que essa inserção, da história e filosofia da ciência, seja feita com um mínimo de qualidade.

Uma das questões centrais dirigidas ao professor é sua avaliação em relação à estrutura da unidade de ensino como um todo (procedimentos, textos, questões, apresentações, discussões). Transcrevemos a seguir parte da resposta do professor.

Quanto à seleção e extensão dos conteúdos, a proposta me parece bastante adequada, principalmente quando trata da RG e os fenômenos associados [...]. Os alunos se sentiram especialmente motivados nesse aspecto. [...]. No primeiro texto é feita uma tentativa de abordar a influência das instituições religiosas, mas o tópico ficou muito superficial e induz à uma interpretação ingênua sobre “a idade das trevas” [...]. Quanto ao aspecto epistemológico,

nota-se claramente a influência principal de Lakatos, mas faltou uma sistematização dos conceitos para que o aluno pudesse formar uma interpretação mais orgânica da evolução da ciência. As apresentações, incluindo as animações, facilitaram muito a exposição e discussão da história apresentada. As questões para discussão auxiliaram a estruturar as discussões, porém elas não estão induzindo muito o aluno à reflexão do texto. Menos perguntas, mas mais elaboradas e incisivas, talvez torne as discussões produtivas. Isso é necessário devido ao fato de que esta unidade de ensino realiza uma perturbação no contrato didático ao propor tanto um objeto de ensino diferente quanto uma perspectiva (reflexão histórico-filosófica) diferente. Os alunos estão acostumados a buscar respostas automáticas de pura memorização das ideias do texto, e isso é difícil de modificar. Existe esse elemento a mais que deve ser considerado e que pode trazer ruído na avaliação da proposta.

Percebemos algumas das colocações do professor como altamente procedentes, e estaremos, a partir desses apontamentos, otimizando todo o material de modo a contemplar essas propostas e outras a serem comentadas na sequência. Concordamos em parte com a colocação do professor em relação ao período da Idade Média, uma vez que esta aparece de forma bastante pontual no texto. Não é nossa intenção aprofundar esse período, e, se este não aparece no texto com a devida ênfase, é porque precisamos “saltar” (por uma simples questão de tempo didático) para os episódios mais relevantes aos nossos propósitos. Reveremos esse ponto.

Embora nossa intenção seja trabalhar com elementos da epistemologia de diferentes pensadores, assumimos uma preferência por Lakatos por considerarmos que os elementos de sua epistemologia são bastante didáticos em relação a uma primeira aproximação da atividade científica. Não é nossa intenção, e acreditamos que nem mesmo seria algo factível ou mesmo desejável, levar ao aluno uma profunda discussão a respeito das potencialidades e limitações de diversas tipologias em relação à natureza da ciência. Nossa posição central a esse respeito é de que é altamente desejável que o aluno possa conhecer mais de perto algumas ideias relacionadas à atividade científica. E, como acreditamos que nenhuma epistemologia específica é suficiente para esse objetivo, pretendemos trazer algumas ideias que, pensamos, se complementam para possibilitar uma aproximação adequada da atividade científica. Por isso pensamos que, embora essa proposta plural seja algo interessante para os fins citados, é necessário um cuidado a respeito do que levar ao aluno, e do que, deliberadamente, não levar.

Um desafio que inicialmente se apresenta é justamente como abordar elementos de diferentes tipologias, de modo a permitir uma discussão com os alunos suficientemente estruturada. A respeito dos potenciais problemas de se trabalhar com diferentes tipologias o professor comenta:

O risco de utilizar uma abordagem plural em uma primeira abordagem da HFC é a falta de “estrutura” para analisar a história apresentada, e os debates acabam se tornando demasiadamente sem referencial. Parece-me mais didático primeiro introduzir um novo referencial epistemológico (o mais adequado para um certo conteúdo), enfraquecendo de forma significativa as concepções prévias inadequadas. Em um segundo passo, introduzir a pluralidade e um debate mais profundo. [...].

