química nova na escola

IUPAC2017 São Paulo, Brazil

VOLUME 38

Nº 1, FEVEREIRO 2016

4 O Incrível Mundo dos Materiais Porosos – Características, Propriedades e Aplicações
A. V. Santos, M. M. Viana, F. H. A. Medeiros e N. D. S. Mohallem

12 Digerindo a Química Biologicamente: A Ressignificação de Conteúdos a Partir de Um Jogo
L. M. Leite e J. C. G. Rotta

20 Limpando Moedas de Cobre: Um Laboratório Químico na Cozinha de Casa
D. L. A. Faria, N. D. Bernardino, S. R. M. Setubal, V. Novais e V. R. L. Constantino

25 Breve Discussão Histórica sobre a "Descoberta" dos Lantanídeos e sua Relação com as Teorias de Luz e Cores de Maxwell e Einstein
R. Galvão e J. F. S. Menezes

33 Análise de Instrumentos de Avaliação como Recurso Formativo
M. S. Freire, M. G. L. Silva e C. N. Silva Júnior

40 Ensino por Temas: A Qualidade do Ar Auxiliando na Construção de Significados em Química
M. A. N. Silva e A. L. Quadros

47 Desenvolvimento e Aplicação de *Webquest* para Ensino de Química Orgânica: Controle Biorracional da Lagarta-do-Cartucho do Milho
T. E. M. Silva, S. Bernardinelli, F. F. Souza, A. P. Matos e V. G. Zuin

54 Contribuição da Escrita Reflexiva à Reelaboração de Saberes: Olhares de Licenciandos Participantes do PIBID Química
A. F. Afonso, C. S. Leandro, P. T. S. Falcão, R. V. Bertolin, C. M. P. Marques e D. A. V. Zanon

60 Isômeros, Funções Orgânicas e Radicais Livres: Análise da Aprendizagem de Alunos do Ensino Médio Segundo a Abordagem CTS
A. I. Diniz Júnior e J. R. R. T. Silva

70 Concepções sobre Substância: Relações entre Contextos de Origem e Possíveis Atribuições de Sentidos
J. R. R. T. da Silva e E. M. R. do Amaral

79 Uma Proposta de Aula Experimental de Química para o Ensino Básico Utilizando Bioensaios com Grãos de Feijão (*Phaseolos vulgaris*)
G. L. Sousa e A. S. M. Simões

84 A Experimentação na Docência de Formadores da Área de Ensino de Química
F. P. Gonçalves e C. A. Marques

química nova NA ESCOLA

ISSN 0104-8899
ISSN (on-line) 2175-2699
Fevereiro
2016
Vol. 38, Nº 1

Indexada no *Chemical Abstracts* e *EDUBASE*

EDITORES

Paulo Alves Porto (IQ-USP)
Salete Linhares Queiroz (IQSC-USP)

CONSELHO EDITORIAL

Alice Ribeiro Casimiro Lopes (FE-UERJ - Rio de Janeiro, RJ - Brasil)
António Francisco Carrelhas Cachapuz (UA - Aveiro, Portugal)
Attico Inacio Chassot (IPA - Porto Alegre, RS - Brasil)
Aureli Caamaño (UB - Barcelona, Espanha)
Edênia Maria Ribeiro do Amaral (UFRPE - Recife, PE - Brasil)
Eduardo Fleury Mortimer (UFMG - Belo Horizonte, MG - Brasil)
Eduardo Motta Alves Peixoto (IQ-USP - São Paulo, SP - Brasil)
Gisela Hernández (UNAM - Cidade do México, México)
Julio Cezar Foschini Lisbôa (GEPEQ-USP - São Paulo, SP - Brasil)
Lenir Basso Zanon (UNIJUÍ - Ijui, RS - Brasil)
Luiz Henrique Ferreira (UFSCar - São Carlos, SP - Brasil)
Marcelo Giordan (FE-USP - São Paulo, SP - Brasil)
Otávio Aloísio Maldaner (UNIJUÍ - Ijui, RS - Brasil)
Peter Fensham (QUT - Vitória, Austrália)
Roberto Ribeiro da Silva (UnB - Brasília, DF - Brasil)
Roseli Pacheco Schnetzler (UNIMEP - Piracicaba, SP - Brasil)

ASSISTENTE EDITORIAL

Giseli de Oliveira Cardoso

Química Nova na Escola é uma publicação trimestral da Sociedade Brasileira de Química que tem como local de publicação a sede da sociedade localizada no Instituto de Química da USP - Bloco 3 Superior, São Paulo - SP, Fone (11) 3032-2299, Endereço-e: sbqsp@iq.usp.br

Indexada no *Chemical Abstracts, DOAJ, Latindex* e *EDUBASE*

Correspondência deve ser enviada para:
Química Nova na Escola
Caixa Postal 26037
05513-970 São Paulo - SP
Fax (11) 3814-3602
Endereço-e: qnesc@sbq.org.b

Endereço: Av. Prof. Lineu Prestes, 748
05508-900, São Paulo - SP, Brasil
Fone: (11) 3032-2299

Química Nova na Escola na internet:
http://qnesc.sbq.org.br

Copyright©2016 Sociedade Brasileira de Química

Para publicação, requer-se que os manuscritos submetidos a esta revista não tenham sido publicados anteriormente e não sejam submetidos ou publicados simultaneamente em outro periódico. Ao submeter o manuscrito, os autores concordam que o *copyright* de seu artigo seja transferido à Sociedade Brasileira de Química (SBQ), se e quando o artigo for aceito para publicação.

O *copyright* abrange direitos exclusivos de reprodução e distribuição dos artigos, inclusive separatas, reproduções fotográficas, microfilmes ou quaisquer outras reproduções de natureza similar, inclusive traduções. Nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida, armazenada em bancos de dados ou transmitida sob qualquer forma ou meio, seja eletrônico, eletrostático, mecânico, por fotocopiagem, gravação, mídia magnética ou algum outro modo com fins comerciais, sem permissão por escrito da detentora do *copyright*.

Embora todo esforço seja feito pela SBQ, Editores e Conselho Editorial para garantir que nenhum dado, opinião ou afirmativa errada ou enganosa apareçam nesta revista, deixa-se claro que o conteúdo dos artigos e propagandas aqui publicados são de responsabilidade, única e exclusivamente, dos respectivos autores e anunciantes envolvidos. Consequentemente, a SBQ, o Conselho Editorial, os Editores e respectivos funcionários, diretores e agentes isentam-se, totalmente, de qualquer responsabilidade pelas consequências de quaisquer tais dados, opiniões ou afirmativas erradas ou enganosas.

revisão
Persio Nakamoto

diagramação/capa
Hermano Serviços de Editoração

Sumário/Contents

Química e Sociedade / Chemistry and Society

4 O Incrível Mundo dos Materiais Porosos – Características, Propriedades e Aplicações
The amazing world of porous materials – characteristics, properties and applications
A. V. Santos, M. M. Viana, F. H. A. Medeiros e N. D. S. Mohallem

Espaço Aberto / Issues/Trends

12 Digerindo a Química Biologicamente: A Ressignificação de Conteúdos a Partir de Um Jogo
Digesting the biologically Chemistry: the ressignification of content from a game
L. M. Leite e J. C. G. Rotta

Conceitos Científicos em Destaque / Scientific Concepts Highlighted

20 Limpando Moedas de Cobre: Um Laboratório Químico na Cozinha de Casa
Cleaning copper coins: a chemistry laboratory at the home kitchen
D. L. A. Faria, N. D. Bernardino, S. R. M. Setubal, V. Novais e V. R. L. Constantino

História da Química / History of Chemistry

25 Breve Discussão Histórica sobre a "Descoberta" dos Lantanídeos e sua Relação com as Teorias de Luz e Cores de Maxwell e Einstein
Brief historical discussion of the "discovery" of Lanthanides and its relationship with the Maxwell's and Einstein's theories of light and color
R. Galvão e J. F. S. Menezes

Relatos de Sala de Aula / Chemistry in the Classroom

33 Análise de Instrumentos de Avaliação como Recurso Formativo
Assessment instruments of analysis as formative feature
M. S. Freire, M. G. L. Silva e C. N. Silva Júnior

40 Ensino por Temas: A Qualidade do Ar Auxiliando na Construção de Significados em Química
Theme-oriented Teaching: the quality of air as a means of meaning making in chemistry
M. A. N. Silva e A. L. Quadros

47 Desenvolvimento e Aplicação de *Webquest* para Ensino de Química Orgânica: Controle Biorracional da Lagarta-do-Cartucho do Milho
Development and Application of a WebQuest for Organic Chemistry Teaching: Biorational Control of the Fall Armyworm
T. E. M. Silva, S. Bernardinelli, F. F. Souza, A. P. Matos e V. G. Zuin

Ensino de Química em Foco / Chemical Education in focus

54 Contribuição da Escrita Reflexiva à Reelaboração de Saberes: Olhares de Licenciandos Participantes do PIBID Química
The Contribution of Reflexive Writing for the Reworking of Knowledge: Considerations by PIBID Chemistry Licentiate students
A. F. Afonso, C. S. Leandro, P. T. S. Falcão, R. V. Bertolin, C. M. P. Marques e D. A. V. Zanon

60 Isômeros, Funções Orgânicas e Radicais Livres: Análise da Aprendizagem de Alunos do Ensino Médio Segundo a Abordagem CTS
Isomers, Functions Organic and Free Radicals: Analysis of Learning Students of Secondary Education According to Approach STS
A. I. Diniz Júnior e J. R. R. T. Silva

O Aluno em Foco / The Student in Focus

70 Concepções sobre Substância: Relações entre Contextos de Origem e Possíveis Atribuições de Sentidos
Conceptions on Substance: Relations Between Contexts of Origin ond Possible Meanings
J. R. R. T. da Silva e E. M. R. do Amaral

