



“Chuva Ácida: escape se souber!”: Proposta de experimentos problematizadores para o Ensino de Química

Lucicléia Pereira da Silva (PQ)^{1,2*}, Everton Bedin (PQ)², Natany Dayani de Souza Assai (PQ)^{2,3} *lucicleia.silva@uepa.br

¹Programa de Pós-Graduação em Educação e Ensino de Ciências na Amazônia (PPGEECA-UEPA).

²Programa de Pós-Graduação em Educação e Ensino de Ciências e Matemática (PPGECM-UFPR).

³Docente no Departamento de Química da Universidade Federal Fluminense (UFF).

Palavras-Chave: Experimentação, Três momentos pedagógicos, Escape Room.

Área Temática: Experimentação no Ensino.

RESUMO: Neste artigo, apresenta-se uma proposta para o desenvolvimento de experimentos problematizadores em cursos de licenciatura em química, considerando o aprofundamento conceitual e metodológico requerido para o ensino superior, partindo de concepções e estratégias formuladas no campo da educação química. Para isso, foi produzido um *escape room* pedagógico portátil (ERPP) sobre o tema chuva ácida, constituído por quatro fases, sendo que três são compostas por experimentos que exploram a formação e os danos provocados em diferentes ecossistemas. Durante a realização dos experimentos, os participantes conduziram em equipe e de forma dialógica a resolução das situações problema elaboradas, mobilizando conhecimentos conceituais, procedimentais e atitudinais à luz dos níveis de compreensão dos conhecimentos químicos trabalhados em disciplinas teóricas e experimentais que estejam cursando/tenham cursado na graduação. Nessa perspectiva, a proposta coaduna com os pressupostos da teoria freireana que fundamentam e inspiram o planejamento e a aplicação da experimentação problematizadora.

INTRODUÇÃO

Na formação inicial de professores de Química, a experimentação ainda é compreendida por muitos, especialmente por formadores que ministram disciplinas teóricas e experimentais, denominadas específicas, como uma forma de comprovar a teoria na prática. Essa linha de pensamento encontra-se fundamentada em uma filosofia positivista, que defende a ideia de que o conhecimento científico deriva de uma lógica empirista.

Frezza e Pastoriza (2021) analisaram discursos sobre a experimentação na formação de professores de Química. Eles observaram que, no Ensino Superior (ES), a função desses educadores está vinculada à abordagem de conceitos científicos, os quais dependem de um laboratório equipado e sofisticado para que os docentes possam discutir conhecimentos do "meio científico", ideia reforçada na obra de Latour e Woolgar (1997). Ainda nesse sentido, Frezza e Pastoriza (2021) destacam que essa perspectiva reducionista caracteriza a Química como uma ciência reificada, na qual a experimentação é essencial para tornar concretos e palpáveis os conceitos abstratos, reforçando práticas que comprovam e sustentam a supremacia da teoria.



Corroborando com tais apontamentos, Gonçalves e Marques (2016) reforçam que em diferentes estudos identificaram a mesma concepção acerca da finalidade da experimentação no processo de formação de professores em cursos de licenciatura da área de Ciências da Natureza, e sugerem que para superá-la é necessário que formadores e pesquisadores do campo da Educação Química, ao reconhecer as ideias empírico-indutivistas dos graduandos, estruturarem atividades que possibilitem a problematização de conhecimentos baseadas em diferentes concepções de educação, como a progressista de Paulo Freire.

A adoção dos ideais de Paulo Freire no ensino de Ciências, e em especial no ensino de Física e Química, origina-se de preocupações e reflexões de educadores e de pesquisadores que advogam em favor de uma educação na qual os conhecimentos sejam aprendidos e problematizados, em contraposição a uma formação tecnicista e bancária (GONÇALVES; MARQUES, 2016). Desse modo, acredita-se que a aprendizagem acontece em um processo contínuo de formulação e reformulação de saberes construídos pelos estudantes ao lado de professores que atuam como mediadores no processo (FRANCISCO JR; FERREIRA; HARTWIG, 2008).

