

A aprendizagem conceitual acerca da condutividade elétrica das substâncias através de habilidades desenvolvidas pela experimentação

Conceptual learning about the electrical conductivity of substances through abilities developed by experimentation

Carlos Eduardo Pereira Aguiar

Universidade Federal do Amazonas-UFAM

pereiraaguiarc@gmail.com

Roberto Barbosa de Castilho

Universidade Federal do Amazonas-UFAM

bobcast@gmail.com

Resumo

O presente trabalho é um estudo baseado no emprego da experimentação como ferramenta estratégica para o processo de ensino-aprendizagem de Ciências e Química, em estudantes do 9º ano de uma escola pública do município de Manaus. O objetivo principal foi verificar se a experimentação poderia contribuir para um ensino que desenvolvesse habilidades, bem como, minimizasse os obstáculos epistemológicos, em discentes participantes da Olimpíada Brasileira de Química Júnior-OBQJr, acerca dos conceitos da condutividade elétrica dos materiais e substâncias presentes no cotidiano. A abordagem metodológica aplicada foi qualitativa, tendo como instrumento de coleta de dados questionários com questões abertas e fechadas e, cujo resultado demonstrou que a experimentação pode ser uma potencial ferramenta no desenvolvimento das habilidades necessárias à superação de obstáculos epistemológicos que dificultem uma aprendizagem efetiva dos conceitos químicos sobre o tema, potencializando a motivação e o interesse dos estudantes em participar ativa e criticamente das aulas de Química.

Palavras chave: Conhecimento científico, experimentação, habilidades, obstáculos epistemológicos.

Abstract

The present work is a study based on the use of experimentation as a strategic tool for the teaching-learning process of Science and Chemistry in students of the 9th grade of a public school in the city of Manaus. The main objective was to verify if the experimentation could contribute to a teaching that develops abilities, as well as, minimize the epistemological obstacles, in students participating in the Brazilian Junior Chemistry Olympiad-OBQJr, about

the concepts of electrical conductivity of the materials and substances present in daily life. The methodology applied was qualitative, having as a data collection tool questionnaires with open and closed questions and whose result showed that the experimentation can be a potential tool in the development of the necessary abilities to prevent epistemological obstacles that impede an effective learning of the concepts. On the topic, enhancing students' motivation and interest in participating actively and critically in chemistry classes.

Key words: Scientific knowledge, experimentation, abilities, epistemological obstacles.

Introdução

A prática educativa, no cotidiano escolar, tem mostrado que muitas das dificuldades de aprendizagem dos conceitos científicos, principalmente os fundamentais da Química, segundo relatos dos professores dessa disciplina, decorrem da falta de motivação e do desinteresse dos discentes. Essas observações, na sala de aula, são objetos de pesquisas científicas, que atribuem como possíveis causas alguns fatores extrínsecos como a falta de aulas mais prazerosas e envolventes como, por exemplo, as de atividades experimentais.

De acordo com Pinho-Alves (2000), a atividade experimental é bem aceita pela maioria dos professores que afirmam que o laboratório didático de Ciências, pode promover a motivação e despertar o interesse dos discentes, podendo contribuir com a aprendizagem conceitual, pois se trata de uma atividade muito rica e próspera para a aprendizagem dos estudantes. As vantagens de se utilizar as atividades experimentais no ensino de Química são ressaltadas pela literatura em inúmeros trabalhos (HIGA e OLIVEIRA, 2012; GIORDAN, 1999), ressaltando que deve relacionar os fenômenos a teorias que os explique e vinculadas à realidade do discente, conectando suas experiências prévias ao seu pensamento reflexivo (SILVA *et al*, 2010).

Cabe salientar que ao propor a experimentação como estratégia de ensino de Ciências e Química, deve-se atribuir-lhe a função de instrumento facilitador da construção e/ou ressignificação de conceitos e modelos, o que contribui com o desenvolvimento do conhecimento científico. De acordo com Gaston Bachelard (1996), o conhecimento científico não se desenvolve quando não se superam obstáculos intimamente enraizados no próprio ato de conhecer.