Experimentação no Ensino de Química / Practical Chemistry Experiments

79 Uma Proposta de Aula Experimental de Química para o Ensino Básico Utilizando Bioensaios com Grãos de Feijão (*Phaseolos vulgaris*)
A Proposal of Experimental Chemistry Class for Basic Education Using Bioassays with Grains of Bean (Phaseolos vulgaris)
G. L. Sousa e A. S. M. Simões

Cadernos de Pesquisa/Research Letters

84 A Experimentação na Docência de Formadores da Área de Ensino de Química
The experimentation in teaching trainers of the chemistry teaching area
F. P. Gonçalves e C. A. Marques

http://dx.doi.org/10.5935/0104-8899.20160001

Nas salas de aula, uma nova versão da tabela periódica

O ano de 2016 se inicia com uma notícia alvissareira para a comunidade de químicos: a *International Union of Pure and Applied Chemistry* (IUPAC) anunciou a inserção de quatro novos elementos à tabela periódica. Esta se encontra agora completa até o sétimo período com a presença dos elementos 113, 115, 117 e 118, que ainda não possuem nome oficial e foram provisoriamente denominados, respectivamente, de ununtrio, unumpêntio, ununséptio e ununóctio. A produção desses elementos, altamente radioativos, foi realizada por cientistas dos Estados Unidos, da Rússia e do Japão e direciona os olhares do mundo inteiro para um dos instrumentos mais valiosos para iluminar os caminhos na pesquisa científica. A magia da tabela periódica, difundida em livros como os de Oliver Sacks (*Tio Tungstênio: memórias de uma infância química*) e de Primo Levi (*A tabela periódica*), nos quais se mesclam conceitos e processos químicos com lembranças autobiográficas, renasce com a sua ampliação.

Seria uma pena se essa nova versão da tabela periódica circulasse nas salas de aula em contextos carentes de inovações nas práticas educativas, e se toda a magia que acompanha esse instrumento de trabalho dos químicos se perdesse em abordagens não prazerosas e inadequadas para a aprendizagem. Nessa perspectiva, é premente a necessidade de adoção de ações amplamente difundidas na literatura e capazes de trazer um sopro de renovação aos ambientes de ensino, especialmente agora, quando está em discussão a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), documento que oferecerá subsídios para a orientação da educação básica no país. Experiências internacionais, que resultaram na produção de documentos de cunho similar, apontam para a relevância da preservação de conteúdos absolutamente essenciais para que os indivíduos tenham um conhecimento substancial da matéria em questão e do desenvolvimento de habilidades como argumentação, criatividade e capacidade de produzir em equipe. Para tanto, não é raro, por exemplo, o planejamento conjunto de aulas por parte de professores de áreas distintas que podem resultar no estímulo à colaboração entre os alunos e no fomento à independência para a realização de pesquisas que fundamentam a resolução de problemas solicitada nas tarefas escolares.

Integram o presente número de *Química Nova na Escola* artigos que se alinham com alguns dos pressupostos que inspiram a elaboração da BNCC, como o intitulado *Ensino por temas: a qualidade do ar auxiliando na construção de significados em química*. Nesse trabalho, os autores relatam uma experiência de ensino no nível médio que favoreceu a articulação do conhecimento químico a aspectos geográficos, econômicos e sociais por meio do estudo de dados sobre a qualidade do ar da região central de Belo Horizonte. Premissas que pautam o movimento Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) nortearam a escolha do tema e os procedimentos adotados em sala de aula.

A perspectiva CTS é retomada no artigo *Isômeros, funções orgânicas e radicais livres: análise da aprendizagem de alunos do ensino médio segundo a abordagem CTS*, a partir da realização de atividade proposta no âmbito do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (PIBID) na Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Uma segunda iniciativa vinculada ao PIBID, realizada da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), é relatada no artigo *Contribuição da escrita reflexiva à reelaboração de saberes: olhares de licenciandos participantes do PIBID Química*. Experiências vivenciadas pelos licenciandos são alvo de leitura, discussão, reflexão e registro em portfólios, tendo em vista a análise das contribuições da escrita reflexiva neles existentes. A sugestão de elaboração de portfólios reflexivos ou formativos tem sido mencionada por autores da QNEsc nos últimos anos, com destaque para ações realizadas na Universidade Federal do Rio Grande (FURG).

No artigo *Desenvolvimento e aplicação de uma webquest para o ensino de química orgânica: controle biorracional da lagarta-do-cartucho do milho*, encontram-se alinhadas iniciativas que traduzem tendências atuais no ensino de química e servem para revigorá-lo. Nesse contexto, destaca-se o fato de o trabalho ter sido idealizado com base em transposição didática de conhecimento gerado em laboratório de pesquisas em química, desenvolvida pelo Projeto Controle Biorracional de Insetos Praga, associado aos conteúdos específicos de química orgânica, assim como de sugerir a participação dos alunos do ensino médio em atividades colaborativas, mediadas por *webquest*, que abordam controvérsias científicas por meio da metodologia de estudo de casos.

A história da química e questões pertinentes à experimentação no ensino de química também estão presentes neste número a partir da discussão sobre a descoberta dos lantanídeos e de investigação a respeito de como a docência na licenciatura em química contribui para a aprendizagem sobre experimentação.

Desejamos a todos um excelente 2016 e uma ótima leitura dos artigos que integram a primeira revista do ano!

Paulo Alves Porto
Salete Linhares Queiroz

http://dx.doi.org/10.5935/0104-8899.20160002

O Incrível Mundo dos Materiais Porosos – Características, Propriedades e Aplicações

Amanda V. Santos, Marcelo M. Viana, Fernando H. A. Medeiros e Nelcy D. S. Mohallem

Os materiais porosos são abordados neste trabalho inicialmente de forma questionadora e reflexiva, correlacionando suas propriedades físico-químicas e aplicações à presença de poros. Alguns experimentos simples envolvendo materiais porosos são apresentados ao longo do texto, assim como alguns exemplos, dando maior ênfase para o carvão ativado, os catalisadores automotivos e os biomateriais. Diversas aplicações de cada um deles são também apresentadas, o que evidencia a grande aplicabilidade dos materiais porosos e justifica o crescente interesse da sociedade por eles.

▶ materiais porosos, porosidade, poros ◀

Recebido em 25/08/2014, aceito em 10/01/2015

Os materiais e a sociedade

Os materiais têm acompanhado a evolução do homem desde a pré-história na busca incessante por melhorias em sua qualidade de vida. Entre os primeiros materiais utilizados por nós estão a madeira e a pedra, além de ossos, peles, penas e outros de origem animal, que atenderam às necessidades do homem pré-histórico. Os materiais estão ligados à nossa história, ao nosso desenvolvimento e às nossas tradições. A importância deles é tão grande que dividimos nossa história em quatro grandes períodos, associados ao desenvolvimento e à utilização destes. São eles: Idade da Pedra, Idade da Pedra-Cobre, Idade do Bronze e Idade do Ferro (Callister Jr., 2012). Atualmente, após milhares de anos de desenvolvimento, temos como principais tipos de materiais: os cerâmicos, os poliméricos, os metálicos, os semicondutores e os compósitos. Esses últimos, por sua vez, são um tipo de material formado pela combinação de dois outros, que apresentam propriedades físicas e químicas nitidamente distintas. Separadamente, os constituintes do compósito mantêm suas características, porém quando estão combinados, formam um material com propriedades funcionais impossíveis de serem conseguidas em um componente individual. Todos esses materiais podem ser porosos ou não e eles todos fazem parte do nosso cotidiano, tornando nossa vida melhor e mais prática.

Agora, gostaríamos que você interrompesse por um instante sua leitura e desse uma olhada nos objetos que estão ao seu redor. Olhe e perceba os inúmeros materiais com diferentes níveis de tecnologia que o cercam, materiais desenvolvidos ao longo de séculos de estudos e aprimoramento. E então? Não viu nada assim? Preste mais atenção! Não precisa procurar apenas por aparelhos eletrônicos ou afins. Repare em objetos aparentemente simples. Olhe as paredes, o chão, os móveis. O que você vê? Concreto, madeira, papel, vidro, cerâmica, aço, plástico? Esses materiais supostamente simples são, na verdade, frutos de muito trabalho e pesquisa. Neles, há mais tecnologia e conhecimento químico do que você imagina!

Preste atenção agora nas paredes da sua casa. Na maior parte das vezes, elas são construídas utilizando-se tijolos, que são um exemplo de material poroso. É notável a presença de poros na superfície dos tijolos, mas será que eles estão presentes apenas na superfície desse material? Essa pergunta pode ser facilmente respondida se você quebrar um pedaço de tijolo e avaliar sua textura interna, o que comprovará a existência de poros internos com tamanhos e formatos variados.

Assim como o tijolo, existem inúmeros outros materiais com poros, externos e internos, que influenciam nas

A seção "Química e sociedade" apresenta artigos que focalizam diferentes inter-relações entre Ciência e sociedade, procurando analisar o potencial e as limitações da Ciência na tentativa de compreender e solucionar problemas sociais.