Para diminuirmos esses riscos preferimos inicialmente abordar a atividade científica com um olhar lakatosiano, seguido dos elementos da epistemologia de Popper, por entendermos que ambas se complementam, como já sugerimos. Deixamos para trazer alguns elementos de Feyerabend apenas no último texto, e julgamos que, em um primeiro momento, esta estrutura esteja adequada para as discussões realizadas. Contudo, estamos estudando formas de otimizar didaticamente esta estrutura de apresentação, para permitir um conjunto maior de subsunções

ao aluno.

Quando perguntado sobre o que mudaria nessa proposta, o professor insiste: "*Mudaria o foco epistemológico plural para a teoria lakatosiana e exploraria mais os fenômenos associados à [relatividade geral] (se não no texto, na apresentação, com o uso de vídeos ou mais animações)*". Entendemos que adotar uma única tipologia para a natureza da ciência seja mais adequado para se trabalhar inicialmente com os alunos. Como já sugerimos, um problema que vemos nisso é o fato de limitarmos a complexidade da atividade científica a um único conjunto de elementos que acabam por se tornar prescritivos do que é fazer ciência.

O professor comentou a importância da apresentação eletrônica, com figuras e animações, para a discussão dos assuntos. Essa apresentação já está sendo otimizada, com a melhoria e o acréscimo de novos trechos de filmes e documentários, como o filme "Einstein and Eddington" (Martin, 2008), que possui várias passagens bastante didáticas em relação aos temas discutidos na unidade de ensino. Com esses acréscimos, contemplaremos também a sugestão do professor em relação ao aprofundamento da Relatividade Geral, ainda que já estivéssemos trabalhando nisso, mesmo antes dessa recomendação. Estaremos, deste modo, possibilitando um aprofundamento de tópicos de física moderna, ao mesmo tempo em que aproveitamos o interesse do aluno já constatado por esses assuntos para se discutir de modo mais efetivo alguns elementos da natureza da ciência.

Um ponto particularmente importante das considerações do professor reside em torno das questões norteadoras elaboradas ao longo dos textos. Inicialmente preferimos manter uma quantidade de questões que, agora, também julgamos como excessiva, uma vez que algumas remetem a respostas que o aluno apenas "pesca" ao longo dos textos (embora julguemos que mesmo essas sejam relevantes, ao levar o aluno a revisitar trechos importantes). Nossa percepção a esse respeito, juntamente com a identificação do professor, certamente resultará em um processo de reelaboração dessas questões, de modo a levar o aluno a mobilizar seu entendimento em situações correlatas às discutidas nos textos.

Perguntado sobre as dificuldades de se trabalhar com a unidade de ensino proposta, e sobre possíveis sugestões para minimizá-las nas próximas implementações, o professor comenta:

A maior dificuldade foi fazer os alunos entenderem o que era esperado deles (a reflexão e o debate sobre os textos). O conteúdo físico apresentado foi bem compreendido, com ressalva ao princípio da equivalência e o conceito de ad-hoc. Para minimizar tais efeitos desta proposta diferenciada, o primeiro texto tem que ser especialmente trabalhado para tal. [...].

Outra dificuldade, já mencionada, foi organizar os conceitos filosóficos de forma consistente para formar uma teoria. Novamente, sugiro a abordagem não plural caso seja a primeira vez que os alunos estejam sendo expostos a este tipo de proposta [...].

Outra dificuldade é que o conceito de dispersão é citado no último texto para questionar se a RG foi aceita um tanto precipitadamente. Tal conceito "caí" de paraquedas no texto. Foi necessária uma explanação a parte na apresentação para que os alunos tivessem uma ideia básica sobre o que estava sendo discutido.