A experimentação e as competências e habilidades

Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais-PCN (BRASIL, 1998), Parâmetros Curriculares para o Ensino Médio-PCNEM (BRASIL, 1999) e Orientações Curriculares para o Ensino Médio-OCNEM (BRASIL, 2006), o ensino dos conteúdos de Química deve embasado em práticas experimentais direcionadas para o que ele já consegue fazer, com vistas ao desenvolvimento de competências e habilidades que o auxiliem na interpretação e resolução de problemas do mundo em que vive. Em conformidade com o que orientam os documentos oficiais o ensino deixa de ser centrado apenas no conhecimento (RICARDO; ZYLBERSZTAJN, 2002).

O desenvolvimento de competências e habilidades tem como objetivo capacitar os estudantes para a realização da leitura e interpretação de situações próximas à sua realidade, que face as suas complexidades, obrigam o sujeito a utilizar um pensamento complexo que o

auxilie na correção de eventuais problemas presentes no seu cotidiano (ZABALA e ARNAU, 2010). O pensamento complexo, referido pelos autores, constituído pelos princípios fundamentais do conhecimento científico, é responsável pelo chamado “agir competente”, que pode ser alcançado através da mediação pela experimentação. Santos e Schenetzler (1998) destacam que para tomar uma decisão, o cidadão precisa ter informações e capacidade crítica para decidir, avaliando os custos e benefícios dessa decisão.

A experimentação e os obstáculos epistemológicos

Os obstáculos epistemológicos, no ensino de Ciências e Química, têm estreita relação com as dificuldades de aprendizagem de conceitos científicos, pois os discentes trazem consigo, conhecimentos prévios ou comuns, sem nenhum caráter científico e que obstruem a sua formação conceitual.

Segundo Kummer (1999), o conhecimento comum é aquele que decorre das informações transmitidas a um indivíduo por um grupo social, de geração a geração, que se opõe à racionalidade da Ciência, pois é ametódico e não submetido a um estudo crítico. Diante disso, compreender que a Ciência evolui de forma descontínua, se torna imprescindível, enfatizando o embate entre a observação e a experimentação. O avanço do conhecimento depende da ruptura entre o conhecimento comum e o conhecimento científico (DOMINGUINI E SILVA, 2010).

A utilização da experimentação como uma das estratégias metodológicas, no ensino de Ciências e Química, pode contribuir na superação de obstáculos epistemológicos, como as generalizações, construídos pela experiência primeira que termina por produzir o que se denomina conhecimento comum ou prévio (BACHELARD, 1996). De acordo com Gomes e Oliveira (2007) quando o indivíduo faz uso de uma generalização, com o fim de facilitar sua compreensão acerca do real, refuta a busca por um conhecimento mais aprofundado, que dê sentido e precisão a certo fenômeno, conduzindo-o a uma natural desmotivação.

Neste estudo *o problema da pesquisa* teve como enfoque a necessidade de compreender a ocorrência e os fundamentos físico-químicos da condutividade elétrica, que permitisse o entendimento de muitos fenômenos que ocorrem cotidianamente na vida de um indivíduo, tais como a transmissão da eletricidade por meio de redes de alta tensão, a eletrólise e o entendimento do funcionamento de pilhas e baterias, necessários à formação de cidadãos críticos e conscientes, epistemologicamente e, cuja aplicação na resolução de problemas, depende da construção do seu conhecimento científico.

Diante do exposto, em um primeiro momento, este estudo, buscou averiguar as concepções dos estudantes acerca da condutividade elétrica e, em um segundo momento utilizar uma atividade experimental como uma ferramenta de promoção de discussões e apropriações de conceitos envolvidos na condutividade elétrica por parte dos estudantes. A partir das reações e dos registros dos estudantes, procurou-se verificar a eficiência ou não da experimentação como estratégia metodológica que auxilie a superar os obstáculos epistemológicos do conhecimento comum e apreensão de conceitos, a partir do momento em que, efetivamente e continuamente, seja aplicada em sala de aula.

Experimentação nos documentos oficiais e a Educação Escolar

Os documentos oficiais da educação básica norteiam que o ensino de Ciências da Natureza, onde está inserida a Química seja abordado sob o regime interdisciplinar, em conexão com a tecnologia e sociedade, com ênfase para a formação da cidadania com enfoque social contextualizado.