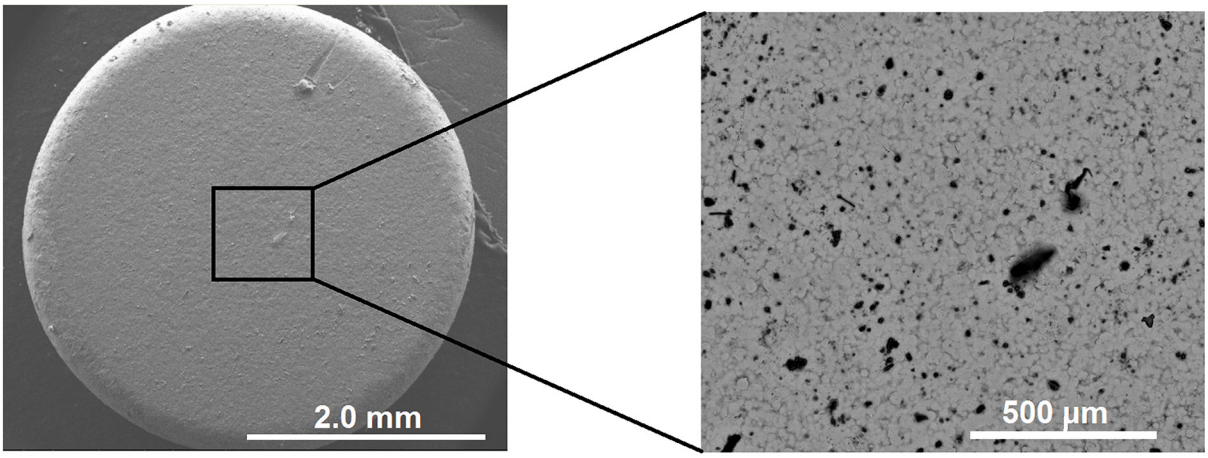


Figura 1: Imagens de MEV obtidas no Centro de Microscopia da UFMG mostrando a superfície de um sólido monolítico à base de neodímio-ferro-boro ($Nd_2Fe_{14}B$) em duas magnificações diferentes: esquerda – imagem de baixa magnificação (aumento de 30 vezes) – e direita – imagem de alta magnificação (aumento de 100 vezes).

características e propriedades destes. Com nosso tato e nossa visão, é possível ter uma percepção macroscópica da textura desses materiais. No entanto, será que essa percepção é suficiente para uma completa caracterização deles? Será que podemos prever suas propriedades utilizando apenas métodos convencionais? Uma avaliação minuciosa do tijolo, por exemplo, pode revelar grandes surpresas! Muitas vezes, existem poros tão pequenos nos materiais que eles só podem ser visualizados claramente com o auxílio de microscópios de alta resolução como os eletrônicos e os de ponta de prova (Mannheimer, 2002). Para exemplificar, a Figura 1 apresenta a imagem da superfície de um sólido monolítico – um magneto a base de neodímio-ferro-boro ($Nd_2Fe_{14}B$) recoberto com níquel – observada em um microscópio eletrônico de varredura (MEV). Na Figura 1 – imagem de baixa amplificação –, não se observam poros na superfície, mas na imagem de maior ampliação à direita, observa-se que a superfície na verdade apresenta poros de formatos e tamanhos irregulares.

Os materiais podem apresentar poros abertos ou fechados, externos ou internos e ter diversas formas como mostrado na Figura 2. Além disso, a União Internacional de Química Pura e Aplicada (em inglês, International Union of Pure and Applied Chemistry – IUPAC) propõe uma classificação em microporos, mesoporos e macroporos, de acordo com sua faixa de tamanho, conforme representado na Tabela 1.

A presença de poros e suas características, como tamanho, formato e posição, concedem propriedades diferenciadas aos materiais porosos, possibilitando inúmeras aplicações nas mais diversas áreas. Por exemplo, esses materiais são usados como catalisadores na indústria e como conversores em carros; estão presentes não só nos tijolos, mas também no concreto da sua casa; são encontrados no isopor, nos potes de barro, nos filtros de água, em pedras-pomes e no carvão; estão também nos hospitais, seja como o tradicional gesso ou como biomateriais de alta tecnologia; e podem ser utilizados ainda como materiais funcionais para proteção ambiental (Ferreira; Alves, 2007). Alguns exemplos de materiais porosos presentes no nosso cotidiano são mostrados na Figura 3.

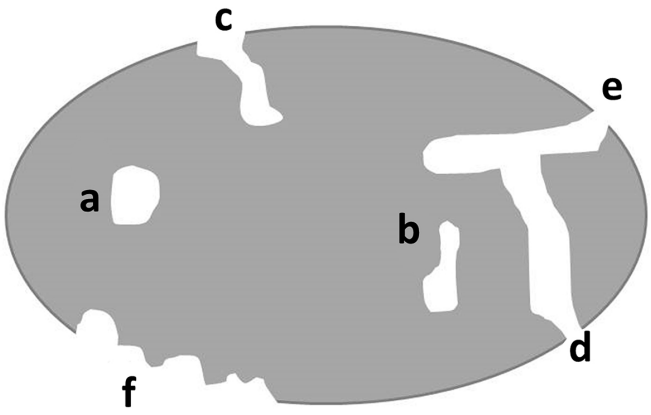


Figura 2: Esquema representativo de poros com diferentes tamanhos e formas: (a) e (b) poros fechados; (c) poro aberto; (d) e (e) poros abertos interconectados; (f) rugosidade da superfície.

Tabela 1: Classificação dos poros de acordo com seu tamanho, segundo a IUPAC.

Classificação	Tamanho do poro
Microporos	Diâmetro < 2 nm
Mesoporos	2 nm < Diâmetro < 50 nm
Macroporos	Diâmetro > 50 nm

Percebeu como os materiais porosos estão ligados às nossas vidas e ao nosso dia a dia? O que acha de descobrir como a ciência se aplica a esse fantástico e ainda não totalmente desvendado mundo dos materiais porosos? Que tal conhecer a tecnologia por detrás deles, explorar os métodos utilizados para caracterizá-los e descobrirmos juntos algumas de suas aplicações? É esse o convite que nós te fazemos: venha explorar conosco o incrível mundo dos materiais porosos e aprender um pouco sobre sua ciência!

A porosidade - uma importante propriedade

A presença de poros em um material é uma característica

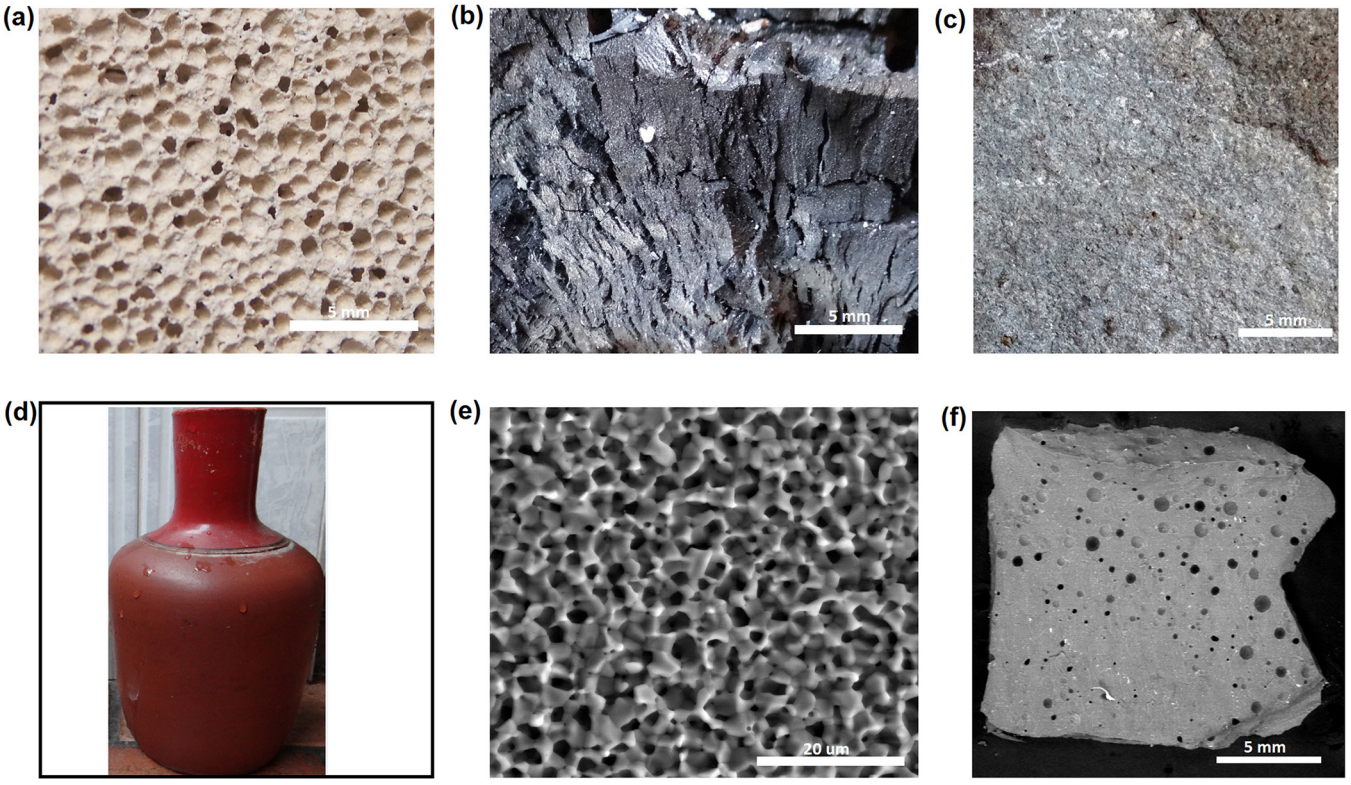


Figura 3. Fotografias de: (a) superfície de um monólito de pedra pomes; (b) superfície de um monólito de carvão vegetal; (c) superfície de um piso com cimento grosso; (d) uma jarra de barro; (e) superfície de uma pastilha de cerâmica; (f) superfície interna de uma panela de cerâmica.

que, em princípio, pode parecer irrelevante ou até mesmo dispensável. No entanto, isso não é verdade. Os poros podem trazer tanto vantagens quanto desvantagens ao material onde eles existem. Por exemplo, dependendo se esse material é metálico, cerâmico, polimérico ou um compósito, a presença não controlada de poros pode gerar tensões estruturais que levam à formação de trincas no corpo em análise. Por outro lado, a presença de poros em certos materiais pode ser bastante positiva e possibilitar diversas aplicações como veremos no decorrer do texto.

