



Atividade investigativa teórico-prática de Química para estimular práticas científicas

Matheus S. B. Silva, Daniel M. Silva e Ana Cláudia Kasseboehmer

Neste artigo, relata-se uma experiência didática de aplicação de uma atividade investigativa teórico-prática com alunos do ensino médio regular em um Clube de Química oferecido em uma universidade pública. O ensino investigativo é uma abordagem didática cujo objetivo é fazer com que os alunos se engajem na resolução de um problema a respeito de um fenômeno natural e desenvolvam habilidades correspondentes ao trabalho científico. Essa atividade contou com dois momentos distintos. Inicialmente, os alunos participaram de uma etapa teórica e, após isso, desenvolveram uma parte experimental. Os estudantes tiveram dificuldades em elaborar hipóteses e procedimentos experimentais coerentes. Ainda assim, os resultados indicam que o erro não afetou a sua participação. A combinação entre uma abordagem teórica e prática foi bem sucedida, uma vez que a ênfase sobre a elaboração de hipóteses permitiu que os alunos pensassem sobre a importância dessa etapa na construção da Ciência.

► abordagem investigativa, ensino de química, hipótese ◀

Recebido em 30/08/2018, aceito em 22/01/2019

360

O objetivo deste relato é apresentar uma experiência de aplicação de uma atividade investigativa que combina uma etapa teórica, em que os alunos devem dedicar-se apenas à elaboração de hipóteses, e uma etapa prática, em que os alunos elaboram hipóteses e as investigam por meio de um experimento. A atividade foi aplicada para estudantes do ensino médio regular de diferentes escolas em um Clube de Química desenvolvido em um laboratório de pesquisa em Educação em Ciências em uma universidade pública, nos anos de 2016 e 2017.

Na educação básica, ao priorizar o ensino de conceitos, a Ciência é apresentada aos alunos como uma atividade simples, distanciada do trabalho de cientistas profissionais e construída por meio de etapas mecânicas em um método universal e infalível (Munford e Lima, 2007). Como resultado, os alunos conhecem pouco sobre a natureza das ciências, incluindo os modos de trabalhar dos cientistas, como a formulação de hipóteses, a proposição de procedimentos

experimentais, a análise de dados e as discussões de resultados com seus pares (Munford e Lima, 2007). Logo, a criatividade, a autonomia e a dúvida, processos inerentes à prática científica, não são aprendidos pelos estudantes (Gil-Pérez *et al.*, 2001).

Para Gaston Bachelard (1996), a construção do saber científico é feita a partir de uma mudança para uma nova cultura. O aluno parte de sua cultura cotidiana e baseada no senso comum

para uma cultura em que seus conhecimentos cotidianos interagem, em uma situação de confronto e questionamentos, com os novos conhecimentos aprendidos. Nesse estado, o aluno adquire uma nova linguagem e assim desenvolve o seu espírito científico. Fonseca (2008) relata que a pedagogia científica discutida por Bachelard corresponde a um contexto de estimulação à capacidade do aprendiz de pensar, inquietar-se e de questionar o seu próprio conhecimento. O sujeito passa a sentir necessidade constante de superar suas dificuldades e obstáculos (Bachelard, 1996).

O aluno parte de sua cultura cotidiana e baseada no senso comum para uma cultura em que seus conhecimentos cotidianos interagem, em uma situação de confronto e questionamentos, com os novos conhecimentos aprendidos.

Atividade Investigativa

A atividade investigativa propõe-se a ser uma analogia ao trabalho científico praticado em instituições de pesquisa no sentido de oferecer aos alunos a oportunidade para pensar, refletir, discutir com seus pares e desenvolver sua capacidade argumentativa utilizando a linguagem científica (Munford e Lima, 2007). Conforme discute Sasseron (2015), o ensino investigativo é uma abordagem didática cujo objetivo é fazer com que os alunos se engajem na resolução de um problema a respeito de um fenômeno natural e exercitem práticas de comparação, análise e avaliação, ao mesmo tempo em que interagem com seus colegas, com os materiais didáticos e com seus conhecimentos já existentes. Essa abordagem vem sendo bastante discutida na literatura internacional (Bevin e Price, 2016; Sesen e Tarhan, 2013; Bunterm *et al.*, 2014) e nacional (Belluco e Carvalho, 2013; Miranda *et al.*, 2015; Stuart e Marcondes, 2009; Sasseron, 2015; Kasseboehmer e Ferreira, 2013) e tem mostrado resultados positivos na manifestação de habilidades de escrita, raciocínio e pensamento crítico nos alunos.

Kasseboehmer *et al.* (2015) afirmam que as atividades investigativas criam um ambiente de aprendizagem que incentiva o aluno a buscar, pelas características do problema e a própria necessidade de encontrar uma solução, aprofundar seus conhecimentos e explorar novos conceitos que possam ajudá-lo durante a investigação. Nesse sentido, também promovem o desenvolvimento de habilidades cognitivas, como o raciocínio lógico e, conforme discutem Sasseron e Carvalho (2011), podem favorecer a construção de uma visão adequada a respeito do trabalho científico. Bevins e Price (2016) acrescentam que essa abordagem permite com que os alunos tenham progressivo domínio sobre as habilidades de investigação, possibilitando o aprendizado de novos conceitos e procedimentos utilizados pela Ciência. Isso resulta em maior capacidade de lidar com a complexidade crescente de um mundo cada vez mais tecnológico (Bevins e Price, 2016).