Ao contrário do que preconizam os citados documentos, nas escolas públicas, a experimentação não é vista como uma atividade fundamental para a formação do discente. A falta de laboratório de Ciências, a falta de tempo e o despreparo dos professores são justificativas comuns para não serem realizadas no ambiente escolar. Além disso, o professor e a escola entendem como necessidade, apenas, uma problematização e discussão dos conteúdos para a verbalização de conceitos (GIORDAN, 1999). Na possibilidade de realizar uma aula experimental, esta não deve ter uma abordagem demonstrativa e infalível.

Havendo a ocorrência de erro, este deve ser considerado por conter informações relevantes do fenômeno, pois aponta para novos procedimentos que determinem sua correção e, conseqüente redução de obstáculos epistemológicos. Segundo Kummer (1999) (*apud* DOMINGUINI E SILVA, 2010), fundamentado na teoria bachelardiana, ao se corrigir ou retificar o erro, chega-se à verdade, e a Ciência se mostrará viva, o que faz com que, a partir de então, todo o saber científico possa ser reformulado.

Segundo Silva *et al.* (2010), a experimentação deve estabelecer uma relação entre fenômenos e teorias, levando em conta a realidade do estudante, procurando estabelecer uma conexão entre as experiências cotidianas e o pensamento reflexivo. A atividade experimental não deve ser desvinculada de situações reais, por estimular e despertar o interesse dos discentes nos temas propostos pelos professores, que serão apenas os mediadores da atividade procedimental (ABRAHAM *et al.*, 2009).

Metodologia

O presente trabalho foi desenvolvido pelo pesquisador, na condição de representante de uma escola pública municipal da cidade de Manaus-AM, junto à coordenação da Olimpíada Brasileira de Química Júnior-OBQJr, em 2016, como parte das aulas de aprofundamento dos conteúdos de Química, para 18 (dezoito) estudantes, voluntários, de um total de 29 (vinte e nove), do 9º ano do Ensino Fundamental II, que apresentavam dificuldades de aprendizagem do conteúdo propriedades das substâncias iônicas, moleculares, metálicas e a condutividade elétrica.

A metodologia da pesquisa teve uma abordagem qualitativa e os dados foram coletados através de dois questionários, pré e pós a realização de um experimento. A partir do questionário pré, num primeiro momento, foi possível realizar o levantamento dos conhecimentos prévios, das dificuldades de aprendizagem e, ainda, identificar os possíveis obstáculos epistemológicos, porventura existentes.

Num segundo momento, foi realizada uma atividade experimental, a partir da construção de circuito elétrico, para investigar qual das substâncias/materiais permitiria a passagem da corrente elétrica. De acordo com Pinho-Alves (2000), numa abordagem investigativa, contrariamente à tradicional, o indivíduo participa ativamente, é motivado e desafiado a buscar respostas adequadas para um problema científico e tem a liberdade de

elaborar e testar hipóteses como tentativa de soluções.

O terceiro momento foi realizado com a aplicação do questionário pós, composto pelas duas questões discursivas do questionário pré, tendo como finalidade verificar se a atividade experimental teria sido suficiente para promover uma possível modificação dos conhecimentos dos estudantes e, de que forma ocorreu ou poderia ter ocorrido essa modificação. Não obstante, serviu, ainda, para sinalizar uma possível superação ou não obstáculos epistemológicos, casualmente, evidenciados no primeiro momento.

Os instrumentos de coleta (questionários), elaborados pelo pesquisador, foram compostos por questões fechadas e abertas, abordavam definições e situações acerca de circuito elétrico, corrente, intensidade e fluxo de corrente elétrica e da condução ou não da corrente elétrica em substâncias/materiais como: sal de cozinha, solução de sal de cozinha, sacarose, solução de sacarose, água de poço artesiano, ferro, plástico, água com sabão e urina. Em uma das questões fechadas os estudantes deveriam marcar a opção “conduz” ou “não conduz”, para cada uma das substâncias/materiais; nas abertas deveriam: 1) Explicar o porquê de algumas substâncias/materiais permitirem a passagem de corrente elétrica e outras não. 2) Descrever a condição quimicamente necessária para que houvesse a condução da corrente elétrica.

