

A PROBLEMATIZAÇÃO DAS ATIVIDADES EXPERIMENTAIS NA EDUCAÇÃO SUPERIOR EM QUÍMICA: UMA PESQUISA COM PRODUÇÕES TEXTUAIS DOCENTES

Fábio Peres Gonçalves*

Departamento de Química, Centro de Ciências Físicas e Matemáticas, Universidade Federal de Santa Catarina, CP 476, 88040-970 Florianópolis - SC, Brasil

Carlos Aberto Marques

Departamento de Metodologia de Ensino, Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, CP 476, 88040-970 Florianópolis - SC, Brasil

Recebido em 3/10/10; aceito em 2/12/10; publicado na web em 18/2/11

PROBLEMATIZATION OF EXPERIMENTAL ACTIVITIES IN CHEMISTRY FURTHER EDUCATION: A STUDY OF TEACHING TEXTS. Through the analysis of articles with proposals for experimental activities and with current pedagogical, epistemological and environmental discussion on experimentation by Chemistry professors, this paper investigates ways of highlighting relevant methodological characteristics that can be incorporated in experiments. Based on analysis of the suggestions for experiments it appears that of particular importance are: a concern for students' physical welfare and for the effects of residues; the need to confront an impoverished infrastructure that hinders experimentation; and the valorisation of clarifying student knowledge. It argues in favour of the need to set out the problems of experimentation in educators' professional development.

Keywords: experimentation; higher education; Chemistry teaching.

INTRODUÇÃO

As compreensões de docentes de Química da educação superior acerca do papel da experimentação no ensino têm sido apontadas na literatura.^{1,2} A visão empirista-indutivista das atividades experimentais é um dos aspectos identificados juntamente com a crença de que os experimentos são promotores incondicionais da aprendizagem e da motivação. Apesar de essas investigações focalizarem a experimentação na formação de professores e na educação superior em Química, é conhecido o caráter incipiente das pesquisas sobre o ensino de Química na educação superior^{3,4} e daquelas a respeito do desenvolvimento profissional dos formadores de professores de Ciências Naturais.⁵⁻⁷

Com base nessa lacuna, propõe-se uma investigação com o objetivo de contribuir na sinalização de possibilidades metodológicas para a abordagem das atividades experimentais na educação superior em Química. Foram investigados, por meio de artigos com propostas de experimentos para esse nível de ensino, discursos pedagógicos, epistemológicos e ambientais relativos à experimentação presentes entre professores de Química da educação superior, como um modo de apontar características importantes de serem incorporadas em experimentos. Entende-se que as investigações concernentes a periódicos⁸ são minimamente exploradas no ensino de Ciências, sobretudo quando comparadas com outras pesquisas que examinam textos escritos, como aquelas em torno dos livros didáticos. Indiretamente, compreende-se a análise das propostas de experimentos como um meio de cooperar na identificação de "tendências" referentes às atividades experimentais na educação superior em Química. Por fim, ressalta-se que os argumentos defendidos são endossados, principalmente, por uma perspectiva progressista de educação, apresentada a seguir.

A EXPERIMENTAÇÃO E A FORMAÇÃO DOCENTE ANALISADAS POR UM VIÉS PROGRESSISTA DE EDUCAÇÃO

Articulações entre uma visão progressista de educação, sustentada no aporte freireano,⁹ e o ensino de Ciências Naturais têm sido um objeto de estudo relativamente antigo.¹⁰ Essas articulações advogam em prol da apreensão dos conhecimentos dos sujeitos e da sua problematização em detrimento de uma educação bancária.⁹ De acordo com Freire:

No fundo, em seu processo, a problematização é a reflexão que alguém exerce sobre um conteúdo, fruto de um ato, ou sobre o próprio ato, para agir melhor, com os demais na realidade.

Não há problematização sem esta última. (Daí que a própria discussão sobre o além deva ter, como ponto de partida, a discussão sobre o aqui, que, para o homem, é sempre um agora igualmente).¹¹ (p. 82-83)

A problematização como um princípio no desenvolvimento de atividades experimentais¹ é uma forma de superar o caráter meramente ilustrativo de conhecimentos teóricos que, às vezes, a elas se atribui. Ao mesmo tempo, o entendimento de que os experimentos têm a função de ilustrar a teoria precisa ser problematizado na formação docente, como também outros entendimentos, a exemplo daquele que concebe a ausência de laboratórios estereotipados nas escolas, isto é, com materiais, reagentes e equipamentos sofisticados, como a causa da não realização de atividades experimentais. Essa característica das escolas pode ser interpretada como uma situação limite.¹² Para Freire:

*e-mail: fabio_peres@qmc.ufsc.br

[...] as situações-limites, [...] não devem ser tomadas como se fossem barreiras insuperáveis, mais além das quais nada existisse. No momento mesmo em que os homens as apreendem como freios, em que elas se configuram como obstáculos à sua libertação, se transformam em “percebidos destacados” em sua “visão de fundo”. Revelam-se, assim, como realmente são: dimensões concretas e históricas de uma dada realidade.⁹ (p.104-105)

Assim, a falta de laboratórios pode ser caracterizada como uma situação limite, uma vez que, enquanto obstáculo aos sujeitos, inibe a realização de experimentos. Esse problema das escolas precisa ser identificado pelos próprios professores como uma situação limite a ser superada, dado que, para Freire,⁹ não são as situações limite em si mesmas promotoras das desesperanças, mas o modo como são interpretadas. Segundo o autor, é preciso vislumbrar aquilo que se encontra mais além das situações limite, ou seja, o inédito viável.