[...] a partir do momento em que as atividades investigativas tornam-se presentes no planejamento escolar, os alunos tendem a pensar e a realizar as tarefas escolares de forma mais autônoma, e os professores tornam-se mais confiantes em planejar este tipo de atividade.

Atividades dessa natureza podem ser desenvolvidas de diferentes maneiras, conforme o nível de controle dos alunos sobre as etapas de investigação (Bevins e Price, 2016). Esses níveis são descritos pelos graus de abertura da atividade e refletem a autonomia experimentada pelos estudantes ao longo do processo. Nessa perspectiva, Kasseboehmer *et al.* (2015 p. 123) propõem níveis de abertura adaptados de Pella (1961), que seguem um contínuo como destacado no Quadro 1.

Como nos níveis de 0 a 2 basicamente todos os componentes são fornecidos, as atividades geralmente são baseadas em roteiros prontos que devem ser seguidos pelos estudantes. Nessa situação, podem aprender sobre instrumentos e cálculos sem, no entanto, desenvolver processos cognitivos mais complexos (Borges, 2002). No nível três, os alunos têm mais liberdade para propor procedimentos experimentais. Ao serem responsáveis pela coleta e análise dos dados, participam mais ativamente do seu processo de aprendizagem. No nível quatro, é fornecido apenas o problema aos alunos, sendo de sua responsabilidade propor o restante das etapas da atividade.

Kasseboehmer *et al.* (2015) recomendam que os professores aumentem progressivamente os níveis de investigação para que os alunos acostumem-se com essa nova estratégia.

Borges (2002) salienta que, no início de sua aplicação, as atividades investigativas dificilmente produzem resultados, justamente pelo fato de que todo o sistema escolar não está acostumado a essa nova prática. Entretanto, Kasseboehmer *et al.* (2015) discutem que essa dificuldade é apenas inicial e é resultado da

passividade proveniente do modelo tradicional de ensino. Logo, a partir do momento em que as atividades investigativas tornam-se presentes no planejamento escolar, os alunos tendem a pensar e a realizar as tarefas escolares de forma mais autônoma, e os professores tornam-se mais confiantes em planejar este tipo de atividade.

Inicialmente é necessário que os alunos tenham a oportunidade para pensar livremente sobre um problema, que deve ter como característica uma situação de conflito em que os

Quadro 1: Níveis de investigação de acordo com a liberdade fornecida aos alunos.

| Nível | Problema | Material | Procedimento Experimental | Coleta e análise de dados | Conclusões |
|-------|-----------|-----------|---------------------------|---------------------------|------------|
| 0 | Dado | Dado | Dado | Dado | Dadas |
| 1 | Dado | Dado | Dado | Dado | Em aberto |
| 2 | Dado | Dado | Dado | Em aberto | Em aberto |
| 3 | Dado | Dado | Em aberto | Em aberto | Em aberto |
| 4 | Dado | Em aberto | Em aberto | Em aberto | Em aberto |
| 5 | Em aberto | Em aberto | Em aberto | Em aberto | Em aberto |

estudantes sentem-se desafiados a raciocinar e organizar seus conhecimentos prévios (Scarpa *et al.*, 2017).

Praia *et al.* (2002a), ao discutirem o problema, destacam que este deve fazer parte do universo de interesse dos alunos e, preferencialmente, deve ser colocado por eles no sentido de que o assumam como um desafio e possam engajar-se efetivamente para solucioná-lo. É importante então que o problema se diferencie de uma simples aplicação de fórmulas e que fique claro para o aluno que não há soluções únicas e imediatas (Borges, 2002).

Entendendo o problema, os alunos partem para a próxima etapa da investigação, em que devem formular suas hipóteses. As hipóteses constituem uma solução provisória para o problema proposto inicialmente, antecedendo a etapa experimental, articulando os conhecimentos dos alunos e os auxiliando na tomada de decisões futuras (Praia *et al.*, 2002b).

Conforme discutem Gil-Pérez *et al.* (2001), as hipóteses e a teoria devem assumir um papel de protagonismo na investigação e são essenciais ao trabalho científico. Essa concepção de ciência se distancia da imagem empírico-indutivista que atribui ao experimento um peso maior em relação aos outros aspectos envolvidos na prática científica. Segundo a visão empírico-indutivista, a experimentação não é conduzida por uma teoria prévia e orientadora, mas a partir do controle de variáveis e da repetição exaustiva, chega-se à construção de novos modelos e teorias.