Resultados e Discussão

- Primeiro momento - Considerações das concepções iniciais dos estudantes sobre o tema.

O tema condutividade elétrica foi escolhido por contemplar alguns conceitos básicos de suma importância para a compreensão de dispositivos e circuitos elétricos, que permitem uma abordagem pautada no cotidiano dos discentes, a partir de uma introdução em nível fenomenológico e posterior discussão das formas mais microscópicas, sempre levando em consideração as relações intercambiáveis entre teoria e prática.

Os resultados obtidos através do questionário possibilitaram a identificação de importantes concepções cotidianas dos estudantes acerca do tema abordado. Dos dados das questões fechadas mereceram a nossa atenção as respostas dadas para o sal sólido, para a sacarose sólida, para a água de poço artesiano e para a urina, conforme mostra a tabela 1. Causou surpresa o fato de que a maioria dos estudantes identificar o sal sólido e a sacarose como condutores elétricos, o que demonstra que muitos dos discentes desconheciam suas características estruturais, além da pouca compreensão a respeito do fenômeno de condutividade elétrica.

Com respeito à condutividade da água, grande parte lhe atribui uma capacidade de condução elétrica. Este resultado foi tema de discussões entre os discentes, haja vista que alguns relataram terem visto nos filmes e em diversas atrações de TV, pessoas recebendo descargas elétricas quando se encontravam em banheiras cheias de água. Este é um reflexo da exposição a que os estudantes são submetidos em seu cotidiano, pois na grande maioria das vezes assimilam estas imagens sem entender realmente o motivo pelo qual isto ocorre. Com relação à urina, a minoria que supôs que a substância poderia permitir a passagem da corrente elétrica, possivelmente, o fez, não por entender e conhecer sua composição, mas por terem sido movidos a manifestar uma resposta efusiva, concebida a conhecimentos intuitivos e imediatos.

Tabela 1. Porcentagem de estudantes que responderam nas questões objetivas que as substâncias/materiais conduziram a corrente elétrica.

NaCl		Açúcar		Ferro	Plástico	Água(Poço)	Água (Sabão)	Urina
sólido	solução	sólido	solução					
72,2	33,3	50,0	50,0	94,4	16,7	77,8	77,8	11,1

A experiência com a realidade fenomenológica, segundo Bachelard, pode originar ideias que conduzem “o pensamento científico” para construções mais metafóricas do que reais, impedindo o pensamento abstrato, fundamental para o desenvolvimento do pensamento científico que, em consequência, pode se transformar num obstáculo à formação do conhecimento científico.

Evocando os obstáculos epistemológicos, a concepção dos estudantes acerca da condutividade elétrica da água pode ser categorizada, de acordo com o que Bachelard denominou de “Experiência Primeira”, onde um resultado passível de verificação macroscópica torna-se argumento para o estabelecimento de uma “Verdade”.

O obstáculo da experiência primeira aparece como um eterno obstáculo inicial a cultura científica pelo fato de

oferecer uma satisfação imediata à curiosidade, de multiplicar as ocasiões de curiosidade, em vez de benefício pode ser um obstáculo para a cultura científica. Substitui-se o conhecimento pela admiração, as ideias pelas imagens. (BACHELARD, 1990, apud PARENTE, p. 36, 1990).

- Segundo momento – Atividade experimental de condutividade elétrica.

Após discussões, tentativas e erros, 04 (quatro) estudantes montaram o circuito teste para verificar a condutividade elétrica nos materiais/substâncias. Nesta etapa da pesquisa, os estudantes puderam entender o conceito de circuito elétrico aberto e fechado, bem como a função de um interruptor de luz, do botão liga/desliga dos eletrodomésticos. O teste de condutividade foi relevante para desfazer algumas crenças e generalizações que culminaram em obstáculos inerentes à “Experiência Primeira”, a respeito da energia elétrica e de sua condutibilidade por parte da matéria, particularmente em relação à água de poço artesiano, conforme discutido no primeiro momento. Além disso, colaborou com a apreensão do conhecimento sobre o movimento dos elétrons, com o desenvolvimento de habilidades concernentes aos esquemas elétricos e às características das substâncias/materiais analisados.