Um típico exemplo de material poroso é o pote de barro (ilustrado na Figura 3d), muito utilizado por nós para armazenar água potável. É perceptível que a temperatura da água contida nesse pote é menor quando comparada à temperatura da água que é armazenada em outros tipos de recipientes. Isso ocorre devido à presença de minúsculos poros na parede do pote de barro que permitem que moléculas de água atravessem a cerâmica e evaporem. Como a evaporação é um processo endotérmico, a água que evapora pela superfície externa do pote retira calor da vizinhança, fazendo com que a temperatura da água no interior deste abaixe. Você pode verificar esse fato experimentalmente de maneira muito simples: coloque um litro de água em um recipiente de vidro e meça sua temperatura com o auxílio de um termômetro; em seguida, coloque a mesma quantidade de água em um pote de barro; espere pelo menos uma hora; e meça novamente a sua temperatura. Você perceberá que a temperatura da água no pote de barro é menor que a temperatura da água no recipiente de vidro, apesar de não ter sido colocada na geladeira. É importante ressaltar que as temperaturas encontradas e a diferença entre elas dependerão da temperatura ambiente, da umidade relativa do ar no dia em que o experimento for realizado e da quantidade de água utilizada. A água no pote de barro pode ficar entre 3°C e 6°C abaixo da temperatura da água no recipiente de vidro.

Uma importante propriedade dos sólidos e materiais porosos é a densidade, propriedade física da matéria que reflete o estado de agregação desta. A densidade de um sólido é definida como sendo a razão entre sua massa e seu volume. Em materiais porosos, a região ocupada por poros é preenchida com ar, que possui um estado de agregação muito diferente do estado de agregação do sólido não poroso e, por isso, o volume de poros em um material tem grande influência sobre a densidade deste (Gregg; Sing, 1997).

Talvez você não saiba, mas existem diversos tipos de densidades: a teórica, a aparente e a real são alguns exemplos. A chamada densidade teórica é definida a partir do arranjo cristalino dos sólidos e é facilmente encontrada tabelada na literatura. No cálculo desse tipo de densidade, considera-se que não existem poros no material em análise e seus valores são geralmente muito próximos dos valores de densidade real. Para o melhor entendimento das densidades aparente e real, consideremos dois blocos com a mesma dimensão e constituídos pelo mesmo material como representado na Figura 4.

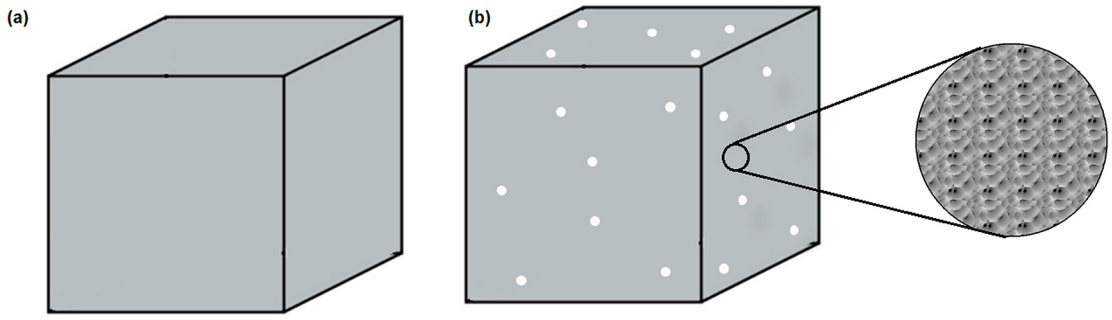


Figura 4: Comparação entre densidade real e aparente em materiais: a) não poroso; b) poroso.

O bloco da Figura 4a não apresenta poros, logo sua densidade é facilmente calculada pesando-se o bloco e determinando seu volume geometricamente. Nesse caso, o volume será o de um cubo. Você se lembra da expressão para o cálculo do volume de um cubo de aresta *a*? Tente recordar. Como não existem poros no interior desse sólido, o volume determinado é de fato o volume ocupado pelo próprio material e, portanto, a densidade calculada é sua densidade real - definida como sendo a razão entre a massa do sólido e seu volume real. Já o bloco da Figura 4b apresenta poros facilmente visualizados a olho nu e também poros menores como mostrado na ampliação. Sendo assim, o volume ocupado de fato pelo material é menor que o volume geométrico do sólido, já que neste existem espaços vazios. Logo, se calcularmos sua densidade da mesma maneira que fizemos para o bloco da Figura 4a, encontraremos a chamada densidade aparente. Você consegue perceber o porquê desse nome? Quando calculamos a densidade assim, nós não levamos em consideração a presença de poros no material. Dessa forma, atribuímos ao material um volume maior do que seu volume real, o que leva a uma medida de densidade menor do que deveria ser e, portanto, é chamada de aparente. Para determinarmos a densidade real desse bloco, é importante analisarmos a presença de poros internos que não apresentem conexão com a sua superfície: os chamados poros fechados. Dessa maneira, levamos em consideração somente o espaço ocupado de fato pelo material em questão, determinando seu volume real (Diniz, 2004).

Para verificar na prática como a densidade de um material é alterada pela presença de poros, você pode utilizar um pedaço de isopor (poliestireno $(C_8H_8)_n$) mergulhado em um recipiente contendo acetona. Inicialmente, quando colocamos o isopor na acetona, ele boia, uma vez que seus inúmeros poros internos estão cheios de ar. Entretanto, à medida que o tempo passa, a acetona interage com o poliestireno, modificando as interações intercadeias desse polímero. Isso leva à abertura dos poros e o ar que ali estava contido é perdido, fazendo com que a densidade do sistema aumente e o isopor passe, então, a afundar na acetona. Esse experimento mostra que o poliestireno é, na verdade, mais denso que a acetona, porém o isopor se torna menos denso devido à presença de seus poros internos.

Contudo, será que a porosidade e a densidade estão relacionadas às propriedades funcionais de um material? A resposta é sim. Os poros e a densidade influenciam importantes propriedades como propriedades mecânicas, ópticas e elétricas, entre outras. Tais propriedades dependem também dos formatos, dos tamanhos e de onde se encontram os poros: se interna ou externamente.

Técnicas de medida de densidade e de porosidade

Agora que você já sabe como a porosidade é importante e pode influenciar nas propriedades de um material, você deve estar se perguntando como podemos medi-la, não é mesmo? Para determinarmos a porosidade de um material, precisamos primeiro calcular suas densidades real e aparente. Então, como podemos calculá-las?

Para a determinação da densidade de sólidos, o primeiro passo é a determinação da massa deste, o que pode ser feito utilizando uma balança analítica com a precisão desejada. Determinada a massa, o próximo passo é determinar o volume do sólido. Além da estimativa do seu volume pelas medidas das suas dimensões geométricas e pela medida do volume de líquido deslocado por ele, existe uma técnica precisa que possibilita medir seu volume real, o que juntamente com a massa anteriormente medida permite o cálculo da densidade real do sólido. Tal técnica utiliza um aparelho chamado picnômetro a gás, que funciona baseado na lei do gás ideal (você se lembra qual é a equação do gás ideal? Procure descobrir!). Por esse motivo, o gás mais comumente utilizado é o hélio, uma vez que este é o gás real que melhor se aproxima de um ideal. Além disso, o hélio é inerte e apresenta átomos pequenos, conseguindo penetrar mais facilmente nos poros do material. No entanto, como esse equipamento funciona? O picnômetro a hélio é formado por duas câmaras de volumes exatamente conhecidos: uma câmara onde se coloca a amostra cujo volume se quer determinar e uma câmara de expansão, que atua como um volume de referência para a medida (Lowell; Shields, 1987). Essas duas câmaras são conectadas uma à outra por uma válvula de expansão como esquematizado na Figura 5.

Inicialmente, deixa-se todo o sistema à pressão atmosférica e mantém-se a válvula de expansão fechada. Admitindo-se que o hélio se comporta como um gás ideal e considerando-se apenas a câmara onde a amostra está, temos que:

$$P_a(V_a - V_s) = n_1 R T_a \quad (1)$$

onde P_a é a pressão atmosférica, V_s é o volume verdadeiro do

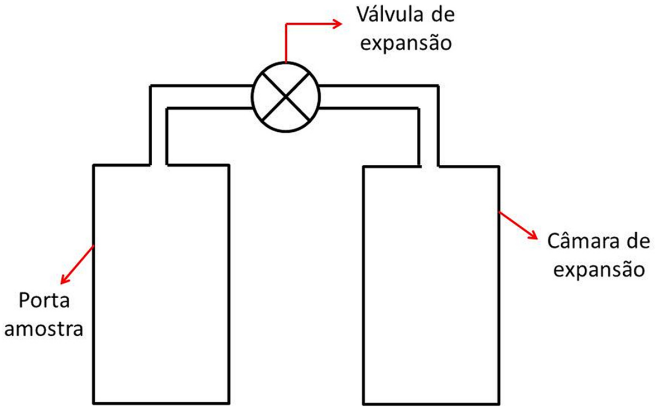


Figura 5: Esquema de um picnômetro a hélio.

sólido, V_a é o volume da câmara onde foi colocada a amostra, n_1 é o número de mols de hélio presentes em tal câmara, R é a constante universal dos gases e T_a é a temperatura ambiente.