Tendo em vista a concepção de que as hipóteses e a teoria possuem papel fundamental no trabalho científico, a fim de que os alunos tenham condições de elaborar hipóteses e procedimentos experimentais cientificamente coerentes e guiados por um fundo teórico, o professor deve retomar alguns conceitos básicos para o desenvolvimento das novas ideias (Kasseboehmer *et al.*, 2015). Esses conceitos básicos auxiliam os alunos na tomada de decisões e, de acordo com a mediação adotada pelo professor, são aprofundados e explorados na sua relação com outros conceitos científicos abordados pelo problema.

O próximo passo é a validação das hipóteses. Esse processo consiste em utilizar atividades práticas para investigar experimentalmente as hipóteses. É o momento de mudança da atividade intelectual para a atividade manipulativa (Carvalho, 2011), em que os estudantes têm liberdade para propor um procedimento experimental, coletar dados, anotar seus registros e construir suas análises de acordo com o nível de investigação adotado. O contato com diferentes variáveis que podem surgir durante a experimentação permite aos alunos estabelecer relações e, conseqüentemente, aprofundar seus conhecimentos.

As atividades práticas tradicionais geralmente são aplicadas com o objetivo de comprovar e demonstrar leis, teorias

e fatos apresentados durante as aulas teóricas. O resultado é o estabelecimento de uma imagem equivocada da relação entre o experimento e a teoria, onde o primeiro serve como um processo de confirmação do segundo e resultados fora do esperado são vistos como uma anomalia (Borges, 2002). Nesse caso, o erro é colocado em uma posição diretamente ligada ao fracasso. Como consequência, os alunos podem manipular seus dados para chegar às respostas esperadas pela teoria (Borges, 2002). Para evitar isso, os objetivos finais da atividade investigativa experimental devem ser apresentados como um processo de aprendizagem do fazer científico, para além dos conceitos teóricos. Como apontam Praia *et al.* (2002b), nesse tipo de situação o erro é inevitável pelo fato de que aos alunos é dada autonomia para extrapolar sua criatividade. Kasseboehmer *et al.* (2015) discutem que o erro durante a atividade investigativa pode constituir-se como nova fonte de pesquisa e de reorganização do conhecimento, tornando o aluno mais comprometido com a sua aprendizagem.

Como nas atividades investigativas há etapas que envolvem discussões entre os alunos, há o estabelecimento de um espírito cooperativo entre os mesmos e a divisão de responsabilidades entre o grupo (Kasseboehmer *et al.*, 2015). Assim, os aprendizes constroem o que será denominado por Praia *et al.* (2002b, p. 255) de “comunidade científica de alunos”, que permite que os estudantes dialoguem e exponham suas ideias para a resolução de um problema.

Metodologia

A atividade investigativa foi proposta para 15 alunos do 2º ano do ensino médio com idades entre 15 e 16 anos inscritos em um Clube de Química de uma universidade pública. Dos 15 alunos, 6 eram de escolas particulares e 9 de escolas públicas da cidade. Sobre a familiaridade com experimentação, 7 alunos já haviam tido aulas de laboratório, sendo que 6 eram de escolas particulares e 1 frequentava uma escola

técnica estadual do Centro Paula Souza. Os outros 8 alunos que estudavam em escolas públicas da periferia da cidade alegaram nunca ter participado de atividades experimentais relacionadas com a Química. O interesse dos alunos em realizar atividades experimentais e aumentar seus conhecimentos de Química foi unânime como motivação para participarem do Clube de Química.

O Clube de Química iniciou com dois encontros de preparação para as atividades investigativas. No primeiro deles foi apresentada uma aula expositiva dialogada pelos educadores para discutir como o exercício de pensar e aprender pode ser prazeroso e trazer diversos benefícios para o desenvolvimento dos alunos. Em seguida, realizaram uma discussão sobre o método

Tendo em vista a concepção de que as hipóteses e a teoria possuem papel fundamental no trabalho científico, a fim de que os alunos tenham condições de elaborar hipóteses e procedimentos experimentais cientificamente coerentes e guiados por um fundo teórico, o professor deve retomar alguns conceitos básicos para o desenvolvimento das novas ideias (Kasseboehmer *et al.*, 2015).

científico, visando desmistificá-lo como um conjunto de etapas mecânicas e bem definidas seguidas pelos cientistas e apresentá-lo segundo uma abordagem em que há uma interação constante entre a teoria, a hipótese e o experimento. Nesse sentido, teorias e hipóteses podem guiar o experimento da mesma forma que resultados experimentais podem levar a reformulação das construções teóricas. Também foi discutida com os alunos a questão do erro, enfatizando o seu aspecto natural na prática científica e a sua importância no aprendizado. Para complementar essas ideias, foi exibido o episódio “*Scientific Method, Beakmania & Rainbows*” de um programa de televisão estadunidense, *Beakman’s World*, em que é apresentado o método científico e suas etapas.