Julgamos que talvez seja necessário acrescentarmos algumas instruções mais explícitas em relação à dinâmica de atividades, para que o aluno participe dessas de modo mais consciente do que é esperado dele. Porém, foi conversado com o professor a respeito dessas atividades, e por isso entendemos que uma apresentação adequada das atividades, ao primeiro dia de aula, seja muito importante para o andamento das próximas aulas. Seguindo sugestões do professor, concordamos que o primeiro texto, e a primeira apresentação, possa mostrar melhor todo o

contexto a ser discutido. Sobre o conceito de dispersão de dados, essa já era uma preocupação nossa e certamente melhoraremos o trecho referido.

Entendemos que esta unidade de ensino pode tanto ser trabalhada com alunos de segundos e terceiros anos do Ensino Médio, para a discussão da natureza da ciência, quanto para turmas de primeiro ano que estudarão Gravitação. Para essas últimas, entendemos que esta unidade se encaixa muito bem como um prelúdio ao capítulo de Gravitação Universal, ao constituir um panorama dos problemas enfrentados pelos pensadores em relação aos movimentos observados dos corpos celestes. Após implementada essa unidade de ensino, o professor pode retomar o livro e iniciar os trabalhos quantitativos previstos, com as Leis de Kepler e a Gravitação Universal propriamente dita, agora em um contexto já devidamente discutido.

Considerações finais

No geral percebemos uma influência positiva do material em relação aos objetivos da proposta. Sobre a eficácia da unidade de ensino, ou seja, a capacidade de mobilizar o interesse do aluno e a capacidade de propiciar ao aluno os elementos básicos da natureza da ciência propostos, o professor comenta que *“a maioria dos alunos parece ter sofrido uma modificação substancial nas ideias iniciais”*.

O professor foi bastante crítico em relação a alguns pontos da proposta, como demonstrado em suas respostas anteriormente citadas, o que vemos como fundamental para que possamos deixá-la mais adequada para as próximas implementações, com outros professores colaboradores. Mesmo com seu olhar crítico, o professor enfatiza que *“a originalidade e a qualidade da proposta estão muito acima do que se encontra hoje em livros paradidáticos ou didáticos”*. Isso nos deixa confiantes de que, se ainda temos muito trabalho pela frente, temos também a possibilidade de oferecer importantes contribuições para todos os profissionais da educação que desejam trabalhar assuntos correlatos nas salas de aula.

A partir da contribuição de diferentes professores, pretendemos estabelecer uma base de dados adequada para uma análise mais completa em relação às dificuldades, cuidados e estratégias para se tratar a natureza da ciência com uma abordagem plural. Percebemos, com essa primeira implementação, caminhos a melhorar, e em um próximo trabalho discutiremos nossas constatações a partir da colaboração de outros professores.

Referências

- ALMEIDA, A. V., FARIAS, C. R. O. **A natureza da ciência na formação de professores: reflexões a partir de um curso de licenciatura em ciências biológicas**. Investigações em Ensino de Ciências – V16(3), pp. 473-488, 2011.
- CACHAPUZ, A.; PAIXÃO, F.; LOPES, J. B.; GUERRA, C. **Do Estado da Arte da Pesquisa em Educação em Ciências: Linhas de Pesquisa e o Caso “Ciência-Tecnologia-Sociedade”**. Alexandria, v.1, n.1, p. 27-49, mar.2008.
- CHINELLI, M. V., FERREIRA, M. V. S., AGUIAR, L. E. V. **Epistemologia em sala de aula: a natureza da ciência e da atividade científica na prática profissional de professores de ciências**. *Ciência & Educação*, v. 16, n. 1, p. 17-35, 2010.
- GOWIN, B. D. **Educating**. New York: Cornell University Press, 1981.
- FERNÁNDEZ, I.; GIL-PÉREZ, D.; CARRASCOSA, J.; CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. **Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza**. Enseñanza de las Ciencias, 2002, 20 (3), 477-488.