Delizoicov e Angotti (1990), Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002) e Delizoicov (2008) propuseram a metodologia conhecida como três Momentos Pedagógicos (3MPs), baseada na teoria freireana. Essa abordagem é composta pelas etapas de Problematização Inicial (PI), Organização do Conhecimento (OC) e Aplicação do Conhecimento (AC). Os 3MPs têm sido amplamente utilizados em diversos contextos e níveis de ensino, pois favorecem uma melhor compreensão e assimilação dos conteúdos pelos estudantes, proporcionando um ensino de Química mais efetivo (CRESTANI; LOCATELLI; FREITAS GOMES, 2017).

Na PI, são apresentadas questões para fomentar a discussão em torno de situações reais, desafiando os educandos a expressarem o que pensam/sabem sobre o objeto em estudo. Neste primeiro momento, cabe ao professor questionar e lançar dúvidas ao invés de responder e fornecer explicações. Para a OC, o mediador sistematiza os conhecimentos científicos abordando definições, conceitos e relações necessárias para compreensão do tema e da PI, orientando, deste modo, no processo de compreensão, auxiliando para uma melhor interpretação dos fenômenos e situações estruturadas. A última etapa refere-se à AC, onde o educador cria estratégias para que o educando exponha os conhecimentos construídos incorporados, que os permita analisar e interpretar as situações iniciais trabalhadas, assim como outras que possam ser compreendidas pelo mesmo conhecimento (DELIZOICOV; ANGOTTI, 1990; DELIZOICOV, 2008).

No contexto de atividades experimentais, Francisco Jr., Ferreira e Hartwig (2008) exploram os 3MPs, propondo fundamentos teóricos e práticos para a aplicação em aulas de Ciências, nas quais se respeitem os conhecimentos sobre o mundo que os educandos possuem e os integrem de forma indissolúvel à leitura, escrita e à fala no processo de discussão conceitual dos experimentos. Para os autores, a condução

de uma atividade experimental problematizadora precisa “propiciar aos estudantes a possibilidade de realizar, registrar, discutir com os colegas, refletir, levantar hipóteses, avaliar as hipóteses e explicações, discutir com o professor todas as etapas do experimento” (FRANCISCO JR.; FERREIRA; HARTWIG, 2008, p. 36).

Gonçalves e Marques (2016) afirmam que tanto a experimentação na forma de conteúdo discutido no campo da formação de professores quanto os conteúdos abordados via atividades experimentais podem ser adotados como objeto de problematização na vertente freireana. Nesse viés, foi elaborada uma proposta de experimentos problematizadores sobre o tema chuva ácida, que foram estruturados a partir dos 3MPs e desenvolvidos por intermédio de um *Escape Room* Pedagógico Portátil (ERPP)¹, sala de fuga com viés didático, seguindo orientações de Cleophas e Bedin (2023).

Diante do exposto, o objetivo desse artigo consiste em apresentar de forma detalhada os experimentos realizados, tecendo algumas considerações em torno dos pressupostos freireanos articulados e discutidos *a priori*, no intento da mobilização dos conteúdos atitudinais, procedimentais e conceituais à luz dos níveis de compreensão dos conhecimentos químicos. Ademais, o ERPP foi aplicado em duas Instituições de Ensino Superior (IES) com diferentes grupos de bolsistas do Programa Residência Pedagógica (PRP) e do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID), e que os dados provenientes dos instrumentos avaliativos aplicados aos participantes serão analisados futuramente e os resultados apresentados em novas produções.

EXPERIMENTOS PROBLEMATIZADORES E A MOBILIZAÇÃO DE CONTEÚDOS CONCEITUAIS, PROCEDIMENTAIS E ATITUDINAIS

O movimento de organização e planejamento do ERPP foi pensado para que o educando seja capaz de mobilizar durante os experimentos problematizadores, (Figura 1) os conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais relativos ao ensino da Ciências (POZO; CRESPO, 2009) à luz dos níveis representacionais da química (JOHNSTONE, 1991).



Figura 1: Representação do processo de mobilização pelos educandos.
Fonte: Os autores.

¹ Disponível em: <http://bit.ly/3EVCzlu>

Em linhas gerais, os conteúdos conceituais referem-se a fatos e/ou dados, conceitos e princípios; os procedimentais preveem o uso de técnicas e estratégias que auxiliem na resolução de um dado problema e os atitudinais envolvem atitudes, normas e valores necessários à tomada de decisão (POZO; CRESPO, 2009).