Na perspectiva progressista, ensinar também exige ética¹³ e, no caso das atividades experimentais, isso tem como consequência, por exemplo, ações mais apropriadas em relação ao destino dos resíduos. Em outros termos, esse destino não pode ser o descarte irresponsável, visto que isso contribui para a aprendizagem ou reforço de atitudes indesejáveis em uma sociedade repleta de “problemas ambientais”.

Portanto, a perspectiva progressista apresentada fornece elementos importantes para analisar o contexto atual das atividades experimentais e do seu estudo nos processos de formação docente. Com base nesta perspectiva, é possível sinalizar positivamente, entre outros aspectos, a utilização de materiais e reagentes de baixo custo para a promoção de experimentos e o diálogo decorrente da sua realização, assim como a necessidade de dar um destino acertado aos resíduos, quando for caso, não prejudicial ao meio biótico e abiótico.

METODOLOGIA

Foram selecionados 102 artigos com propostas de experimentos da seção *Educação* da revista *Química Nova*, publicados entre 1980 e 2007. Os próprios autores caracterizaram os artigos como proponentes de propostas de atividade experimental, sendo que a maioria estava escrita em português e uma parcela muito pequena em espanhol e inglês. Essa seção expõe artigos de investigações em ensino de Química e propostas educacionais inovadoras para a graduação e a pós-graduação. A revista também recebe manuscritos na área de Química e, no período analisado, publicava no mínimo 6 exemplares ao ano.

Um dos critérios que justificam a opção pela análise das sugestões de experimentos divulgados na *Química Nova* é o reconhecimento de sua qualidade por órgãos como a CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) através do sistema de avaliação Qualis. No triênio 2004-2006 — período em que iniciou a pesquisa, mais exatamente em 2006 — o sistema Qualis classificava os periódicos como nacional ou internacional. Os periódicos com classificação internacional possuíam maior prestígio do que os ditos nacionais. O acompanhamento de conceitos (A, B, C...) aos termos internacional e nacional servia para diferenciar as revistas quanto à sua qualidade, sendo o conceito A o mais elevado. Na avaliação relativa ao triênio 2004-2006, a CAPES conceituou o periódico como internacional B na área de Química e nacional B na área de Ensino de Ciências. Outra característica importante do periódico é a sua expressiva circulação na comunidade de químicos brasileiros, com a tiragem de cerca de 2.900 exemplares a cada número. Soma-se a isso o fato de estar disponível *on line* no SciELO, no qual a revista é indexada. Possui indexação ainda no *Chemical Abstracts* e no *Institute for Scientific Information (ISI)*. Tais aspectos contribuem para a visibilidade e acessos nacional e internacional à revista. Outro fato que

justifica a escolha dos artigos da seção *Educação* é que esses difundem discursos de formadores de professores de Química e de químicos, enquanto proponentes dos experimentos, a respeito da experimentação no ensino de Química. É possível identificar nos artigos que quase a totalidade de autores/coautores é formada por docentes de Química de instituições brasileiras de educação superior ou pós-graduandos que exercerão muito provavelmente a função docente. O acesso ao sítio na internet do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) possibilita obter o Currículo Lattes dos autores e, em consequência, fornece as informações referentes à sua formação.

Os artigos foram submetidos aos procedimentos da análise textual discursiva¹⁴ que se constitui nas seguintes etapas: unitarização, categorização e comunicação. Na primeira etapa ocorreu a fragmentação dos textos em unidades de significado e que aparecem no decorrer do texto analítico como modo de ilustrar não apenas o discurso em tela, mas de validar as interpretações do pesquisador. Isto exposto, fica subentendido o que não significa a presença das unidades de significado ao longo do texto. Ou seja, a presença das unidades nas categorias não expressa uma classificação dos artigos em uma determinada perspectiva teórico-metodológica pois, conforme afirmação anterior, a investigação buscou analisar os discursos pedagógicos, epistemológicos e ambientais relativos à experimentação presentes entre professores de Química de educação superior que orientam suas produções textuais em torno da experimentação. As unidades de significado foram agrupadas de acordo com suas semelhanças semânticas, o que configurou a categorização. Na comunicação foram produzidos textos descritivos e interpretativos em cada uma das categorias, a saber: a experimentação entremeada por princípios ético-ambientais; experimentação: dos materiais alternativos à informática; experimentação problematizadora; a dimensão estética das atividades experimentais; conteúdos na experimentação; a relação entre teoria e experimentação; motivação: “objetivo da experimentação?”; o erro e suas implicações na experimentação. Apresentam-se aqui as quatro primeiras categorias devido ao espaço disponibilizado. Cumpre notar que as análises expostas nas categorias não têm o intuito de emitir juízo sobre os pareceres ou pareceristas e sobre a própria revista. Por fim, antecipa-se que a análise apresentada não se configurou em uma tentativa de propor uma metodologia única para as atividades experimentais, pelo contrário.