Então, pressuriza-se a câmara de expansão até uma pressão P_1, o que leva a:

$$P_1 V_e = n_2 R T_a \quad (2)$$

onde V_e é o volume da câmara de expansão e n_2 é o número de mols de hélio que ocupam esse volume. Logo em seguida, a válvula é aberta e, consequentemente, a pressão se reduz até uma pressão P_2, devido à conexão entre as duas câmaras. Então, temos que:

$$P_2(V_a - V_s + V_e) = (n_1 + n_2) R T_a \quad (3)$$

Resolvendo o produto do segundo membro dessa equação e substituindo nela as equações 1 e 2, chegamos a:

$$P_2(V_a - V_s + V_e) = P_a(V_a - V_s) + P_1 V_e \quad (4)$$

Rearranjando matematicamente a equação 4, temos:

$$V_a - V_s = \frac{P_1 - P_2}{P_2 - P_a} V_e \quad (5)$$

Como as pressões P_1 e P_2 são medidas em relação à pressão atmosférica P_a, esta pode ser considerada igual a zero, logo a equação 5 pode ser escrita como:

$$V_a - V_s = \frac{P_1 - P_2}{P_2} V_e \quad (6)$$

Isolando então o termo V_s, chegamos à equação de trabalho do picnômetro a hélio:

$$V_s = V_a - V_e\left(\frac{P_1}{P_2} - 1\right) \quad (7)$$

Essa equação determina o volume real do sólido. Então, basta agora determinar a massa da amostra utilizando uma balança analítica e calcular a densidade real do material.

Para determinarmos a densidade aparente, por sua vez, podemos utilizar um método bastante simples. O primeiro passo é pesar, em uma balança analítica, uma amostra do material. Em seguida, colocamos determinado volume de água em uma proveta, sem que esta fique completamente cheia. Como devemos considerar o volume ocupado pelos poros no cálculo dessa densidade, envolvemos o sólido com filme plástico e o mergulhamos na proveta. O volume de água deslocado corresponderá então ao volume total da amostra. Basta agora dividir a massa encontrada pelo volume obtido para calcular a densidade aparente.

Pronto! Agora que já sabemos como podemos calcular as densidades real e aparente de um material, podemos determinar a porosidade deste. A porosidade P de um material, dada em porcentagem, pode ser calculada relacionando sua densidade aparente com sua densidade real - ou com sua densidade teórica – por meio da equação:

$$P = 1 - \frac{\rho_{ap}}{\rho_t} = 1 - \frac{\rho_{ap}}{\rho_r} \quad (8)$$

onde ρ_{ap} é a densidade aparente, ρ_t é a densidade teórica e ρ_r é a densidade real.

A porosidade de um material também pode ser determinada pela razão entre o volume ocupado pelos seus poros e o volume total do corpo em questão, como explicitado abaixo:

$$P = \frac{V_p}{V_p + V_s} \quad (9)$$

onde V_p é o volume total ocupado pelos poros e V_s é o volume real do sólido.

Dessa forma, existe uma técnica muito utilizada para determinar a porosidade de materiais, chamada porosimetria de mercúrio (Lowell; Shields, 1987). Com essa técnica, em apenas uma medida, é possível determinar as densidades real e aparente do material, o volume total de poros neste e sua distribuição de tamanhos. No entanto, a porosimetria é restrita à faixa dos macroporos. Vamos então entender como podemos utilizá-la para calcular a porosidade de um material? Quando um sólido é colocado em contato com um líquido, forma-se um ângulo de contato entre o líquido e a superfície sólida. Se esse ângulo for maior que 90°, o líquido não molha o sólido, ou seja, não é formada uma superfície sólido-líquido extensa e o líquido permanece na forma de gota como é mostrado na Figura 6a. O mercúrio apresenta esse comportamento para a maior parte dos materiais, logo, para que ele penetre nos poros de uma amostra, é necessário que seja exercida sobre ele uma força externa, causada pela aplicação de uma pressão externa. A Figura 6b mostra um esquema representativo dessa situação. Assim, o procedimento da porosimetria de mercúrio consiste em aumentar gradativamente a pressão externa aplicada e medir, para cada valor de pressão, o volume de mercúrio que é introduzido nos

poros da amostra. Quando esse volume não mais aumentar, significa que todos os poros externos do material já foram preenchidos e, então, o volume de mercúrio introduzido corresponde ao volume total de poros da amostra em análise. Então, determina-se o volume total do sólido por meio do mesmo procedimento sugerido no cálculo da densidade aparente. Conhecendo-se o volume total de poros e o volume total da amostra, basta dividir um pelo outro para determinar a porosidade.

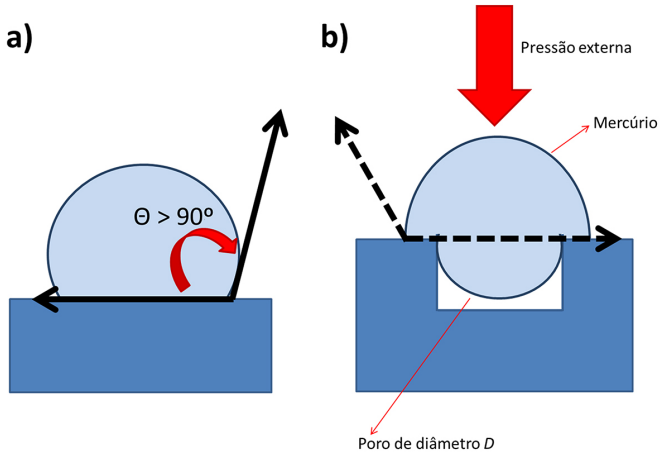


Figura 6: Mercúrio em contato com um sólido: a) relação entre a superfície sólido-líquido e o ângulo de contato; b) esquema de um porosímetro de mercúrio.

E então? O que você já aprendeu até aqui? Já entendemos como a porosidade dos materiais é uma característica importante e já sabemos como calculá-la. Percebemos também que os materiais porosos estão muito presentes no nosso dia a dia e que nós os utilizamos nas mais diferentes áreas com diversas finalidades. Vamos então falar um pouco mais sobre tais aplicações?

Aplicações – Os materiais porosos nas mais diversas áreas

Carvão ativado

Um exemplo de material poroso muito importante e amplamente utilizado é o carvão ativado. Carvões ativados são materiais carbonosos porosos que sofreram um processamento para aumentar sua reatividade por meio do aumento de sua porosidade interna. Praticamente todos os materiais que apresentam alto teor de carbono podem ser ativados, mas se utilizam mais comumente madeiras, carvões minerais, resíduos de petróleo, caroço de azeitona, grãos de café e cascas de coco. Para transformar esses materiais precursores em carvão ativado, são necessárias duas etapas básicas: a carbonização do precursor e a ativação propriamente dita. A primeira delas – a carbonização – consiste na pirólise, ou seja, um tratamento térmico do material precursor em atmosfera inerte e temperatura superior a 473 K. Você saberia calcular o valor dessa temperatura mínima em graus Celsius? Essa é uma etapa de preparação do material, na qual se removem componentes voláteis e gases leves – como CO, H_2, CO_2 e CH_4, o que leva a uma massa de carbono fixa com uma estrutura porosa primária que favorecerá a posterior ativação. Já na segunda etapa do processo – a ativação propriamente dita – será promovido o aumento da porosidade do carvão. Nesse processo, é muito importante que se controle as características básicas do material como distribuição de tamanho dos poros e atividade química da superfície, de acordo com o que é necessário para cada aplicação pretendida. A ativação pode ser feita por dois tipos de processos: ativação química e ativação física (Sugumaran et al., 2012). A ativação química consiste em submeter o material carbonizado a reações secundárias, que têm como objetivo aumentar a área superficial. Assim, ela ocorre a partir da impregnação do material não carbonizado com substâncias como ácido fosfórico, hidróxido de potássio e cloreto de zinco e posterior carbonização a temperaturas superiores a 673 K para remoção do reagente químico, expondo a estrutura porosa do carvão ativado. Já na ativação física, o material carbonizado passa por gases de arraste contendo oxigênio combinado, normalmente H_2O e CO_2, que se comportam como agentes oxidantes moderados na faixa de temperatura de 1073 K a 1273 K.

Os carvões ativados contêm micro, meso e macroporos em sua estrutura, cujas quantidades relativas dependem do precursor e do processo de fabricação. Devido a porosidade elevada, o carvão ativado apresenta grande capacidade de adsorção. Você sabe qual é a diferença entre absorção e adsorção? Na primeira, ocorre um aprisionamento de uma substância em um material poroso, enquanto que na segunda ocorre uma interação física ou química na superfície externa ou interna do material. Na adsorção, uma substância se acumula na superfície de outro material e pode ser removida do meio onde se encontrava. A substância adsorvida é chamada de adsorbato e o material onde ela fica retida é chamado de adsorvente. A Figura 7 mostra esquematicamente o fenômeno da adsorção superficial. Logo, quando dizemos que o carvão ativado tem grande poder adsorvente significa que ele é capaz de reter diferentes substâncias em seus poros e, por esse motivo, é o adsorvente mais amplamente utilizado na indústria. Ele é utilizado em processos de refinamento de açúcar, óleos e gorduras, por ser capaz de remover impurezas, melhorando a aparência e algumas das propriedades desses produtos. Ele é usado também na purificação de ar em hospitais e laboratórios de pesquisa. Na medicina, o carvão ativado é usado em casos de intoxicação e de envenenamento, uma vez que adsorve rapidamente toxinas que são eliminadas com ele, sem serem absorvidas pelo organismo e sem causarem maiores danos à saúde do indivíduo. Por essa mesma razão, ele também é usado para despoluir águas contaminadas com metais pesados – mercúrio e cádmio, por exemplo – ou com compostos orgânicos tóxicos.