Realização da atividade experimental sobre eletricidade: i) Discussão e montagem de um circuito elétrico pelos estudantes; ii) Teste de condutividade elétrica dos materiais.



Figuras 1 e 2 – Montagem do circuito



Figuras 3 e 4- Teste de condutividade elétrica

- Terceiro momento – Considerações das concepções finais dos estudantes sobre o tema.

Em termos das explicações dos educandos sobre o porquê algumas substâncias/materiais permitiriam a passagem da corrente elétrica e outras não, em cada situação proposta no questionário, foram organizadas quatro categorias das respostas obtidas. Para a categorização, levou-se em conta o significado das respostas dadas pelos discentes, uma vez que são poucos os trabalhos que abordam o tema condutividade elétrica, como mostrado a seguir.

Categoria 1 - Condução de energia/eletricidade – Nesta categoria incluíram-se as respostas mais simples, as quais se limitaram a afirmar que a condição para a transmissão ocorreria, exclusivamente, pela condução de energia/eletricidade dos materiais, não fazendo inferência do porque disso.

“Por ser substâncias que conduzem energia.”

“Devido a condução de eletricidade.”

As respostas mais simples e de maior ocorrência (77,8%) ocuparam esta categoria 1. O grande número dos estudantes que simplesmente respondeu a questão atribuindo à capacidade de permitir a passagem de corrente, tão somente à condução de energia/eletricidade, refere-se à manifestação de conhecimentos intuitivos e imediatos, que imobilizam o pensamento e fornecem respostas evasivas e gerais a qualquer questionamento (ANDRADE e FERRARI, 2002). Bachelard chamou tais ideias de “conhecimento geral”, pois são indicativos de uma visão superficial e fragmentada do tema por parte dos estudantes, que na maioria das oportunidades não concebem o significado dos termos usados.

Categoria 2 – Condução de energia/eletricidade promovida por cargas elétricas – Nesta categoria foi referida a existência de cargas que facilitam a condução da eletricidade sem, no entanto, mencionar quais são e o que são as referidas cargas.

“As substâncias que conduzem a corrente elétrica possuem cargas, já as não condutoras não possuem cargas.”

“Devido ao movimento das cargas elétricas.”

Nesta categoria, 11,1% dos discentes dissertaram que a capacidade de transmissão da corrente se devia à presença de cargas capazes de permitirem a condução de eletricidade. Apesar disso, que o conhecimento dos estudantes não sustenta de maneira sólida o significado do termo “carga”, tão importante ao estudo do fenômeno de condutividade. Em decorrência, da falta de uma interpretação e discussão destes conhecimentos, estes culminam em intuições, através das quais os estudantes concebem uma teoria desprovida de questionamentos e meramente superficial.

No século XVIII, segundo exemplifica Bachelard, a noção de eletricidade embasada em uma primeira visão empírica, não retratava exatamente os fenômenos. Esta afirmação é decorrente de estudos empíricos realizados por Joseph Priestley sobre a eletricidade, em 1768 e, que citada por Bachelard (1996, p. 38) mostra bem a realidade da época:

Se alguém chegasse a prever a condução elétrica por meio de algum raciocínio, teria sido considerado um gênio.

Categoria 3 - Classificação das cargas elétricas em elétrons e íons – Incluiu-se nesta categoria as respostas que especificavam os tipos de cargas existentes, embora sem uma diferenciação entre “cargas”, “íons” e “elétrons”, mas que explicavam a permissão da passagem da corrente elétrica com base na existência de cargas elétricas.

“Os elétrons fluem fazendo com que se sinta a eletricidade.”

“Os materiais condutores tinham cargas positivas e negativas, e os que não conduzem não tinha íons.”

Nesta categoria, a quantidade de estudantes (11,1%) que condicionou a condução de eletricidade à existência de íons ou elétrons, não demonstraram conhecer os conceitos aqui discutidos. Novamente pode-se evidenciar uma confusão entre os termos cargas e elétrons, demonstrando uma visão fragmentada dos conceitos, provocada pelo emprego equivocado dos termos químicos. Essa situação não é exclusiva dos estudantes, pois comumente os livros descrevem a corrente elétrica como “movimento/fluxo de cargas elétricas” e, muitas vezes, não deixam claro o que são estas cargas.