A EXPERIMENTAÇÃO ENTREMEADA POR PRINCÍPIOS ÉTICO-AMBIENTAIS

Parte dos artigos se caracterizou por explicitar princípios ético-ambientais, como o respeito à integridade física e a preocupação com o descarte de resíduos, aspectos importantes nas atividades experimentais. Em um dos experimentos propostos aparecem, implicitamente, orientações relacionadas ao respeito à integridade física:

Para fazer o experimento é possível usar solventes orgânicos onde o NaCl não é solúvel. No entanto, isto traz desvantagens como cheiro, toxicidade etc. O que se deseja fazer é um experimento [...] que necessite apenas de substâncias fáceis de se encontrar e que não sejam tóxicas. [...]

Quanto ao solvente, o mais comum, barato e não tóxico é a água. Mas o cloreto de sódio é solúvel em água de modo que, a princípio, pode-se pensar que a mesma não pudesse ser usada. Mas há um modo de fazer isto: uma solução de cloreto de sódio saturada (D) não dissolve quantidades adicionais do sal.¹⁵ (p. 1765)

A utilização de substâncias não tóxicas, além de revelar um cuidado com a integridade física dos estudantes, é um exemplo dos formadores para os “licenciandos” que terão como principais alunos

os jovens que, de acordo com o Estatuto da Criança e do Adolescente,¹⁶ não podem ser expostos a ações que coloquem em risco sua integridade física. Não raramente esses adolescentes estão presentes nos primeiros anos dos cursos de graduação. No entanto, o respeito à integridade física dos estudantes independe da faixa etária. De outra parte, respeitar a integridade física não significa, necessariamente, eliminar o uso de substâncias tóxicas. Às vezes, substituí-las por substâncias menos tóxicas ou torná-las inócuas após seu uso já é um exemplo de respeito à integridade física. Assim como o respeito à integridade física mostra um princípio de ordem ética, os cuidados com o descarte dos resíduos também o mostra. Esses cuidados começam surgir explicitamente nas propostas analisadas no início da década de 1990 e se fortalecem posteriormente:

*[...] o laboratório de ensino é também o local perfeito para despertar a consciência do aluno de química para os cuidados com o meio ambiente, mostrando a importância e a necessidade de se recolher, tratar e descartar adequadamente os resíduos gerados em cada etapa do trabalho.*¹⁷ (p. 348).

O tratamento é um modo de enfrentar a emissão de resíduos tóxicos, enquanto uma ação e atitude de desrespeito à vida humana e não humana, ou seja, expressa uma ética ambiental.¹⁸ Constitui-se, assim, em uma atividade educativa e não em um trabalho técnico alheio à sala de aula. Porém, o tratamento de resíduos é uma atividade saneadora e, como tal, serve para resolver um problema já criado, ao invés de evitá-lo, como pressupõe a perspectiva da Química Verde. Esta perspectiva contemporânea defende a não produção de resíduos tóxicos. O discurso sobre a não geração de resíduos, entretanto, foi incipiente nas propostas, o que não significa um silêncio absoluto de sugestões de experimentos preocupados com a minimização dos resíduos.

O conteúdo abordado no experimento foi igualmente sinalizado como potencialmente favorecedor de uma discussão de caráter “ético-ambiental”:

*A experiência descrita neste trabalho baseia-se no processo químico industrial de produção de óleo de soja, aplicado na disciplina de Química Geral [...]. O experimento vem sendo usado no ensino de conceitos básicos de química envolvidos no processo industrial e suas implicações para o meio ambiente.*¹⁹ (p. 765).

Freire¹³ ressalta que a abordagem dos conteúdos não é incompatível com a formação moral dos educandos. Analogamente, ensinar conteúdos conceituais por meio de experimentos não implica, necessariamente, negar uma discussão acerca de valores e atitudes, a exemplo daquela tácita na proposta representada pelo fragmento.

O discurso da Química Verde foi permeado por limitações, como a visão antropocêntrica de meio ambiente:

*A química orgânica moderna procura pesquisar reações que sejam mais eficientes, seletivas, menos poluentes e que possam ser realizadas em condições simples de trabalho [...]. A “Química Verde” tornou-se uma área da química aliada à saúde humana, sem perder o desenvolvimento necessário, por isso sua prática vem sendo incentivada pela academia de pesquisa, indústria e governo.*²⁰ (p. 1111).