Biomateriais

Podemos também citar como exemplo os biomateriais porosos, utilizados em próteses ou no reparo e preenchimento do tecido ósseo natural dos seres vivos. Tais biomateriais

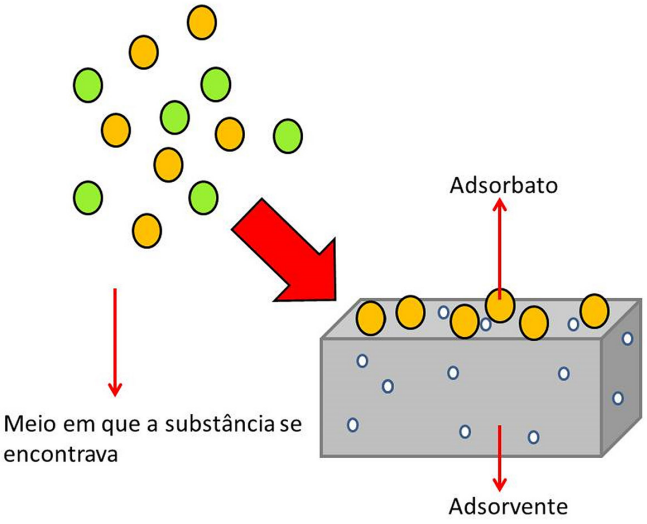


Figura 7: Ilustração do fenômeno adsorção na superfície de um material poroso.

agem como suporte à parte fisiologicamente ativa. A estrutura óssea natural humana apresenta micro, meso e macroporos interconectados, o que é extremamente útil para a fixação de componentes celulares, extracelulares e vasos sanguíneos. Portanto, algumas cerâmicas ou vitrocerâmicas porosas baseadas em fósforo e cálcio e confeccionadas por técnicas não convencionais podem ser utilizadas em substituição a tecidos ósseos. Como exemplo para o processo de preparação de cerâmicas macroporosas, podemos citar o método de replicação, que é baseado na impregnação de uma estrutura molde – sintética ou natural – à suspensão da cerâmica ou à sua solução precursora com o intuito de produzir poros que apresentem a mesma morfologia do material poroso original. Outra técnica, conhecida como molde de sacrifício, consiste na preparação de um compósito bifásico de uma matriz de partículas cerâmicas com outra fase, geralmente polimérica, chamada de fase de sacrifício, que pode ser eliminada termicamente, gerando a estrutura de poros desejada. Por fim, a técnica de formação de espumas a partir da estabilização com surfactantes ou partículas se apresenta como promissora por ser barata e rápida. Esta consiste na incorporação de ar ao interior da suspensão precursora da cerâmica que, após secagem, é submetida a um processo de sinterização a altas temperaturas para obtenção dos poros (Studart et al., 2006).

Alguns exemplos de materiais porosos utilizados como biomateriais em reconstituições ósseas são a hidroxiapatita ($Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$) e o biovidro (Na_2O-CaO-P_2O_5-SiO_2), que por possuírem composição e estrutura bastante semelhantes à do tecido ósseo, apresentam altas biocompatibilidade e bioatividade. Essas propriedades garantem uma eficaz interação dos tecidos vivos e do meio corpóreo com o biomaterial implantado. A hidroxiapatita é também muito importante e amplamente usada no tratamento de cáries dentárias, pois está diretamente relacionada com os processos de mineralização e desmineralização dos dentes (Silva, 2001). Outra importante aplicação das cerâmicas porosas como biomateriais é a liberação controlada de fármacos, em que um princípio ativo impregnado na matriz porosa é liberado de maneira precisa e eficiente, sendo possível diminuir a frequência com que um medicamento é ingerido. Nesse sentido, a cerâmica porosa atua como suporte para o fármaco, que é incorporado em seus poros e pode ser, por exemplo, marcado magneticamente para que seja guiado especificamente até o órgão no qual ele deve atuar.

Conversor catalítico

Um outro exemplo de material poroso é o conversor catalítico – ou catalisador automotivo – utilizado em veículos automotores. Você sabe qual é a função dele? A queima da gasolina nos veículos produz em maior quantidade gás carbônico e água, porém esses não são os únicos produtos resultantes da queima. São liberados também óxidos de enxofre e de nitrogênio, provenientes de impurezas contidas na gasolina; vapores de hidrocarbonetos que não foram queimados; e compostos de chumbo, quando a gasolina possui aditivos a base desse metal. Todos esses subprodutos resultantes da queima da gasolina são poluentes e causam danos ao ambiente e à nossa saúde. Por isso, é extremamente importante tomar providências para diminuir a liberação desses gases na atmosfera. É essa a função dos catalisadores automotivos: encontrados no escapamento dos veículos, eles convertem esses gases poluentes em dióxido de carbono, água e nitrogênio, que são produtos menos nocivos à nossa saúde ou ao ambiente. No entanto, como eles fazem isso? Os conversores catalíticos, mostrados na Figura 8, são feitos utilizando um material cerâmico poroso, a cordierita de magnésio ($2MgO.2Al_2O_3.5SiO_2$), que apresenta estrutura semelhante à de uma colmeia formada por minúsculos canais (Silva, 2010). Usualmente, a cordierita é fundida pelo processo de extrusão, formando um monólito com elevada

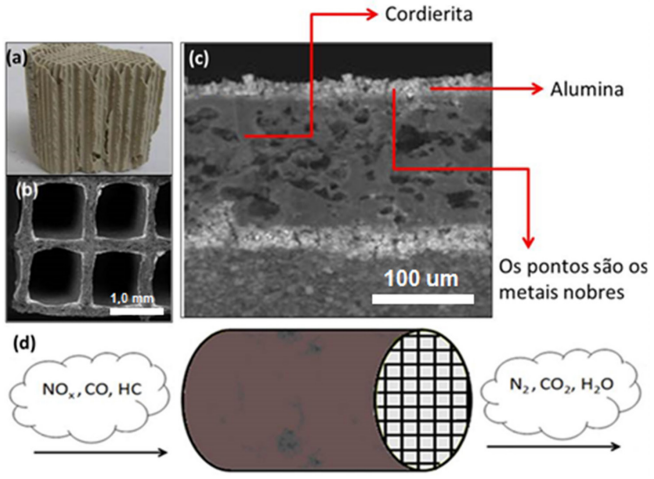


Figura 8: Imagem de um conversor catalítico evidenciando: a) estrutura longitudinal; b) estrutura porosa semelhante a uma colmeia (imagem de MEV); c) imagem do conversor visto no microscópio eletrônico de varredura, mostrando as morfologias da cordierita, do filme de alumina e os metais nobres; d) Imagem mostrando a conversão química de gases em um catalisador automotivo.

área superficial geométrica. Sobre essa estrutura porosa são aplicados filmes de alumina, também porosos, que suportam em seus poros metais nobres como platina, paládio, ródio e molibdênio. Tais metais são capazes de catalisar reações de oxidação e redução. Logo, ao passarem pelo catalisador automotivo, os gases advindos da queima do combustível sofrem essas reações e são oxidados ou reduzidos a gases menos poluentes. Dessa forma, diminui-se a quantidade de gases nocivos lançados na atmosfera e reduz-se o impacto ambiental causado pelo uso de combustíveis fósseis. Atualmente, os conversores catalíticos podem reduzir as emissões de gases poluentes em mais de 90%.

Diversos outros materiais porosos como zeólitas, utilizadas no craqueamento de moléculas que compõem o petróleo, nanotubos de carbono utilizados como adsorvedores de moléculas poluentes e metais pesados, e dióxido de titânio (TiO_2) poroso para confecção de células solares mais eficientes também demonstram a importância destes e seus impactos tecnológicos na sociedade.

Considerações finais

Como você pôde perceber, os materiais porosos estão em toda parte e têm grande importância na nossa sociedade. Nessa nossa jornada de descobertas, aprendemos como algo aparentemente insignificante como a porosidade, é na verdade muito importante, por permitir um amplo espectro de aplicações. Comentamos e compreendemos as características e as aplicações de alguns materiais porosos por meio dos nossos conhecimentos de sala de aula e do dia a dia. Aprendemos o significado de certos termos e novas teorias e percebemos como a ciência é essencial para o entendimento do mundo em que vivemos.

Nossa intenção neste texto não foi de abordar todos os usos dos materiais porosos apresentados nem mesmo de aprofundar em técnicas de caracterização. Buscamos tratar de forma simples e compreensível aspectos básicos referentes a materias porosos, a fim de que você conhecesse um pouco mais sobre esse materiais, tão importantes e dos quais tão pouco se fala ou se tem acesso em livros didáticos. Esperamos ter contribuído para a construção do seu conhecimento e para instigar sua curiosidade acerca da ciência dos materiais.

Agradecimentos

Os autores agradecem aos órgãos de fomento CNPq, FAPEMIG e CAPES e ao Centro de Microscopia da UFMG pelas imagens

Amanda Vitória Santos (amandasantosenq@outlook.com) é graduanda em Engenharia Química (Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais – PUC Minas). Belo Horizonte, MG – BR. **Marcelo Machado Viana** (marcelomavi@yahoo.com.br), licenciado em Química, mestre e doutor em físico-química (Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG), é docente no Departamento de Física e Química da PUC Minas. Belo Horizonte, MG – BR. **Fernando Henrique Alves Medeiros** (fernando100zxy@yahoo.com.br) é graduando em Engenharia Química (UFMG). Belo Horizonte, MG – BR. **Nelcy Della Santina Mohallem** (nelcy@ufmg.br) graduada em física pela UNICAMP, mestre em Ciências Técnicas Nucleares pela UFMG, doutora em Física Aplicada pela USP, é docente do Departamento de Química da UFMG. Belo Horizonte, MG – BR.

Referências

CALLISTER JR., W.D. *Ciência e engenharia de materiais*: uma introdução. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

DINIZ, C.F. *Síntese de aluminas porosas*: aplicações em dispositivos de liberação controlada de drogas. 2004. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2004.

FERREIRA, O.P.; ALVES, O.L. Ecomateriais: desenvolvimento e aplicação de materiais porosos funcionais. *Química Nova*, v. 30, n. 2, p. 464-467, 2007.

GREGG, S.J.; SING, K.S.W. *Adsorption, surface area and porosity*. 4. ed. Londres: Academic Press, 1997.