Como muitos dos alunos nunca tiveram a oportunidade de realizar um experimento, foi aplicada uma prática simples de evidências de reação com nível 2 de abertura conforme o Quadro 1. O objetivo foi que os alunos conhecessem e “perdessem o medo” de manusear vidrarias e reagentes e que se familiarizassem com práticas experimentais. Essas etapas são importantes, considerando que poucos são os alunos que já tiveram contato com um laboratório (Borges, 2002), e muitos deles desconhecem a metodologia científica, que são conhecimentos essenciais para participação nessa abordagem. No segundo encontro, foi conversado com os alunos a respeito da segurança no laboratório e os principais cuidados que devem ser tomados durante os experimentos.

Em seguida, foram apresentadas algumas vidrarias e instrumentos. Nesse encontro foram realizadas uma atividade de nível 2 e outra de nível 3 de abertura, para que os alunos se habituassem com a atividade e conhecessem os materiais utilizados no laboratório. O Clube de Química teve a duração total de 9 semanas e, após essas atividades de adaptação, foram trabalhadas 7 atividades investigativas de nível 4.

Essa abordagem foi desenvolvida combinando-se uma atividade investigativa teórica (Kasseboehmer *et al.*, 2015) e prática (Suart e Marcondes, 2009), esperando-se aumentar o tempo que o estudante dedica à elaboração das hipóteses. Ambas as etapas, apesar das similaridades que as caracterizam como investigativas, possuem objetivos distintos. A teórica tem como propósitos fundamentais que os alunos formulem uma solução provisória a um problema segundo seus conhecimentos teóricos, se dediquem a um trabalho de abstração e possam formular modelos teóricos explicativos, sem necessariamente realizar um experimento. Conforme discutem Kasseboehmer *et al.* (2015), na etapa prática os alunos, além da formulação das hipóteses, utilizam ferramentas físicas para resolver um problema, testar suas ideias, observar, coletar e registrar dados e, então, propor relações dos resultados com a teoria previamente estudada.

Kasseboehmer *et al.* (2015) ainda destacam que a abordagem teórica não deve ser confundida com a resolução de

exercícios simples. Enquanto nestes se pressupõe que apenas uma resposta é correta, os problemas de uma atividade investigativa teórica permitem que mais de uma hipótese coerente seja elaborada, colaborando para o desenvolvimento do raciocínio lógico e da discussão entre os estudantes.

Segundo Suart e Marcondes (2009), nas atividades investigativas práticas, o estudante participa ativamente da elaboração de hipóteses e dos procedimentos experimentais, junto com a execução do experimento. No entanto, a motivação inicial despertada pelo experimento pode ter como consequência a supervalorização do trabalho experimental em detrimento da construção de hipóteses. As atividades desenvolvidas compreendem então uma parte teórica, de elaboração de hipóteses, e uma parte prática, de proposição de procedimentos experimentais, configurando-se como uma atividade investigativa teórico-prática. Em ambas as etapas os problemas colocados aos alunos foram diferentes, porém estavam dentro de uma mesma temática.

Neste artigo será discutida a última atividade investigativa teórico-prática de nível 4 trabalhada com os estudantes. O encontro teve duração de 2 horas e 30 minutos. A atividade foi desenvolvida baseada em um tema relacionado à deficiência de ferro no organismo. Esse tema é justificado dentro de um panorama social e está em coerência com

os interesses dos alunos devido a sua importância médica e nutricional.

A atividade iniciou com uma investigação teórica. Os educadores distribuíram fichas com uma breve contextualização a respeito da temática, abordando a questão da anemia ferropriva, os sintomas manifestados pela deficiência de ferro no organismo, as formas de tratamento e as recomendações nutricionais. Após a leitura do texto, foi solicitado aos estudantes que elaborassem hipóteses para a seguinte questão: “*É um costume popular colocar um prego no preparo da comida como forma de combater a anemia. Elabore uma hipótese para explicar se esse hábito é correto. Justifique sua resposta utilizando seus conhecimentos.*”

Essa etapa foi individual e permitiu que os alunos construíssem hipóteses a partir de seus conhecimentos prévios. Os estudantes ficaram livres para recuperar conhecimentos do seu cotidiano bem como os apresentados pelo professor nas aulas de Química. Sendo uma atividade individual, os alunos deviam organizar mentalmente seus conhecimentos e registrar sua hipótese com suas palavras na folha de respostas, utilizando a linguagem científica. A atividade também contava com três pistas que os alunos podiam consultar caso sentissem dificuldade em elaborar suas hipóteses:

1. Pense nas diferentes formas em que os elementos químicos são encontrados na natureza e estudados na escola;
2. Pense em que forma o ferro se encontra nos alimentos e no prego;

A teórica tem como propósitos fundamentais que os alunos formulem uma solução provisória a um problema segundo seus conhecimentos teóricos, se dediquem a um trabalho de abstração e possam formular modelos teóricos explicativos, sem necessariamente realizar um experimento.

incoerentes – explicações incorretas e com erros conceituais.

A análise da resposta coerente mostra que um aluno tem conhecimento a respeito das diferentes formas químicas que o ferro pode assumir e isso varia de acordo com a fonte na qual é encontrado: “*Não, o ferro precisa estar em uma forma adequada para o nosso corpo (Fe^{2+}) se não for assim pode gerar alguma reação no corpo, fazendo mal*”.