A aceção da Química Verde como aliada à “saúde humana” parece revelar um entendimento antropocêntrico de meio ambiente, na medida em que deprecia a vida não humana em detrimento da humanidade que teria a seu serviço o “meio natural”. A problematização desse entendimento não implica consentir com uma com-

preensão naturalista na qual o “meio natural” deve ser intocável. A Química Verde no ensino pode vir a ser caracterizada ainda por uma perspectiva comportamentalista em que prevalece o ensino normativo de procedimentos e que não necessariamente a consequência é a aprendizagem atitudinal.¹⁸ Tal aprendizagem não se encerra na valorização de comportamentos isolados, mas, segundo Carvalho¹⁸ (p. 182), é “um processo de amadurecimento de valores e visões de mundo mais permanentes”.

Outra proposta de experimento, em sintonia com os princípios da Química Verde, parece apresentar um entendimento mais amplo da inclusão da dimensão ambiental no ensino:

*[...] Este experimento qualitativo mostra a capacidade dos grupos etilenodiana ancorados na superfície da sílica em complexar os metais presentes na água [...]. Deve-se explorar a aplicação direta destes materiais em química verde – uso destes sólidos básicos para a remoção de contaminantes de efluentes [...]. Como estes materiais apresentam grupos básicos dispersos em sua estrutura, devem interagir com compostos ácidos como os metais pesados permitindo, assim, a remoção de contaminantes e formando uma consciência ambiental nos novos profissionais.*²¹ (p. 546).

Embora haja a possibilidade de incorrer na tentativa de formação de uma consciência ambiental através de uma perspectiva comportamentalista, a sinalização de forma explícita na proposta anunciada da relevância da formação de uma consciência ambiental parece encontrar ressonância nas argumentações de Freire,¹³ quando discute a dimensão ética no ensino. O autor ressalta que reduzir a educação ao treinamento técnico é um modo de “amesquinhar” o caráter formador desse ato. Entender a educação como um treinamento técnico, ou não, reforça o argumento do quanto a mesma é de natureza política.

Em suma, o discurso acerca das atividades experimentais em parte dos artigos revela uma preocupação com a integridade física e os efeitos dos resíduos. Os próprios conteúdos estudados nos experimentos podem propiciar discussões de caráter ético-ambiental. Como sugere a análise, essas discussões precisam ser enriquecidas com o processo de problematização em torno de visões antropocêntricas de meio ambiente e de um viés comportamentalista do ato educativo, no qual a experimentação pode estar inserida. De certa forma, a divulgação na literatura em ensino de Química de propostas de experimentos em sintonia com os argumentos aqui defendidos poderá contribuir para o processo de problematização das atividades experimentais no processo de desenvolvimento profissional e na docência dos formadores de professores de Química.

EXPERIMENTAÇÃO: DOS MATERIAIS ALTERNATIVOS À INFORMÁTICA

Foi frequente nos artigos a apresentação de experimentos para serem realizados em condições adversas e também em espaços com infraestrutura mais sofisticada. A falta de recursos materiais nas instituições de ensino foi um dos aspectos mencionados:

*[...] juntou-se num mesmo bloco dois experimentos distintos (medida de pH com indicadores e tampões), foi eliminado o uso de um medidor de pH (“peagâmetro”), que é um grande obstáculo em laboratórios introdutórios devido ao elevado número de alunos e o seu concomitante uso.*²² (p. 407).

Interpreta-se a falta de recursos como uma situação limite⁹ que inibe o desenvolvimento de atividades experimentais. Os autores, ao reconhecerem a falta de recursos, indicam a sua superação pela

substituição de um equipamento mais “sofisticado” por materiais e procedimentos simples. O problema da carência de materiais nos laboratórios não é exclusividade da educação superior e, no Brasil, atinge com mais pujança a educação básica. A identificação desse problema favorece a proposição de experimentos que possam ser desenvolvidos tanto nos laboratórios da graduação quanto na escola. Isso pode ser uma atividade exemplar do formador para vislumbrar o inédito viável, ou seja, o que se encontra além da situação limite.⁹

Entretanto, a realização de experimentos com a manipulação de materiais convencionais de laboratório e substâncias diversas é essencial. Isso não é uma contraposição, em absoluto, à utilização de materiais alternativos na graduação, pelo contrário. Contudo, os materiais alternativos não implicam obrigatoriamente em experimentos com maior segurança ou com menor geração de resíduos. Atividades mais “sofisticadas” podem, em determinadas circunstâncias, atender mais a esses critérios:

Todos os experimentos podem ser executados utilizando um sistema FIA com zonas coalescentes. Estes sistemas foram inicialmente propostos para reduzir o consumo de reagentes e, conseqüentemente, o custo das análises e a produção de resíduos tóxicos [...]”²³ (p. 119).