LOWELL, S.; SHIELDS, J.E. *Powder surface area and porosity*. 3. ed. Londres: Chapman and Hall, 1998.

MANNHEIMER, W.A. *Microscopia dos materiais*: uma introdução. Rio de Janeiro: E-papers, 2002.

SILVA, R.A. *Estudo das características morfológicas, texturais e estruturais dos catalisadores automotivos, síntese e caracterização de filmes alternativos*. 2010. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

SILVA, R.R.; FERREIRA, G.A.L.; BAPTISTA, J.A.; DINIZ, F.V. A química e a conservação dos dentes. *Química nova na escola,* v. 13, p. 3-8, 2001.

STUDART, A.R.; GONZENBACH U.T.; TERVOORT E.; GAUCKLER L.J. Processing routes to macroporous ceramics: a review. *Journal of the American Ceramic Society*, v. 89, n. 6, p. 1771-1789, 2006.

SUGUMARAN, P.; SUSAN, V.P.; RAVICHANDRAN, P.; SESHADRI, S. Production and characterization of activated carbon from banana empty fruit bunch and Delonix regia fruit pod. *Journal of Sustainable Energy & Environment*, v. 3, p. 125-132, 2012.

Abstract: *The amazing world of porous materials – characteristics, properties and applications.* In this work, porous materials are discussed initially in an inquisitive and reflective way, correlating their physicochemical properties and applications with the presence of pores. Some simple experiments involving porous materials are presented throughout the text as well as some examples, emphasizing materials as activated carbon, automotive catalysts and biomaterials. Several applications of each one are also shown, which evidences the wide applicability of the porous materials and justifies the growing interest of society for them.
Keywords: porous materials, porosity, pores.

http://dx.doi.org/10.5935/0104-8899.20160003

Digerindo a Química Biologicamente: A Ressignificação de Conteúdos a Partir de Um Jogo

Luciana M. Leite e Jeane C. G. Rotta

Os temas alimentação, digestão e nutrição integram o cotidiano ao ambiente escolar, mas quando abordados com uma pedagogia centrada na transmissão de conceitos e que desconsidera os aspectos químicos, podem contribuir para um ensino fragmentado, descontextualizado e desmotivador. Os objetivos dessa pesquisa foram conhecer se alunos do ensino médio relacionavam os conhecimentos sobre os temas alimentação, nutrição e digestão, aprendidos nas aulas de ciências, com situações cotidianas e se identificavam a presença da química nesses temas. Para tanto, utilizamos um questionário e um jogo. Os resultados indicaram a falta de conceituação científica dos estudantes sobre esses temas e a não identificação com clareza dos conteúdos de química presentes na temática. A utilização do jogo proporcionou aos alunos motivação para aprenderem sobre a temática, bem como possibilitou ressignificarem conceitos provenientes do conhecimento cotidiano, considerados cientificamente inadequados.

▶ contextualização, jogo didático, ensino de ciências ◀

Recebido em 29/09/2013, aceito em 18/01/2015

Pesquisas educacionais relatam um crescente desinteresse dos alunos pelo ensino de ciências, sendo considerados amplos e complexos os fatores envolvidos nesse fenômeno da desmotivação educacional (Cachapuz; Praia; Jorge, 2004; Jenkins; Nelson 2005; Fonseca; Loguercio, 2013). De acordo com Fourez (2003), o ensino de ciências se tornou muito técnico e os alunos têm a sensação de serem obrigados a terem uma visão semelhante a dos cientistas sobre o mundo. O autor argumenta que a ciência aplicada ao cotidiano despertaria maior interesse nos alunos, pois os conduziria à compreensão da história do conhecimento científico e do desenvolvimento humano por meio do avanço da ciência. De acordo com essa percepção, olhar para o passado poderia nos fornecer informações sobre como aconteceram as mais relevantes descobertas e como o progresso do conhecimento permitiu à sociedade atual as tecnologias para o aprimoramento de todas as ciências humanas.

Para Oliveira (2010) e Campos et al. (2002), a desmotivação educacional pode estar associada com um ensino de ciências distante da realidade dos alunos, baseado nos processos de transmissão-recepção dos conteúdos, que valorizam a memorização e apresentação das leis científicas como absolutas, sem discussões sistematizadas de suas aplicações.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) (Brasil, 1998) indicam que a compreensão dos conteúdos abordados em sala de aula não pode ser limitada apenas à transmissão de conceitos, mas precisa considerar a metodologia utilizada para a abordagem prática, valorizando o contexto educacional do educando. Essa orientação visa a uma abordagem baseada nas tendências pedagógicas multidisciplinaridade e interdisciplinaridade (Brasil, 1998, p. 36): *A compreensão dos fenômenos naturais articulados entre si e com a tecnologia confere à área de ciências naturais uma perspectiva interdisciplinar, pois abrangem conhecimentos biológicos, físicos, químicos, sociais, culturais e tecnológicos.*

Os PCN (Brasil, 1998) também orientam os professores a desenvolverem em seus alunos uma postura investigativa frente à participação humana em cadeias alimentares presentes em vários ambientes e sobre como são os diferentes processos pelos quais os seres vivos obtêm alimentos (Salay, 2005). Com base nesses documentos oficiais, as temáticas alimentação e nutrição podem ser trabalhadas no bloco saúde, focando as funções da nutrição e a sua relação com o tema alimentação. No terceiro ciclo dos PCN de Ciências Naturais para as Séries Finais do Ensino Fundamental, no

A seção "Espaço aberto" visa abordar questões sobre Educação, de um modo geral, que sejam de interesse dos professores de Química.

eixo temático *Vida e ambiente*, o conteúdo de alimentação é abordado com o tema *Dietas e consumo de alimentos*. Com base nessas orientações, ao proporcionarmos a interação dos assuntos alimentação e saúde humana, poderemos favorecer a reflexão sobre os hábitos alimentares cotidianos e o ensino de ciências, o que possibilitará o aprofundamento do estudo científico sobre essas temáticas no espaço educacional.

Freire (1996) aborda a importância de uma postura reflexiva e pesquisadora do professor frente à sua prática docente, pois esse posicionamento poderá auxiliar no desenvolvimento e aperfeiçoamento profissional. Fonseca e Loguercio (2013) ressaltam a importância da produção de materiais didáticos por professores da educação básica a partir de suas reflexões e de como a sua orientação pode otimizar o processo de aprendizagem nas aulas de ciências.

Freire (1996) aborda a importância de uma postura reflexiva e pesquisadora do professor frente à sua prática docente, pois esse posicionamento poderá auxiliar no desenvolvimento e aperfeiçoamento profissional. Fonseca e Loguercio (2013) ressaltam a importância da produção de materiais didáticos por professores da educação básica a partir de suas reflexões e de como a sua orientação pode otimizar o processo de aprendizagem nas aulas de ciências.

Focetola et al. (2012) relatam que os docentes estão diversificando suas ferramentas pedagógicas com o intuito de proporcionar um ensino dos conhecimentos científicos mais agradável aos seus alunos. Os autores destacam que os PCN consideram o uso de jogos uma ferramenta capaz de potencializar o desenvolvimento e o aprendizado do aluno.

Portanto, a proposta desse trabalho surgiu durante a realização das atividades da disciplina Estágio Supervisionado 2 de um curso diurno de licenciatura em Ciências Naturais da Faculdade UnB de Planaltina, quando observamos a necessidade de oportunizar, por meio do ensino de ciências contextualizado e interdisciplinar, a aprendizagem dos conceitos científicos presentes nos temas alimentação, nutrição e digestão humana.

As atividades de estágio incluíram observar a regência de um professor responsável por uma turma do 8º ano de uma escola da pública. Nesse período, os temas alimentação e nutrição estavam sendo abordados e foi possível notar que os conteúdos eram ministrados descontextualizados, fragmentados e sem relação entre si, visando à memorização de conteúdos e nomes científicos, especialmente das vitaminas. Outro aspecto observado foi a ausência de relação com os aspectos relacionados à química, enfatizando uma visão biológica do tema. Durante as aulas, os alunos aparentavam estar desinteressados e pouco participativos. A partir dessas reflexões sobre o estágio, surgiu a intenção de elaborarmos uma proposta didática que favorecesse a integração dos conteúdos de química e de biologia e que estimulasse a reflexão dos alunos sobre esses temas presentes em seu cotidiano.

De acordo com os PCN de Ciências Naturais para as Séries Finais do Ensino Fundamental (Brasil, 1998), as escolas precisam criar condições para que os jovens possam ter acesso aos conhecimentos socialmente elaborados e reconhecidos como necessários para exercerem a cidadania e posicionar-se de maneira crítica e responsável em diferentes situações sociais, além de conhecerem e cuidarem do próprio corpo a partir da adoção e da valorização de hábitos saudáveis.

Diante dessa realidade, essa pesquisa teve como objetivo inicial verificar se os conteúdos de alimentação, digestão e nutrição, abordados nas aulas de ciências do 8º ano do ensino fundamental, possibilitaram aos alunos do 1º ano do ensino médio de uma escola pública a tomada de decisões conscientes em situações cotidianas. O segundo objetivo foi conhecer se esses estudantes identificavam a relação entre alimentos e nutrientes e a presença de processos químicos envolvidos nessa temática. A etapa final da pesquisa foi a elaboração de uma proposta didática lúdica, contextualizada e interdisciplinar que relacionasse os aspectos químicos e biológicos da alimentação, digestão e nutrição a partir de jogos didáticos.