Uma diferente abordagem feita por quatro alunos relacionou-se ao hábito anti-higiênico da prática e foram classificadas como parcialmente coerentes. Nesse sentido, uma aluna relatou que: “*Este costume popular não é eficaz, pois é anti-higiênico. A maneira mais saudável é o consumo do próprio ferro vitamínico, pois a utilização do prego pode contaminar o alimento*”. A aluna recorreu ao fato de que o prego é um material que pode conter sujeiras e que pode ser prejudicial à saúde, mas não considerou as formas em que o ferro pode ser encontrado na natureza. Outros nove alunos discutiram que o ferro do medicamento era diferente do ferro do prego e por isso o costume popular estaria errado. Essas respostas foram consideradas parcialmente corretas pela falta de conceitos químicos. Uma hipótese foi considerada incoerente pela falta de compreensão na redação da proposta.

A maioria dos alunos compreendeu o problema da atividade investigativa, todavia, não conseguiu elaborar uma hipótese coerente. A principal dificuldade foi a não percepção dos ciclos biogeoquímicos dos elementos. A falta de oportunidades para os estudantes desenvolverem sua capacidade de argumentação durante a sua trajetória escolar prejudica a aprendizagem e a utilização da linguagem e da lógica científicas (Driver *et al.*, 2000). Esta questão demanda que os professores tenham um melhor entendimento a respeito do papel desempenhado pela linguagem no aprendizado dos alunos, especialmente quando esta envolve diferentes estruturas e formas de pensar, como a linguagem científica (Fang, 2004).

Em relação à explicação do raciocínio, apenas uma aluna não preencheu o solicitado. Nove dos quinze alunos citaram que há uma diferença entre o ferro que constitui o prego e o encontrado nos alimentos. Assim, eles construíram suas hipóteses partindo da informação contida na ficha de atividades. Como sugerido por um dos alunos “*O ferro usado no prego vem de rochas e o ferro usado no corpo vem de alimentos*”. Os estudantes souberam diferenciar que o ferro pode encontrar-se em diferentes formas químicas, mas não compreenderam que o ferro da rocha pode, eventualmente, constituir um alimento. Apenas um dos alunos citou que a diferença entre as formas de ferro citadas no texto relaciona-se ao estado de oxidação: “*Na fórmula (Fe^{2+}) do ferro para ingerir e na forma do prego Fe*”.

Duas alunas afirmaram ter utilizado as informações fornecidas pela discussão com colegas e um aluno relatou que

utilizou informações apresentadas no texto e relacionou com conhecimentos anteriormente aprendidos, sem, no entanto, especificar sua origem. Os demais não deixaram claro a quais fontes recorreram para elaborar suas explicações.

Análise das Propostas Experimentais

Os procedimentos experimentais também foram classificados em coerentes e incoerentes. Apenas três dos quinze alunos não preencheram a ficha com as suas propostas. Doze alunos relataram individualmente suas ideias de como identificar o metal a partir dos materiais que foram disponibilizados, sendo que oito respostas foram classificadas como coerentes e quatro como incoerentes. Como essa etapa foi executada em dupla, os alunos puderam discutir e defender suas propostas de procedimentos experimentais perante seus colegas e selecionar aquele que consideraram a melhor forma de se chegar aos resultados.

Das respostas incoerentes, três alunos relataram ser possível separar o ferro apenas pela dissolução do medicamento e a sua filtração, sendo que o metal deveria, assim, ficar retido no filtro. Essa afirmação mostra que os estudantes não compreenderam a

diferença entre as formas de ferro existentes na Natureza, associando este elemento apenas a seu estado metálico. Sendo um metal, portanto um objeto palpável, os alunos concluem que deve ser retido no filtro. Esse resultado torna explícito que eles não se apropriaram adequadamente do conceito de íons.

Tal como outros conceitos químicos como átomos, moléculas e substâncias, os íons não fazem parte da experiência direta dos estudantes. Por isso, guardam uma natureza abstrata e, portanto, geralmente não são bem assimilados (Taber, 2001). França *et al.* (2009), em um trabalho com estudantes do 3º ano do ensino médio, notaram a dificuldades deles em entender o significado dos íons, sua representação e como são formados. Em um trabalho anterior com estudantes do ensino fundamental, Silva e Aguiar (2008) relatam que os alunos não conseguiram compreender a diferença entre os objetos compostos por ferro e o ferro necessário para a nutrição humana.

A ideia apresentada pelos alunos corrobora as questões identificadas na etapa teórica a respeito da dificuldade dos estudantes em abstrair que o ferro pode ser encontrado em uma forma iônica e não sólida. Essa questão é bastante discutida por Bachelard (1996), quando ele se refere ao apego às primeiras impressões e à dificuldade em abandoná-las, principalmente quando advindas do senso comum e das experiências corriqueiras.

Na quarta resposta incoerente, o estudante sugeriu o ácido como uma substância que marcaria o ferro no medicamento: “*O ácido vai mudar a cor do ferro no comprimido provando que tem ferro*”.