As atividades experimentais com equipamentos mais modernos, ao favorecerem uma minimização dos resíduos, precisam ter sua presença enaltecida nos laboratórios das instituições de educação superior. As simulações computacionais podem colaborar do mesmo modo no desenvolvimento de experimentos para os quais não se consegue tratar ou evitar os resíduos e que causam risco à integridade física dos estudantes.¹ Ou seja, as atividades experimentais por intermédio das simulações computacionais podem igualmente contribuir para o inédito viável. Essa articulação, todavia, foi muito tênue nas sugestões de experimento, mas uma possibilidade foi assim exposta:

A simulação por computador permitiu que trinta e seis estudantes [...] trabalhassem numa experiência individual de difração de raios-X de um monocristal [...]”²⁴ (p. 382).

Entre as vantagens das simulações computacionais estão: o seu menor custo financeiro em determinadas ocasiões;²⁵ a sua capacidade de proporcionar uma maior interação entre os alunos e o conhecimento teórico em detrimento da manipulação de equipamentos²⁶ e, o favorecimento da utilização, por diferentes grupos, de procedimentos diferenciados, ao contrário do que acontece amiúde nos denominados experimentos de bancada. O uso da informática para analisar os dados também foi mencionado:

Apresentamos a seguir [...] as ferramentas computacionais, baseadas em resoluções numéricas, que foram desenvolvidas neste estudo para tratar dos dados experimentais.”²⁷ (p. 900).

Hodson²⁸ ressalta que a informática pode contribuir para a realização de cálculos que, às vezes, são difíceis e tornam os experimentos demorados. O autor destaca ainda o fato de os computadores auxiliarem na construção de gráficos, coleta e análise de dados, monitoramento de experimentos etc. A experimentação vinculada à informática é, ao mesmo tempo, uma prática em sintonia com o trabalho científico, visto que o uso de computadores está fortemente presente na condução dos experimentos. Todavia, salienta-se que depreciar totalmente a tecnologia como enaltecê-la de forma acrítica é uma inadvertência.⁹

Depreende-se, portanto, que autores identificam carências infraestruturais que dificultam a realização de atividades experimentais nas

instituições de educação superior. Interpretamos tal carência como situações limite que necessitam ser problematizadas com o escopo de se vislumbrar o inédito viável que, neste caso, poderia se caracterizar pela exploração durante os experimentos dos chamados materiais alternativos. A experimentação com o uso de equipamentos “sofisticados” foi apontada como uma maneira de contribuir na minimização dos resíduos, o que poderia incluir as simulações computacionais, as quais foram raramente citadas. A informática ainda foi mencionada como um elemento importante na análise dos dados. Enfim, se aposta novamente que a disseminação na literatura em ensino de Química de propostas de experimento, com características como a valorização dos materiais alternativos, pode colaborar no processo de problematização do entendimento de que para realizar atividades experimentais é imperativa a presença de laboratórios estereotipados, sobretudo na educação básica, que é o futuro espaço de atuação dos licenciandos.

EXPERIMENTAÇÃO PROBLEMATIZADORA

Parte dos autores manifestou, explícita ou implicitamente, visões em consonância com um viés progressista de educação. Uma dessas visões está associada à ideia de que nem sempre o professor possui respostas às perguntas discentes:

A interpretação de cada experiência é tentada pelos alunos e pelo professor; à medida que a própria curiosidade do aluno leve este a chamar o professor e perguntar-lhe o que está ocorrendo. É claro que muitas vezes ocorre ao professor não conseguir interpretar de imediato o que se passa, mas é justamente aí que a aula fica mais rica. É nesse momento, em que aluno e professor põem as suas cabeças a trabalhar em conjunto, que o aprendizado se dá com maior intensidade.”²⁹ (p. 167-168).

A respeito dessa possibilidade, Freire¹³ menciona que assumir aos discentes a falta de respostas, quando for o caso, é relevante para os estudantes acreditarem nas respostas àquelas perguntas que o professor souber responder. Subjacente a isso está a compreensão de que uma prática dialógica não implica na negação de momentos explicativos. Se o processo é efetivamente dialógico, todos os sujeitos têm, igualmente, o direito de se expressar, entre os quais o professor. Cabe assinalar ainda na proposta o incentivo aos questionamentos dos discentes, visto que, com frequência, os alunos somente são provocados a responder perguntas. De outra parte, o fato de os professores fazerem perguntas não é um demérito, pois é uma ação que pode favorecer a explicitação do conhecimento inicial dos alunos sobre o assunto estudado:

[...] procure pensar e responder o seguinte: imagine todos os indicadores misturados, e que o procedimento anteriormente feito com cada um deles individualmente fosse agora repetido com esta mistura. Quais seriam as cores desenvolvidas para cada valor de pH? Discuta com seus colegas, tente estabelecer estas cores e, após esta discussão prossiga o experimento. Agora faça um experimento que possibilite a verificação de suas previsões. De posse dos resultados obtidos no experimento que você propôs e daqueles previstos anteriormente [...] Quais as vantagens em se utilizar uma mistura de indicadores ao invés de um único?”²² (p. 407).