O obstáculo percebido é conhecido por “obstáculo verbal”, ou seja, associado à linguagem, que decorre da retirada de conceitos científicos do contexto histórico, limitando-o a definições restritas. O não conhecimento da gênese histórica dos conceitos, ou não preocupação com os erros, induzirão os estudantes a não explicitarem seu processo de construção dos conceitos. Portanto, além de um problema epistemológico, o uso dos termos cargas e elétrons como sendo intercambiáveis são equívocos conceituais que podem ser induzidos nos estudantes pelo fato de não se explicitar o processo histórico de construção dos conceitos (Lopes, 1996).

Categoria 4 - Condução de energia/eletricidade devido a presença de íons em solução e de elétrons em materiais sólido – As respostas de maior grau de complexidade conceitual, ainda que no primeiro momento metodológico não se tenha evidenciado nenhuma, poderiam ser classificadas nesta categoria.

Em relação à categoria mais elaborada conceitualmente, se verificou que antes da atividade experimental nenhum dos discentes foi capaz de descrevê-la apropriadamente. Aliada à complexidade dos conhecimentos mais profundos acerca do fenômeno, a maior dificuldade apresentada foi à incapacidade de organização e explicitação clara das ideias.

Considerações em relação à aprendizagem.

Os dados sugerem que pode ter ocorrido aprendizado dos conteúdos fundamentados e discutidos, apesar dos obstáculos epistemológicos e o possível desenvolvimento de suas habilidades com relação à condutividade ou não da eletricidade, pois a experimentação demonstrou claramente quais seriam ou não os condutores. Há indicadores de possível mudança conceitual, com possível redução dos efeitos da experiência primeira, pois a atividade experimental foi realizada com questionamentos sistemáticos durante cada passo do procedimento.

No que tange aos conhecimentos conceituais quanto à condição necessária para a facilitação do fluxo de elétrons, pode-se observar uma melhoria na apreensão do conteúdo e, ainda que não tenha sido unânime, entendeu-se que a atividade experimental atendeu, em grande parte, às expectativas quanto à promoção de um aprendizado relevante dos conceitos químicos.

Vale destacar aqui o discurso verbal de um dos estudantes, quando observou o acendimento da lâmpada, após a introdução dos terminais na urina:

“Professor se lâmpada acendeu ao testar a urina, então ela é uma substância iônica! Logo nós somos iônicos, e está explicado porque levamos choque ao tocar em fios descascados ou ao recebermos uma descarga elétrica!”

Diante dessa afirmação, pode-se perceber que, embora não esteja adequada quanto ao conhecimento dito como científico, demonstra que o estudante compreendeu que a passagem da corrente elétrica, está diretamente ligada à presença de íons nas substâncias não metálicas, e permitiu ao discente compreender a razão pela qual o nosso corpo está propenso às descargas elétricas, inclusive permeando conhecimentos que o leve à prevenção de situações perigosas envolvendo a eletricidade.

Considerações finais

Primeiramente, inferimos que a pesquisa foi suficiente para revelar que a maioria dos estudantes demonstrou muito interesse e curiosidade pelos fenômenos estudados em Química, chegando a se mostrarem ansiosos pelas aulas de aprofundamento para a OBQJr, haja vista que devido a ausência de um laboratório de Ciências na escola, as aulas ministradas pelo professor da disciplina ocorriam sob a forma tradicional.

Secundariamente, uma segunda inferência pode ser destinada aos resultados da pesquisa. Em um primeiro instante se poderia dizer que o conhecimento dos discentes acerca da condutividade elétrica evoluiu após a atividade realizada, o que era o objetivo maior do trabalho. Basicamente o que pode ser inferido é que a abordagem experimental influenciou numa construção mais crítica do conhecimento e, os estudantes foram capazes de elaborar uma visão bem mais completa do fenômeno, abandonando em parte a superficialidade do início. Alguns até apresentaram ideias bem próximas das aceitas cientificamente.