Na proposta, ora apresentada, estes conteúdos serão mobilizados na medida em que os educandos transitam, durante a execução dos experimentos, entre os níveis macroscópicos, que permitem a observação e o reconhecimento de evidências relativas a um dado fenômeno em análise; submicroscópico, constituído pelos modelos teóricos elaborados para compreensão das diferentes interações entre as entidades químicas (átomos, íons, moléculas) e simbólico, na representação de fenômenos em uma linguagem química universal, com emprego de símbolos, fórmulas, equações químicas e relações matemáticas (JOHNSTONE, 1991).

APRESENTANDO A TEMÁTICA, A SALA DE FUGA E A ORGANIZAÇÃO DAS ETAPAS DO ERPP SEGUNDO OS 3MPS

O tema “chuva ácida” foi definido como objeto de estudo para o ERPP por permitir que o professor de Química explore uma gama de diferentes conceitos em suas aulas, os quais podem ser contextualizados a partir de aspectos ambientais, científicos, econômicos, tecnológicos, sociais e políticos, assim como, possibilitar a diversificação no uso de estratégias de ensino. Desse modo, os experimentos propostos podem ser desenvolvidos nos cursos de graduação em componentes curriculares de caráter experimental ou que discutam metodologias para o Ensino de Química, relacionando de forma integrada aspectos teóricos e práticos partindo da realidade do educando, trabalhando questões inerentes à formação docente.

O ERPP é constituído por quatro fases, intituladas: 1- Ácidos formadores de chuva ácida; 2- Correção de solos ácidos; 3- Acidificação dos oceanos; 4- Análise de pH da água da chuva acidificada com H_2SO_4 . Para cada uma fase, foi montado um kit com diferentes materiais. A título de esclarecimento, o primeiro, contém conjuntos de modelos moleculares, sendo que o seu uso não será abordado neste artigo, cujo enfoque são os experimentos problematizadores. O ambiente caracterizado como sala de fuga foram os laboratórios de química das IES (Figura 2).



Figura 2: Armários organizados nos laboratórios das IES. Fonte: Os autores

A condução das fases do ERPP seguiu as etapas dos 3MPs, partindo da **problematização inicial**: “Você sabia que a chuva é naturalmente ácida, e que diversas ações humanas produzem gases que acidificam as águas que caem do céu, prejudicando os diferentes ecossistemas terrestres? Sabia que é possível simular a formação da chuva ácida no laboratório e discutir sobre os danos provocados no meio ambiente?”.

Para a **organização do conhecimento**, foi apresentado o *podcast* “A química da chuva ácida” do programa Brasil Escola, com duração de 10 minutos. No áudio são abordados o processo de formação, relacionando os valores de pH da água da chuva acidificada naturalmente e por intervenções antropogênicas.

O *podcast* aborda sobre os principais óxidos formadores e ácidos produzidos, descrevendo as fontes de emissão, situando os ouvintes sobre os danos ambientais que a chuva ácida provoca em diferentes ecossistemas, sejam atmosfera, hidrosfera e litosfera. Nesse primeiro momento, os graduandos, em grupos, foram orientados a reproduzir o *podcast* pelo celular e registrar pontos importantes que auxiliassem na interpretação das situações problema exploradas em cada experimento (Figura 3).



Figura 3: Reprodução do *podcast* pelos graduandos. Fonte: Os autores.

Na **aplicação do conhecimento**, em cada fase do escape, ocorreu o **momento experimentação** (Figura 4), no qual foram apresentados os enunciados com a indicação dos respectivos *kits* usados para execução dos experimentos (sem roteiros). Associados à leitura, a interpretação de textos e a resolução de questões que exploram aspectos submicroscópicos e simbólicos da química, via teorias, equações e cálculos matemáticos, eles auxiliam os graduandos no desenho do procedimento experimental, permitindo assim, a observação dos aspectos macroscópicos, os registros e as discussões sobre o fenômeno em estudo, integrando, desse modo, os três níveis do conhecimento químico.