A apreensão do conhecimento é uma prática imperativa em uma perspectiva progressista de educação.¹³ Reconhece-se, portanto, a não neutralidade das interações entre o sujeito e o objeto do conhecimento. Além disso, identificar o conhecimento inicial contribui para elaborar

e desenvolver o experimento, assim como para interpretar os diferentes níveis de apropriação do conhecimento novo pelos alunos. Se entendemos a explicitação do conhecimento do estudante como ponto de partida de uma atividade experimental, também entendemos que tal explicitação não precisa se encerrar nos momentos iniciais de um experimento e nem do processo educativo. Por outro lado, em certas ocasiões, as perguntas em momentos iniciais da experimentação não favorecem a explicitação do conhecimento:

Como regra geral, algumas informações ou questões apresentadas em negrito nos roteiros sugeridos são tópicos que os alunos têm que pesquisar e trazer para uma discussão prévia sobre o experimento a ser realizado [...] tentando garantir que os alunos se preparem adequadamente para as atividades laboratoriais [...] (p. 1034).

A maneira como os questionamentos são encaminhados se assemelha às perguntas frequentemente propostas pelos docentes para a resolução de problemas e exercícios que deveriam mostrar a apropriação pelos alunos dos conteúdos estudados previamente. São perguntas que cumprem uma função em determinados momentos do processo de ensino e aprendizagem, mas mostram uma opacidade para a explicitação do conhecimento inicial dos estudantes, pois teriam que consultar bibliografia para responder aos questionamentos. Logo, nem toda pergunta se configura como uma problematização.³¹ Entre outras características, a problematização é um processo que favorece a explicitação dos conhecimentos discentes e o diálogo em torno destes, de modo a apontar prováveis contradições e limitações dos conhecimentos apreendidos, sinalizando a necessidade de se apropriar de novos conhecimentos no processo educativo.³¹

A análise releva visões que, às vezes, se aproximam de um viés progressista. Uma dessas visões está vinculada à valorização da explicitação do conhecimento inicial dos alunos nos diferentes momentos de uma atividade experimental. Os questionamentos se constituem em uma possibilidade para favorecer tal explicitação, mas se nota que nem todas as perguntas se caracterizam como problematizações. Sumarizando, destaca-se que se faz necessária não somente a problematização das compreensões docentes em torno das atividades experimentais, mas a presença da própria problematização nos experimentos desenvolvidos nas componentes curriculares de Química da educação superior. Em outros termos, pode-se afirmar que promover a problematização no decorrer dos experimentos é um modo de problematizar implicitamente a forma como a experimentação tem se perpetuado no ensino de Química, isto é, como uma maneira de tentar “comprovar” os conhecimentos teóricos estudados previamente.³²

A DIMENSÃO ESTÉTICA DAS ATIVIDADES EXPERIMENTAIS

A estética dos experimentos foi um aspecto valorizado em parte das propostas. Sobre o “colorido”, por exemplo, que em geral caracteriza as atividades experimentais, houve distintas interpretações, uma das quais segue abaixo:

A regeneração da resina A, por tratamento com solução de H_2SO_4 , forneceu um líquido azul e a da resina B, utilizando solução de $NaOH$, um líquido amarelo [...]. Novamente a maioria dos alunos se restringiu às colorações, não se empenhando em compreender o que ocorrera [...] os alunos, que não consideraram os íons incolores presentes na solução verde, erraram também, como consequência, estas duas questões.³³ (p. 963).

O “fascínio” dos estudantes pelos experimentos de Química e o “perigo” decorrente deste é um objeto de reflexão bastante antigo. Para Bachelard,³⁴ muitas vezes a única lembrança discente relativa às aulas de Química são as explosões. Quando a observação colorida e pitoresca se sobressai, o autor sinaliza a presença da experiência primeira que pode trazer resultados improdutivos à construção do conhecimento. Entretanto, o experimento representado pelo fragmento não está em sintonia com a ideia de experiência primeira, pelo contrário. A apreciação pela dimensão estética também é frequente em experimentos de Química destinados à educação básica.¹

Outros autores salientaram a necessidade de a preocupação com a estética do experimento ser acompanhada pelo cuidado com a integridade física dos participantes:

[...] o fogo é algo que impressiona o homem desde a antiguidade e tem impacto visual para estudantes e, em condições seguras, é útil para ilustrar propriedades do biodiesel.³⁵ (p. 1379).

Freire,¹³ apesar de não tratar explicitamente da experimentação no ensino de Ciências, destaca que, no movimento da ingenuidade à criticidade, a estética precisa estar associada à ética. Com base nisso, entendemos que o desenvolvimento de experimentos esteticamente “bonitos” necessita respeitar a integridade física dos estudantes e o meio abiótico e biótico, como um todo. Soma-se a isso o fato de os experimentos bonitos não garantirem, por si só, a aprendizagem discente do conhecimento sistematizado. Essa aprendizagem é essencial na visão progressista de educação que defendemos.