Entretanto, os resultados também mostram que uma parte dos estudantes não compreendeu por completo o fenômeno de condução elétrica, devido a dificuldades na compreensão de outros conceitos e na organização das ideias já possuídas. Diante do exposto, sugerimos que a abordagem da condutividade elétrica, seja desenvolvida por práticas experimentais alicerçadas por enfoques históricos e, principalmente, pautadas em perguntas e discussões. O presente trabalho também serve de parâmetro para a continuidade do estudo, o qual buscará sanar as lacunas conceituais ainda existentes nos estudantes após esta pesquisa.

Agradecimentos

Ao gestor, ao professor de Química e aos discentes da escola pública.

Referências

ABRAHAM, M. R. *et al.* The nature and state of general chemistry laboratory courses offered by colleges and universities in United States. *Journal of Chemical Education*, v. 74, n. 5, p. 591-594, 1997.

ANDRADE, B.L.; FERRARI, N. As analogias e metáforas no ensino de ciências à luz da epistemologia de Gaston Bachelard. **Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências**, v.2, n. 2, dez., 2002.

BACHELARD, G. *A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento*. 2ª reimpressão. Contraponto: Rio de Janeiro, 1996.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências Naturais**. Brasília: MEC/SEF, 1998.

_____. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Brasília: MEC/SEMTEC, 1999.

_____. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC/SEB, 2006.

DOMINGUINI, L.; SILVA, I. B. da. Obstáculos à construção do espírito científico: Reflexões sobre o livro didático. In: V CINFE, Caxias do Sul, RS, Maio 2010.

GIORDAN, M. O papel da experimentação no ensino de ciências. **Química Nova na Escola**, Rio de Janeiro, nr 10, p. 46, 1999.

GOMES, H. J. P.; OLIVEIRA, O. B. de. Obstáculos epistemológicos no ensino de ciências: um estudo sobre suas concepções de átomo. **Ciência & Cognição**, Ano 04, v. 12, Dez 2007. Disponível em: www.cienciaecognicao.org. Acesso em: 21 de março, 2016.

HIGA, I.; OLIVEIRA, O. B. de. *A experimentação nas pesquisas sobre o ensino de Física: fundamentos epistemológicos e pedagógicos*. Educar em Revista, Curitiba, Brasil, n. 44, p. 75-92, abr/jun, 2012. Editora UFPR

KUMMER, T. **Conhecimento, conhecimento científico e conhecimento do senso comum**. Revista Roteiro, Ed. UNOESC: v. 22, n. 42, p. 45-56, 1999.

LOPES, A.R.C. Potencial de Redução e Eletronegatividade: Obstáculo Verbal. **Química Nova na Escola**, n. 4, p. 21-23, nov., 1996.

PARENTE, L.T.S. **Bachelard e a Química no ensino e na pesquisa**. 1ª ed. Fortaleza: Ed. da Universidade Federal do Ceará/Stylus Publicações, 1990.

PINHO-ALVES, J. F. Regras da Transposição Didática Aplicadas ao Laboratório Didático. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v.17, n. 2, p.174-182, 2000.

PRIESTLEY, J. Familiar to the Study of Electricity. Londres: J. Dodsley; T. Cadell; Johnson e Payne, 1768.

RICARDO, E.C.; ZYLBERSZTAJN, A. O ensino das ciências no nível médio: um estudo das dificuldades da implementação dos parâmetros curriculares nacionais. *Cad.Bras. Ens. Fís.*, v. 19, n. 3:p. 351-370, dez, 2002.

SANTOS, W. L. P. dos; SCHNETZLER, R. P. Ciência e educação para a cidadania. In: CHASSOT, A.; OLIVEIRA, R. J. (Orgs.). *Ciência, ética e cultura na educação*. São Leopoldo: Editora Unisinos, 1998. p.255-270.

SILVA, R. R.; MACHADO, L. P. F.; TUNES, E. Experimentar sem medo de errar. In: SANTOS, W. L.; MALDAMER, O. A.: (Org.). *Ensino de Química em foco*. Ijuí (RS): Unijuí. p. 231-261, 2010.

ZABALA, A.; ARNAU, L. Como aprender e ensinar competências. Tradução Carlos Henrique Lucas Lima, Porto Alegre, Artmed, 2010. 197p.