² Disponível em: <https://1nk.dev/qtl19>

<p>MOMENTO EXPERIMENTAÇÃO 1</p> <p>Com os materiais no kit 2, façam o experimento 1. Realizem a separação da mistura preparada e verifiquem o valor de pH da fração líquida coletada. De posse da informação, tomem uma decisão, explicando-a abaixo, se farão ou não a calagem da amostra de solo analisada. Não esqueçam de informar o nome da técnica de separação adotada e a relação de materiais e substâncias usadas.</p> <p>MOMENTO EXPERIMENTAÇÃO 2</p> <p>Dispondo os materiais do kit 3 na bancada, executem o experimento 2, simulando consequências da acidificação dos oceanos para a vida marinha. Com base nas evidências observadas e a relação dessas com o texto anterior, explique o fenômeno de forma teórica e simbólica, por meio da teoria de equilíbrio químico. Para as equações químicas, considerem o ácido formado com a dissolução do CO_2 ant. Não esqueçam de anotar o nome das vidrarias e dos reagentes usados.</p>	<p>MOMENTO EXPERIMENTAÇÃO 3</p> <p>Com os materiais no kit 4, façam a análise de uma amostra de 25mL de água da chuva acidificada com óxidos de enxofre e determinem o pH, realizando uma titulação com uma base forte. Registrem no espaço abaixo o nome das vidrarias, reagentes e indicador utilizado, assim como a coloração observada. Expliquem suas observações de forma teórica e representacional.</p>
---	--

Figura 4: Situações Problema apresentadas na etapa de Aplicação do Conhecimento. Fonte: Os autores.

Assevera-se que nos kits não são informados o nome de reagentes, vidrarias e equipamentos, pois espera-se que, de forma dialógica, os graduandos definam a maneira como conduzir os experimentos, tomando decisões, inclusive sobre as quantidades de reagentes/amostras que irão utilizar para análise. Nessa perspectiva, pretende-se estimular o resgate de conhecimentos prévios, a tomada de decisão e a criatividade, conduzindo o processo de codificação-problematização-descodificação freireano (FREIRE, 2011) por conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais.

APLICAÇÃO DO CONHECIMENTO: MOMENTO EXPERIMENTAÇÃO DA FASE 2- CORREÇÃO DE SOLOS ÁCIDOS

Para a realização do primeiro experimento, apresentado na fase 2 do ERPP, foi problematizada a acidificação de solos a partir de um texto que aborda algumas propriedades de solos tropicais, como ausência de minerais primários e secundários responsáveis pela reposição de bases, imprimindo ao solo caráter ligeiramente ácido; sendo suscetível a um aumento da acidez por intermédio da precipitação de chuvas ácidas, prejudicando o plantio de alguns cultivares. No texto, são apresentadas informações sobre a técnica de calagem, ilustrada por uma imagem, empregada por agricultores que fazem a neutralização dos solos com uso de Óxido de Cálcio (CaO) ou Carbonato de Cálcio (CaCO_3), quando estes apresentam pH abaixo de 5,5.

O experimento proposto solicitava que os graduandos analisassem uma amostra de solo e tomassem a decisão sobre a necessidade de fazer ou não a correção do pH (Figura 5), empregando a técnica da calagem. O kit 2, usado para execução desse experimento, é constituído por um sistema heterogêneo de solo e água destilada, preparado com 24h de antecedência, um funil simples, papel de filtro, bquer, espátula, bastão de vidro, placa de petri, pisseta com água destilada, argola para funil, suporte universal, papel de pH universal, $\text{CaCO}_3(s)$ e amostra de solo, seca previamente em estufa.



Figura 5: Realização do experimento problematizador 1. Fonte: os autores.

Durante o experimento 1, os graduandos procederam com a interpretação e a compreensão do problema a partir da leitura do texto introdutório e os enunciados apresentados, exercitando, nesse momento, conteúdos atitudinais e procedimentais na seleção, na organização de informações e partilha de conhecimentos prévios sobre conteúdos conceituais referentes à teoria ácido-base de Arrhenius. Além disso, os educandos transitaram pelos níveis submicroscópico e simbólico, dialogando e representando no plano teórico por meio de equações químicas, a provável interação entre as diferentes substâncias envolvidas no processo de neutralização do ácido nítrico (HNO_3), formador da chuva ácida no problema apresentado, pelo carbonato de cálcio.