A maioria dos alunos compreendeu o problema da atividade investigativa, todavia, não conseguiu elaborar uma hipótese coerente. A principal dificuldade foi a não percepção dos ciclos biogeoquímicos dos elementos.

Nota-se um obstáculo animista quando o aluno cita que o ácido muda a cor do ferro e prova que o metal está presente no comprimido. Esse tipo de obstáculo atribui características humanas a objetos inanimados (por exemplo, provar alguma coisa), dificultando a aprendizagem efetiva dos conceitos e a necessária abstração para o desenvolvimento do espírito científico (Bachelard, 1996). Nesse caso, o aluno não percebeu que a identificação resulta de uma reação química. Esses obstáculos fazem parte das experiências dos alunos e, portanto, são difíceis de serem superados (Bachelard, 1996). Isso exige que os estudantes entrem em um conflito cognitivo a partir de novas situações de aprendizagem proporcionadas pelo professor.

Dentre as propostas coerentes, sete alunos sugeriram que o ferro pode ser identificado a partir da dissolução do medicamento previamente triturado e da adição de hidróxido de sódio ao filtrado. De acordo com eles, a adição da base deve provocar uma alteração na solução, que adquire uma coloração marrom-avermelhada.

De acordo com Eleotério *et al.* (2007), é necessário adicionar ácido para dissolução do medicamento. Ainda assim, as respostas foram classificadas como coerentes porque os alunos compreenderam a necessidade de dissolver o comprimido e, portanto, entenderam que o ferro pode ser encontrado em outras formas, nesse caso, solúveis em água. Ainda, mostraram conhecer que uma reação química pode ser identificada por uma mudança visual no meio reacional. Um exemplo deste procedimento experimental é o seguinte: “Pensei em usar uma conversão entre formas de ferro, misturar o ferro com uma base e assim se estivermos certos ocorrerá uma reação e ficará de outra cor.”

Apenas um aluno percebeu a necessidade de oxidar o Fe (II) a Fe (III) utilizando um agente oxidante disponível (a água oxigenada, neste caso). Assim, após a execução dos procedimentos experimentais, a maioria dos alunos não obteve o resultado esperado. Isso porque o Fe (II) na presença de íons hidroxila forma um precipitado branco que, em condições normais, adquire uma coloração esverdeada (Vogel, 1981). Caso seja esperado um tempo considerável, é possível que a solução adquira uma coloração marrom-avermelhada como consequência da oxidação pelo oxigênio atmosférico (Vogel, 1981), o que não foi possível no período disponível.

De acordo com o *Currículo de Química do Estado de São Paulo*, os conceitos de reação redox são introduzidos no 2º ano do ensino médio e, portanto, era possível que esses alunos tivessem sucesso em sua proposta. Porém, como discutem Jong *et al.* (1995), este tópico é percebido pelos professores e pelos alunos como um assunto difícil de ser trabalhado, e dificuldades de aprendizagem são esperadas. Por isso mesmo, a aprendizagem de um conceito não pode depender apenas da aula expositiva e esses conceitos precisam ser retomados em estratégias didáticas diversificadas.

É importante destacar que o objetivo da atividade investigativa não é que os alunos efetuem a prática corretamente e cheguem à resposta esperada pelo professor, mas sim que trabalhem os conhecimentos aprendidos nas aulas teóricas e tenham oportunidade de discutí-los. Nessa perspectiva, o erro torna-se uma oportunidade para identificar dificuldades e reestruturar conhecimentos mal estabelecidos. Como discutem Souza *et al.* (2007), o erro faz parte da aprendizagem e torna possível identificar relações e pré-concepções dos estudantes, devendo ser explorado e discutido. Segundo Nogaro e Granella (2004), o erro assume um papel privilegiado na compreensão do que o

aluno não aprendeu, atuando como um ponto de partida para elaborar intervenções que os auxiliem no avanço de sua aprendizagem.

No início do Clube de Química, os alunos ficavam receosos em apresentar suas ideias e resultados por medo de errarem. Porém, ao se familiarizarem com as atividades, o erro passou a estimular novas

discussões e os alunos começaram a enxergá-lo como uma oportunidade de rever os seus conhecimentos.

A combinação entre uma abordagem teórica e prática foi bem sucedida, uma vez que a ênfase sobre a elaboração de hipóteses permitiu que os alunos pensassem sobre a importância dessa etapa no desenvolvimento científico. Nessa abordagem, o experimento deixa de ser a única variável e a hipótese também adquire um papel essencial durante o percurso de construção da Ciência.

Considerações Finais

A proposta deste artigo foi apresentar o desenvolvimento de uma atividade investigativa teórico-prática. Avaliando as hipóteses formuladas pelos alunos, o resultado mostra que a maioria conseguiu construir uma ideia parcialmente coerente, segundo o critério estabelecido. Em relação aos procedimentos experimentais, apesar de 8 das 12 respostas terem sido classificadas como coerentes, segundo o raciocínio dos alunos, apenas uma proposta previa a oxidação do ferro (II) no medicamento e, com isso, apenas um aluno conseguiu chegar ao resultado esperado pelo experimento.