Logo, a dimensão estética das atividades experimentais de Química é um aspecto estimado na educação superior. Uma das interpretações acerca dessa dimensão é aquela que valoriza os “experimentos bonitos” como vinculados de forma intrínseca a questões de ordem ética, como o respeito à integridade física. O encanto pelo colorido presente amiúde nos experimentos de Química pode ser problematizado durante a realização de tais atividades na educação superior, inclusive como um modo de desfavorecer entre os licenciandos, por exemplo, esse encantamento, cujas consequências são funestas no seu futuro exercício profissional.

SÍNTESE E ENCAMINHAMENTOS

Depreende-se do exposto nas categorias que parte dos artigos explicita uma preocupação com a integridade física dos alunos e com as consequências dos resíduos. Identifica-se também uma situação limite em instituições de ensino brasileiras, a saber: a carência infraestrutural. Por isso, foi frequente a proposição de experimentos com “materiais alternativos” como um modo de vislumbrar o inédito viável. Nesta rota, aparecem as simulações computacionais que podem colaborar na minimização dos resíduos, sobretudo para aqueles casos em que não se sabe como realizar um tratamento a eles. Assinala-se igualmente, de forma positiva, o fato de parte das propostas valorizarem a apreensão do conhecimento discente. Visões como essas podem constituir aquilo que Freire⁹ denomina de consciência máxima possível ou consciência crítica em contraposição à consciência real (efetiva) ou consciência ingênua.

Provavelmente muito do discurso sobre experimentação publicado pelos autores dos artigos foi aprendido pela vivência como estudantes em experimentos realizados durante o seu desenvolvimento profissional. Mesmo que tais autores tenham participado de processos formativos em que a experimentação foi tratada como um conteúdo próprio da docência, o simples fato de aprenderem acerca das atividades experimentais pela vivência de tais atividades é um indicativo de que se faz imperativo assumir como necessário o estudo

sistematizado da experimentação na formação de professores para os diferentes níveis educacionais. Caso contrário, as críticas - há muito disseminadas na literatura aos experimentos promovidos nos laboratórios didáticos - permanecerão, juntamente com o fomento à apropriação e ao reforço de entendimentos pouco adequados sobre os experimentos. Ou seja, ou se opta pelo estudo explícito das atividades experimentais no desenvolvimento profissional dos docentes da educação superior em Química - e das demais áreas das Ciências da Natureza - ou se continua valorizando e acentuando ainda mais o problema a respeito da apropriação dos conhecimentos relativos à experimentação.

De outra parte, cumpre notar que foram identificados, na análise dos artigos, avanços importantes no discurso acerca da experimentação em relação às visões que predominaram nos difundidos projetos norte-americanos (por exemplo, *Chemical Education Material Study - CHEMS*) e ingleses (cursos *Nuffield*) publicados em meados do século passado. Em parte isso já era esperado, uma vez que a pesquisa tinha como pressuposto apontar características importantes a serem incorporadas em experimentos. Porém, isso de certa forma envolve um paradoxo, pois se, em geral, os docentes de Química na educação superior praticamente não têm oportunidade de vivenciar processos formativos sobre a docência, seria esperado que não fossem identificados discursos contemporâneos concernentes à experimentação. Com base nisso, parece importante investigar os caminhos formativos percorridos por esses autores que atuam como formadores em componentes curriculares de conteúdo específico e que estão, de alguma maneira, envolvidos com o “discurso educacional” nesse cenário de predomínio da pesquisa em detrimento da docência. Em outras palavras, vislumbrar tais caminhos é um modo de também buscar conhecer como se pode proporcionar a problematização das atividades experimentais no desenvolvimento profissional dos docentes de Química.

Reconhece-se que citações de outras produções textuais em ensino de Química/Ciências nos artigos com propostas de experimentos analisados, por si só, já aludem uma interação dos autores com o conhecimento sistematizado pela comunidade de pesquisadores em ensino de Química. A multiplicidade de vozes presentes nas propostas de experimento, por exemplo, reforça o argumento de que o texto não se faz somente com a voz de quem o produz, mas com a de outros sujeitos que podem ser os próprios pesquisadores em ensino de Química, na condição de destinatários - especialmente na qualidade de potenciais pareceristas - ou interlocutores teóricos. Enfim, a multiplicidade de vozes é uma consequência da polifonia do texto.³⁶ Por outro lado, é justo registrar que há propostas de experimento analisadas que estão minimamente entremeadas por reflexões educacionais fundamentadas na literatura.