Em um segundo momento da atividade, foram empregados pelos graduandos conteúdos procedimentais na seleção e organização de informações importantes para definição e condução do método de separação de sistemas heterogêneos por filtração simples, seguida da análise do valor de pH pela introdução do papel universal na amostra de água filtrada, transitando pelo nível macroscópico. No terceiro momento, ocorreu a movimentação de conteúdos atitudinais com a tomada de decisão do grupo em não proceder a calagem da amostra de solo. Os conteúdos atitudinais permearam em todo o processo de interação dialógica entre os sujeitos dos grupos, quando, por exemplo, expuseram seus conhecimentos prévios e promoveram a escuta sensível entre eles, exerceram a solidariedade e a cooperação para encontrar a solução do problema.

APLICAÇÃO DO CONHECIMENTO: MOMENTO EXPERIMENTAÇÃO DA FASE 3- ACIDIFICAÇÃO DE OCEANOS

Para a realização do segundo experimento, apresentado na **fase 3** do ERPP, o tema foi problematizado por meio de um texto compilado do site da Rede Brasileira de Pesquisa em Acidificação de Oceanos. No texto, são apresentados dados percentuais sobre a evolução da emissão de Dióxido de Carbono ($\text{CO}_{2(g)}$) desde a Revolução Industrial, e como os oceanos atenuam o efeito estufa no planeta. Discorre sobre como as altas concentrações de $\text{CO}_{2(g)}$ antropogênico, produzido durante décadas, se dissolve nas águas oceânicas e elevam o seu pH, alterando o equilíbrio químico das águas marinhas, afetando as condições de sobrevivência de organismos que produzem conchas e outras estruturas calcárias, como moluscos e corais,



reduzindo a biodiversidade e gerando impactos econômicos relacionados com a pesca e o turismo.

De posse do *kit 3*, os graduandos deveriam simular a acidificação do oceano pela produção de $\text{CO}_{2(g)}$, explicando como o equilíbrio químico é alterado no ecossistema, provocando a corrosão das estruturas calcárias. O *kit* é composto por um pedaço de 25cm de mangueira transparente com diâmetro que conecta a um kitassato de 250mL, rolha para o kitassato, espátula, frasco de 100mL com gotejador e tampa, vidro de relógio, erlenmeyer de 50mL, 100mL de vinagre branco, 8g de Bicarbonato de Sódio (NaHCO_3), 1 concha do mar pequena, papel de tornassol azul (Figura 6).



Figura 6: Realização do experimento problematizador 2. Fonte: os autores.

Com a interpretação e a compreensão do problema a partir da leitura do texto introdutório e enunciados referentes ao experimento 2, observou-se que ocorreu, primeiramente, a manifestação de conteúdos atitudinais e procedimentais na seleção, organização de informações e compartilhamento de ideias prévias, necessárias para a realização da simulação e da observação no plano macroscópico dos efeitos da acidificação das águas oceânicas sobre as espécies marinhas. Para explicação no plano teórico, foram mobilizados conteúdos conceituais relativos à teoria do equilíbrio químico, com destaque ao princípio de Le-Chatelier, momento em que os graduandos transitaram pelos níveis submicroscópico e simbólico, respectivamente, na tentativa de representar o fenômeno via equação química do deslocamento de equilíbrio que ocorre no ecossistema marinho.

APLICAÇÃO DO CONHECIMENTO: MOMENTO EXPERIMENTAÇÃO DA FASE 4 - ANÁLISE DE PH DA ÁGUA DA CHUVA ACIDIFICADA

No último experimento, apresentado na **fase 4** do ERPP, foi disponibilizado para a problematização um vídeo autoral, sem áudio/explicação, simulando o processo de acidificação de uma amostra de água da chuva com óxidos produzidos a partir da queima de Enxofre ($\text{S}_{(s)}$). A reação foi realizada em um recipiente fechado. A água da chuva para acidificação deve ser coletada previamente pelo professor e verificado o valor de pH com o auxílio de um medidor de pH portátil ou de bancada.



No experimento 3, o problema consiste em descobrir o valor do pH da amostra de água da chuva acidificada em laboratório, realizando uma titulação com uma base forte de concentração conhecida (Figura 7). Para isso, os graduandos receberam o *kit* 3, constituído por um suporte universal, pinça para bureta, pipetador manual pi-pump, bureta de 10mL, pipeta volumétrica de 25mL, 100mL de amostra de água da chuva acidificada com óxidos de enxofre formados (SO_2 , SO_3), 100mL de Hidróxido de Sódio ($\text{NaOH}_{(aq)}$) 0,1 mol/L; 50mL de fenolftaleína.