Em relação às pistas apresentadas, sua maior contribuição diz respeito às situações em que os alunos encontram dificuldades em elaborar um raciocínio coerente. Sugerimos que as pistas sejam mantidas, sendo que as questões um e dois foram essenciais para que os alunos pudessem conduzir a investigação. Entretanto, reconhecemos que a pista três deva ser reformulada, considerando que os alunos não entenderam o seu significado. Caso essa pista permaneça, indicamos que o professor explique a atuação do ácido ascórbico como agente redutor na conversão de ferro (III) para ferro (II) antes da elaboração de hipóteses pelos alunos.

Ainda que o sucesso da execução do experimento tenha ocorrido com apenas uma dupla, a possibilidade de errar não afetou os participantes. Assim, o erro pode ser considerado como parte positiva do trabalho dos alunos, isto é, um aspecto inerente à prática científica e também à prática educativa.

O relato apresentado neste artigo visa contribuir para o desenvolvimento e a divulgação de atividades que objetivam colocar os alunos como protagonistas em sua aprendizagem e, neste caso, que se enfatize a hipótese no ensino investigativo. Os autores, porém, reconhecem as dificuldades em relação à aplicação desse tipo de atividade, considerando o modo como a grade curricular e as aulas são organizadas nas escolas.

A experiência com Clubes de Química mostra que as dificuldades existem apenas inicialmente, até que os professores e os estudantes se acostumem com essa nova estratégia. A tendência é que seja cada vez mais fácil e prazerosa a participação nesse tipo de atividade, tanto para os professores quanto para os alunos. O tempo de 2 horas e meia foi superior ao necessário e, para adaptação para escola, sugerem-se três aulas, sendo a primeira para a parte teórica e as demais para a parte prática. Ainda, a simples adição de quaisquer outros materiais além dos necessários para a realização do

experimento já caracteriza a prática como de nível 4, não sendo necessário um laboratório completo.

Agradecimentos

Aos alunos que participaram da pesquisa, às escolas e aos professores que permitiram a divulgação do Clube de Química.

Processo n.º 2017/10118-0, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP); Processo n.º 2018/19108-0, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP); Processo n.º 2018/20145-7, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP); Processo CNPq 457780/2013-4; Pró-Reitoria de Graduação da USP.

Matheus S. B. Silva (matheus.santos.barbosa@usp.br) Licenciado em Ciências Exatas com habilitação em Química pela Universidade de São Paulo (USP). É aluno de iniciação científica no Instituto de Química de São Carlos (IQSC). São Carlos, SP – BR. **Daniel M. Silva** (daniel.matheus.silva@usp.br) licenciado em Ciências exatas com habilitação em Química pelo – IFSC-USP e mestre em Ciências (área de concentração Físico-Química) pelo Instituto de Química de São Carlos – IQSC-USP. Atualmente é aluno de doutorado também pelo IQSC-USP. São Carlos, SP – BR. **Ana Cláudia Kasseboehmer** (claudiaka@iqsc.usp.br), bacharel, licenciada e mestre em Química, doutora em Ciências pela Universidade Federal de São Carlos. Atualmente é docente do Instituto de Química de São Carlos IQSC/ USP. São Carlos, SP – BR.

Referências

KASSEBOEHMER, A. C.; HARTWIG, D. R. e FERREIRA, L. H. *Contém Química 2: pensar, fazer e aprender pelo método investigativo*. São Carlos: Pedro & João Editores, 2015.

KASSEBOEHMER, A. C. e FERREIRA, L. H. O método investigativo em aulas teóricas de Química: estudo das condições da formação do espírito científico. *REEC. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 12, p. 144-168, 2013.

BACHELARD, G. *A formação do espírito científico: contribuições para uma psicanálise do conhecimento*. Trad. E. S. Abreu. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996. BELLUCO, A. e CARVALHO, A. M. P. Uma proposta de sequência de ensino investigativa sobre quantidade de movimento, sua conservação e as leis de Newton. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 31, n. 1, p. 30-59, 2014.

BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 19, n. 3, p. 291-313, 2002.

BUNTERM, T.; LEE, K.; KONG, J. N. L.; SRIKON, S.; VANGPOOMYAI, P.; RATTANAVONGSA, J. e RACHAHOON, G. Do different levels of inquiry lead to different learning outcomes? A comparison between guided and structured inquiry. *International Journal of Science Education*, v. 36, n. 12, p. 1937-1959, 2014.

CARVALHO, A. M. P. Ensino e aprendizagem de Ciências: referenciais teóricos e dados empíricos das sequências de ensino investigativas (SEI). In: LONGHINI, M. D. (Org.). *O Uno e o Diverso na Educação*. Uberlândia: EDUFU, 2011.

JONG, O.; ACAMPO, J. e VERDONK, A. Problems in teaching the topic of redox reactions: actions and conceptions of chemistry teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 32, n. 10, p. 1097-1110, 1995.