Por fim, ressalta-se que o discurso dos formadores das componentes curriculares de conteúdo específico sobre as atividades experimentais para a educação superior em Química é similar àquele relativo aos experimentos para o ensino médio.¹ Há uma aposta em ambos os níveis de educação na utilização de “materiais alternativos”. Assemelham-se inclusive no “silêncio”, pois a proposição explícita de experimentos para alunos cegos, por exemplo, é um dos aspectos inexplorados nas sugestões de experimentos seja para a educação básica seja para a educação superior. Entende-se essa lacuna como um dos desafios para a pesquisa em ensino de Ciências, bem como a apresentação de subsídios para promover a problematização do conhecimento docente sobre as atividades experimentais.

REFERÊNCIAS

- Gonçalves, F. P.; Marques, C. A.; *Investigações em Ensino de Ciências* **2006**, *11*, 219.
- Galiuzzi, M. C.; Gonçalves, F. P.; *Quim. Nova* **2004**, *27*, 326.
- Schnetzler, R. P.; *Quim. Nova* **2002**, *25*, Suplemento 1, 14.
- Francisco, C. A.; Queiroz, S. L.; *Quim. Nova* **2008**, *31*, 2100.
- Brzezinski, I.; *Formação de profissionais da educação (1997-2002)*, Ministério da Educação: Brasília, 2006.
- Campanario, J. M.; *Enseñanza de las Ciencias* **2003**, *21*, 319.
- Campanario, J. M.; *Enseñanza de las Ciencias* **2002**, *20*, 315.
- Catani, D. B.; Bastos, M. H. C.; *Educação em Revista: imprensa periódica e história da educação*, Escrituras: São Paulo, 1997.
- Freire, P.; *Pedagogia do Oprimido*, 40ª ed., Paz e Terra: Rio de Janeiro, 2005.
- Delizoicov, D.; *Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia* **2008**, *1*, 37.
- Freire, P.; *Extensão ou comunicação?*, Paz e Terra: Rio de Janeiro, 1977.
- Coelho, J. C.; *Dissertação de Mestrado*, Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil, 2005.
- Freire, P.; *Pedagogia da Autonomia: saberes necessários à prática educativa*, 30ª ed., Paz e Terra: São Paulo, 1996.
- Moraes, R.; Galiuzzi, M. C.; *Análise Textual Discursiva*, Editora Unijuí: Ijuí, 2007.
- Tubino, M.; Simoni, J. A.; *Quim. Nova* **2007**, *30*, 1763.
- Brasil; *Estatuto da Criança e do adolescente*, Lei nº 8.069, de 13 de julho de 1990.
- Cardoso, W. S.; Longo, C.; De Paoli, M.-A.; *Quim. Nova* **2005**, *28*, 345.
- Carvalho, I. C. M.; *Educação Ambiental: a formação do sujeito ecológico*, Cortez: São Paulo, 2004.
- Vianna, J. F.; Pires, D. X.; Viana, L. H.; *Quim. Nova* **1999**, *22*, 765.
- Navarro, M.; Sena, V. L. M.; Srivastava, R. M.; Navarro, D. M. A. F.; *Quim. Nova* **2005**, *28*, 1111.
- Prado, A. G. S.; Faria, E. A.; Padilha, P. M.; *Quim. Nova* **2005**, *28*, 544.
- Silva, C. R.; Simoni, J. A.; *Quim. Nova* **2000**, *23*, 405.
- Rocha, F. R. P.; Martelli, P. B.; Reis, B. F.; *Quim. Nova* **2000**, *23*, 119.
- Müller, R. A.; Batres, E. J. Q.; *Quim. Nova* **1995**, *18*, 382.
- Baggott, L.; Nichol, J. Em *Practical Work in school science: which way now?*; Wellington, J., ed.; Routledge: London, 1998, cap. 15.
- Barton, R. Em ref. 25, cap. 14.
- Pernaut, J. M.; Matencio, T.; *Quim. Nova* **1999**, *22*, 899.
- Hodson, D. Em ref. 25, cap. 6.
- Faria, R. B.; *Quim. Nova* **1985**, *8*, 167.
- Simoni, D. A.; Andrade, J. C.; Faigle, J. F. G.; Simoni, J. A.; *Quim. Nova* **2002**, *25*, 1034.
- Delizoicov, D. Em *Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia em uma concepção integradora*; Pietrocola, M., ed.; Ed. da UFSC: Florianópolis, 2005, cap. 6.
- Domin, D. S.; *J. Chem. Educ.* **1999**, *76*, 543
- Osório, V. K. L.; Kuya, M. K.; Maia, A. S.; Oliveira, W.; *Quim. Nova* **2003**, *26*, 960.
- Bachelard, G.; *A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento*, Contraponto: Rio de Janeiro, 1996.
- Rinaldi, R.; Garcia, C.; Marciniuk, L. L.; Rossi, A. V.; Shuchardt, U.; *Quim. Nova* **2007**, *30*, 1374.
- Bakhtin, M.; *Problemas da poética de Dostoiévski*, Editora Forense-Universitária: Rio de Janeiro, 1981.