- FLICK, Uwe. **Introdução à pesquisa qualitativa**. Porto Alegre: Artmed, 2009.
- FLICK, Uwe. **Qualidade na pesquisa qualitativa**. Porto Alegre: Artmed, 2009.
- FORATO, T. C. M.; PIETROCOLA, M.; MARTINS, R. A. **Historiografia e natureza da ciência na sala de aula**. Cad. Bras. Ens. Fís., v. 28, n. 1: p. 27-59, abr. 2011.
- GREENE, Brian. **The Elegant Universe**. [Filme-vídeo]. PBS – NOVA, 2003.
- LEDERMAN, N. G. **Students' and teachers' conceptions of the nature of science: a review of the research**. Journal of Research in Science Teaching, New York, v. 29, n. 4, p. 331-359, 1992.
- MacFARLANE, Seth; ANN, Druyan; BRAGA, Brannon; TYSON, N. de Grasse. **COSMOS: A Spacetime Odyssey**. Episódio 3: Quando o conhecimento domina o medo. [Filme-vídeo]. National Geographic Channel, Fuzzy Door Productions, 2014.
- MOREIRA, M. A.; OSTERMANN, F. **Sobre o ensino do método científico**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v.10, n.2: p.108-117, ago.1993.
- MOREIRA, M. A.; MASSONI, N. T.; OSTERMANN, F. **História e epistemologia da física na licenciatura em física: uma disciplina que busca mudar concepções dos alunos sobre a natureza da ciência**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 29, n. 1, p. 127-134, 2007.
- MOSLEY, Michael J. **The Story Of Science: episódio 1, “O que há lá fora”**. [Filme-vídeo]. BBC, British Broadcasting Corporation, 2010.
- PRAIA, J. F.; CACHAPUZ, A. F. C.; GIL-PÉREZ, D. **Problema, teoria e observação em ciência: para uma reorientação epistemológica da educação em ciência**. Ciência e Educação, v. 8, n. 1, p. 127-145, 2002.
- PRAIA, J.; GIL-PÉREZ, D.; VILCHES, A. **O papel da natureza da ciência na educação para a cidadania**. Ciência & Educação, v. 13, n. 2, p. 141-156, 2007.
- RICHARDSON, R. J. **Pesquisa social: métodos e técnicas**. São Paulo: Atlas, 1999.
- SILVA, T. N.; SANTOS, B. R. G.; BATISTA, G. L. F. **Um breve estudo exploratório sobre HFC e o ensino de Física: Quantificação de artigos em eventos e periódicos nacionais**. XX Simpósio Nacional de Ensino de Física. São Paulo, SP, 2013. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xx/sys/resumos/T0250-2.pdf>>. Acesso em: 8 de maio de 2014.
- SILVEIRA, F. Lang. da; OSTERMANN, F. **A insustentabilidade da proposta indutivista de “descobrir a lei a partir de resultados experimentais”**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 19, n. especial: p.7-27, jun. 2002.
- SILVEIRA, F. Lang. da; PEDUZZI, L. O. Q.; **Três episódios de descoberta científica: da caricatura empirista a uma outra história**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 23, n. 1: p. 26-52, abr. 2006.
- TEIXEIRA, E. S.; EL-HANI, C. N.; FREIRE JR., O. **Concepções de estudantes de física sobre a natureza da ciência e sua transformação por uma abordagem contextual do ensino de ciências**. Revista da ABRAPEC, Vol.1, nº 3. 2001, p. 111.
- TEIXEIRA, E. S., FREIRE Jr., O., EL-HANI, C. N. **A influência de uma abordagem contextual sobre as concepções acerca da natureza da ciência de estudantes de física**. Ciência & Educação, v. 15, n. 3, p. 529-556, 2009.

VILLANI, Alberto. **Filosofia da ciência e ensino de ciência: uma analogia**. Ciência e educação, v. 7, n. 2, p. 169-181, 2001.