Figura 7: Realização do experimento problematizador 3. Fonte: os autores.

Ao assistirem ao vídeo simulando o processo de acidificação de uma amostra de água da chuva, os graduandos empregaram, assim como nos dois primeiros experimentos, conteúdos atitudinais, compartilhando conhecimentos prévios sobre titulação e trabalhando de forma colaborativa para definir os procedimentos necessários para a execução correta da técnica, assim como na observação do fenômeno de neutralização de um ácido forte por uma base forte, transitaram pelo nível macroscópico. Com o registro dos dados obtidos, foram impulsionados a relacionar os conteúdos conceituais sobre o princípio de equivalência. Os graduandos percorreram pelo nível simbólico, aplicando fórmulas matemáticas para a resolução do problema apresentado, calculando o valor de pH da amostra de água disponibilizada para análise.

CONSIDERAÇÕES SOBRE AS POTENCIALIDADES DOS EXPERIMENTOS PROBLEMATIZADORES

A proposta de Experimentação Problematizadora estruturada conforme os 3MPs, baseada na teoria de Paulo Freire, permitiu articular teoria e prática a partir da realidade do educando, trabalhando aspectos didáticos que transcenderam o rigor estabelecido em laboratórios da academia.

Durante a condução dos experimentos, o objeto de estudo, “chuva ácida”, foi explorado com aprofundamento requerido para os cursos de graduação. Observou-se a mobilização de conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais necessários para resolver os problemas apresentados em cada fase do ERPP. A adoção dos pressupostos freireanos despertou a curiosidade epistemológica nos graduandos, que se sentiram desafiados a realizar experimentos sem um roteiro-guia. Isso levou a um processo dialógico em grupo, estimulando a criatividade e exercitando habilidades de leitura, interpretação de texto e escrita, fundamentais para a construção de conhecimentos científicos.



Como potencialidades da proposta elaborada, há a formulação de hipóteses sobre situações problema reais e a busca por respostas que permitiu aos graduandos exercitarem simultaneamente os três níveis do conhecimento químico, sejam eles, o macroscópico, o submicroscópico e o simbólico, requeridos na formação de um educador químico.

REFERÊNCIAS

CLEOPHAS, M. G.; BEDIN, E. PROFESSORES, VAMOS ESCAPAR DA SALA? usando o escape room como ferramenta didática no ensino de química. **Revista Exitus**, v. 13, p. 01-24, 2023.

CRESTANI, E. R. M. F.; LOCATELLI, A.; FREITAS GOMES, V. O ensino de química no paisagismo dos três momentos pedagógicos: uma análise das produções científicas. **Revista Brasileira de Ensino Superior**, Passo Fundo, v. 3, n. 4, p. 113-135, dez. 2017.

DELIZOICOV, D. La educación en Ciencias y la perspectiva de Paulo Freire. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v.1, n.2, p.37-62, jul. 2008.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. **Metodologia do ensino de ciências**. São Paulo: Cortez, 1990.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de ciências: fundamentos e métodos**. São Paulo: Cortez, 2002.

FRANCISCO JR., W. E.; FERREIRA, L. H.; HARTWIG, D. R. Experimentação problematizadora: fundamentos teóricos e práticos para a aplicação em salas de aula de Ciências. **Química Nova na Escola** v. 30, n. 4, p. 34-41, 2008.

FREIRE, P. **Pedagogia do Oprimido**. 50 ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2011.

FROZZA, E; PASTORIZA, B. S. Discursos sobre a experimentação na formação de professores de Química. **Interfaces da Educação**, Paranaíba, v. 12, n. 35, p. 64 a 90, 2021.

GONÇALVES, F. P.; MARQUES, C. A. A experimentação na docência de formadores da área de ensino de Química. **Química nova na escola**, v. 38, n. 1, p. 84-98, 2016.

JOHNSTONE, A. H. Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. **Journal of Computer Assisted Learning**, v. 7 n. 2, 1991.

LATOUR, B.; WOOLGAR, S. **A vida de laboratório: a produção dos fatos científicos**. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 1997.

POZO; J. I.; CRESPO, M. A. G. **A aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao científico**. 5ed. Porto alegre: Artmed, 2009.