DRIVER, R.; NEWTON, P. e OSBORNE, J. Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, v. 84, n. 3, p. 287-312, 2000.

ELEOTÉRIO, I. C.; KIILL, K. B.; SENE, J. J.; FERREIRA, L. H. e HARTWIG, D. R. Experimentos para identificação de íons ferro em medicamentos comerciais. *Química Nova na Escola*, n. 26, p. 37-39, 2007.

FANG, Z. Scientific literacy: A systemic functional linguistics perspective. *Science Education*, v. 89, n. 2, p. 335-347, 2005.

FRANÇA, A. C. G.; MARCONDES, M. E. R. e CARMO, M. P. Estrutura atômica e formação dos íons: uma análise das ideias dos alunos do 3º ano do ensino médio. *Química Nova na Escola*, v. 31, n. 4, p. 275-282, 2009.

FONSECA, D. M. A pedagogia científica de Bachelard: uma reflexão a favor da qualidade da prática e da pesquisa docente. *Educação e Pesquisa*, v. 34, n. 2, p. 361-370, 2008.

GIL-PEREZ, D.; MONTORO, I. F.; ALÍS, J. C.; CACHAPUZ, A. e PRAIA, J. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. *Ciência & Educação (Bauru)*, v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001.

MIRANDA, M. S.; SUART, R. C. e MARCONDES, M. E. R. Promovendo a alfabetização científica por meio do ensino investigativo no ensino médio de química: contribuições para a formação inicial docente. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 17, n. 3, p. 555- 583, 2015.

MOREIRA, M. A. e OSTERMANN, F. Sobre o ensino do método científico. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 10, n. 2, p. 108-117, 1993.

MUNFORD, D. e LIMA, M. E. C. C. Ensinar ciências por investigação: em quê estamos de acordo? *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)*, v. 9, n. 1, p. 89-111, 2007.

NOGARO, A. e GRANELLA, E. O erro no processo de ensino

e aprendizagem. *Revista de Ciências Humanas*, v. 5, n. 5, p. 31-56, 2004.

PRAIA, J. F.; CACHAPUZ, A. F. C. e GIL-PÉREZ, D. Problema, teoria e observação em ciência: para uma reorientação epistemológica da educação em ciência. *Ciência & Educação (Bauru)*, v. 8, n. 1, p. 127-145, 2002a.

PRAIA, J. F.; CACHAPUZ, A. F. C. e GIL-PÉREZ, D. A hipótese e a experiência científica em educação em ciência: contributos para uma reorientação epistemológica. *Ciência & Educação (Bauru)*, v. 8, n. 2, p. 253-262, 2002b.

PELLA, M. O. The laboratory and science teaching. *The Science Teacher*, v. 28, n. 5, p. 29-31, 1961.

SASSERON, L. H. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)*, v. 17, p. 49-67, 2015.

SCARPA, D. L.; SASSERON, L. H. e SILVA, M. B. O Ensino por Investigação e a Argumentação em Aulas de Ciências Naturais. *Tópicos Educacionais*, v. 23, n. 1, p. 7-27, 2017.

SESEN, B. A. e TARHAN, L. Inquiry-based laboratory

activities in electrochemistry: High school students' achievements and attitudes. *Research in Science Education*, v. 43, n. 1, p. 413-435, 2013.

SILVA, N. S. e AGUIAR, O. O uso dos conceitos de elemento e substância por estudantes do ensino fundamental: uma perspectiva de análise sociocultural. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 8, n. 3, 2008.

SOUZA, C. A.; BASTOS, F. P. e ANGOTTI, J. A. P. Cultura científico-tecnológica na educação básica. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)*, v. 9, n. 1, p. 76-88, 2007.

SUART, R. C. e MARCONDES, M. E. R. A manifestação de habilidades cognitivas em atividades experimentais investigativas no ensino médio de química. *Ciências & Cognição*, v. 14, n. 1, p. 50-74, 2009.

TABER, K. S. Building the structural concepts of chemistry: Some considerations from educational research. *Chemistry Education Research and Practice*, v. 2, n. 2, p. 123-158, 2001.

VOGEL, A. I. *Química Analítica Qualitativa*. Trad. A. Gimeno. 5ª ed. São Paulo: Mestre Jou, 1981.

Abstract: *Theoretical-practical inquiry chemistry activity stimulating scientific practices.* In this article, we report a didactic experience using a theoretical-practical inquiry activity carried out with regular high school students in a Chemistry Club offered at a public university. Inquiry activities are didactic approaches in which the purpose is to make students engage in solving a problem regarding a natural phenomenon and develop skills corresponding to the scientific work. This activity had two different moments. Initially students participated in a theoretical step and, after that, developed an experimental part. Students had difficulty in developing coherent hypothesis and experimental procedures. Yet, as the results indicate, mistakes did not affect their participation in the activities. The combination of theoretical and practical approaches was successful, since hypothesis construction allowed students to think about its importance to the development of science.

Keywords: inquiry approach, chemistry teaching, hypothesis.