O professor e as estratégias de ensino didáticas pluralistas para o ensino de ciências: contextualização, interdisciplinaridade e jogos didáticos

O ensino de ciências pode favorecer ao estudante relacionar sua vivência cotidiana com os fenômenos da natureza, bem como auxiliá-lo em seus questionamentos sobre a natureza das ciências. Portanto, uma abordagem científica dos termos educacionais relacionada ao cotidiano dos alunos, oportunizada por meio da interdisciplinaridade do tema, pode melhorar a aprendizagem. Apesar de haver uma série de definições para interdisciplinaridade, considerá-la-emos como:

> *A visão de mundo, pautada na relação entre o todo e as partes, dão o respaldo necessário ao conceito de interdisciplinaridade que concebemos. Este conceito está apoiado na complexidade, no objetivo de alcançar uma visão global de mundo, na abordagem de um tema ou tópico que esteja acima das barreiras disciplinares, isto é, na tentativa de abordar o tema como um todo (em sua relação com as partes) e com as disciplinas que o compõe.* (Augusto et al., 2004, p. 279)

Pedrotti (2011) discute que os conteúdos de alimentação, digestão e nutrição favorecem a interdisciplinaridade a partir da abordagem dos processos fisiológicos, biológicos, químicos e bioquímicos presentes. Por meio do estudo das enzimas digestivas, podemos ensinar o aproveitamento dos nutrientes no organismo humano, bem como o processo digestivo dos alimentos.

Além da interdisciplinaridade, a contextualização é outro aspecto capaz de proporcionar a reflexão cotidiana dos conceitos científicos, podendo ser vivenciada tanto no ambiente escolar quanto nos mais variados ambientes sociais (Fonseca; Loguercio, 2013). A contextualização no ensino de ciências pode ser considerada como um recurso que age como aproximador entre as abordagens temáticas, pertinentes ao desenvolvimento programático da educação básica e a realidade dos alunos (Wartha et al., 2013). Assim, os conteúdos educacionais trabalhados poderão estar associados ao cotidiano dos alunos. No entanto, Pedrotti (2011) argumenta que contextualizar vai além da exposição de exemplos relacionados ao cotidiano durante as aulas, envolvendo a análise de situações-problema pelos alunos, que precisam resolvê-las embasados nos conhecimentos científicos. Ricardo (2003) discute a necessidade de uma melhor compreensão dos termos contextualização e problematização, pois esse ponto pode ser considerado como um dos principais causadores da dificuldade de implementação dos PCN em sala de aula.

De acordo com Augusto et al. (2004), o aprendizado humano é elaborado pela conexão de conhecimentos, intermediado pela contextualização e pela utilização de práticas interdisciplinares dentro do contexto educacional. Essas estratégias podem ser metodologias consideradas como mais eficientes para otimizar os processos de aprendizagem.

Portanto, na abordagem dos temas relacionados à alimentação humana, não podemos deixar de considerar os aspectos socioeconômicos, biológicos, químicos e culturais envolvidos, bem como respeitar as concepções sobre os alimentos formadas pela pessoa, pois é possível perceber nos hábitos alimentares, formados das concepções entre o humano e a natureza, o desenvolvimento do indivíduo como parte da sociedade. De acordo com essa visão, a educação é capaz de interligar o aprendizado com a prática alimentar do cotidiano, aproveitando as experiências vividas pelos alunos e associar à renovação de pensamentos e ideias sobre saúde e promoção de bem-estar (Fonseca; Loguercio, 2013).

[...] na abordagem dos temas relacionados à alimentação humana, não podemos deixar de considerar os aspectos socioeconômicos, biológicos, químicos e culturais envolvidos, bem como respeitar as concepções sobre os alimentos formadas pela pessoa, pois é possível perceber nos hábitos alimentares, formados das concepções entre o humano e a natureza, o desenvolvimento do indivíduo como parte da sociedade.

Ao considerarem a complexidade dos processos presentes em uma sala de aula, as propostas metodológicas pluralistas podem ser consideradas como um elo educacional entre o ensino e a aprendizagem, pois favorecem o desenvolvimento do aluno em suas especificidades de aprendizagem, posto que uma metodologia única de ensino é considerada como insuficiente para proporcionar a aprendizagem de todos os alunos de uma sala de aula. Nesse caso, há necessidade de diversificar as atividades e os métodos para motivar os alunos (Laburú; Arruda; Nardi. 2003). As metodologias pluralistas estão atreladas ao desenvolvimento prático dos atores envolvidos no fazer educacional, no qual a sala de aula é considerada como um espaço de constante transformação pelos sujeitos culturais que a compõe.

O professor pode recorrer a metodologias variadas para proporcionar situações novas de aprendizagem em virtude da gama de variáveis presentes no processo educacional em uma sala de aula. Como o mediador entre o mundo científico e o mundo cotidiano, ele pode conduzir os alunos a uma perspectiva crítica sobre a cultura científica, sabendo que a aprendizagem das ciências envolve processos individuais e sociais (Driver et al., 1999).

A abordagem de uma prática pedagógica embasada nos métodos pluralistas que utiliza esquemas gráficos, imagens, vídeos e jogos para estimular a interação e participação do aluno é capaz de favorecer a motivação da aprendizagem e conscientizar o ambiente escolar de seu papel como promotor de desenvolvimento social (Laburú; Arruda; Nardi, 2003; Focetola et al., 2012).

Esses recursos didáticos podem ser definidos como ferramentas pedagógicas utilizadas para auxiliar o educando no desenvolvimento cognitivo e proporcionar, ao educador, novos métodos que oportunizem a aprendizagem. Assim, os materiais didáticos construídos dentro dessa proposta pedagógica tornam-se "[...] *ferramentas fundamentais para os processos de ensino e aprendizagem*" (Campos et al., 2002, p. 47).

Um recurso lúdico que pode proporcionar uma atividade que estimule a participação e interação social, na qual conceitos científicos possam ser abordados efetivamente sem perderem a sua importância no ensino, é o jogo educativo. O objetivo deste está no equilíbrio entre as suas duas funções: a lúdica e a educativa (Soares; Cavalheiro, 2006; Cavalcanti; Soares, 2010).

Os jogos educacionais podem oportunizar a utilização de uma metodologia interdisciplinar, contextualizada e lúdica, fortalecendo a interação entre o ensino e a aprendizagem de ciências. Nessa perspectiva, os alunos são capazes de participarem da dinâmica escolar e serem autores do próprio processo de aprendizagem (Cunha, 2012).

No ensino, podem ser percebidos alguns equívocos entre os termos jogos educativos e jogos didáticos. Cunha (2012, p. 95) relata essa diferença enfatizando que:

> *O primeiro envolve ações ativas e dinâmicas, permitindo amplas ações na esfera corporal, cognitiva, afetiva e social do estudante, ações essas orientadas pelo professor, podendo ocorrer em diversos locais. O segundo é aquele que está diretamente relacionado ao ensino de conceitos e/ou conteúdos, organizado com regras e atividades programadas e que mantém um equilíbrio entre a função lúdica e a função educativa*

do jogo, sendo, em geral, realizado na sala de aula ou no laboratório.

Diante dessas discussões, acreditamos que os jogos didáticos são estratégias pedagógicas importantes para a prática educacional contextualizada e interdisciplinar, capazes de potencializar a participação ativa dos alunos no espaço escolar. De acordo com Freire (1996), a escola deve proporcionar espaços para aulas dinâmicas que permitam o diálogo reflexivo entre estudantes e docentes.

Metodologia

Esta pesquisa foi realizada com uma turma de 30 alunos do 1º ano do ensino médio de uma escola pública do Distrito Federal. O objetivo foi verificar se os conteúdos relacionados à alimentação, digestão e nutrição, abordados nas aulas de ciências do 8º ano do Ensino Fundamental, possibilitaram a esses alunos a tomada de decisões conscientes a partir da relação desses conteúdos abordados em aula com situações de seu cotidiano. Como instrumentos de coleta de dados, foram utilizados um questionário aberto contendo sete perguntas e um jogo educativo: *Desvendando a alimentação humana*. Esses instrumentos auxiliaram na análise das concepções dos estudantes sobre o tema em questão e os alunos foram identificados como A1, A2, A3...

A primeira etapa consistiu na aplicação e análise do questionário. Em seguida, com base nos dados coletados, elaborou-se o jogo. Com a utilização deste, foi possível conhecer a compreensão dos alunos sobre os conteúdos presentes na temática alimentação, digestão e nutrição e qual a relação que faziam entre os processos químicos e biológicos envolvidos nesse tema. Ao final da atividade, foi efetuada uma abordagem dialógica dos conteúdos, a ressignificação dos conhecimentos cotidianos e a sistematização dos conhecimentos científicos.

A elaboração desse jogo, conforme mostrado na Figura 1, apresentou a proposta de possuir regras simples e ser facilmente confeccionado, reconstruído ou adaptado pelos professores da educação básica.

O jogo é composto por 12 perguntas sobre os temas alimentação, digestão e nutrição humana (Figura 1), uma caixa com números de 1 a 12, que correspondiam a cada uma das questões, e quatro placas: duas com a afirmação *Fala sério* e duas com *Com certeza*. As 12 questões foram elaboradas visando à integração com o cotidiano dos alunos. Como por exemplo: *A salada de frutas deve ser consumida no mesmo dia em que é feita?*, *Mascar chicletes por muito tempo faz mal ao estomago?*, *Deixar de jantar ajuda na perda de peso?* Para o embasamento teórico, foram utilizados Coury (2007) e Champe et al., (2009).

As regras foram simples e consistiram em organizar os alunos em dois grupos (A e B). Cada grupo recebeu duas placas com as afirmações *Fala sério* e *Com certeza*, que corresponderam às duas alternativas possíveis de resposta para as 12 questões que compõem o jogo. O grupo que iniciou o jogo sorteou um número, retirando da caixinha que correspondeu a uma das doze questões. Em seguida, os componentes do grupo se reuniram por dois minutos para elaborarem a resposta. Ao final desse tempo, o representante do grupo levantava uma das duas placas que corresponderia à resposta. Caso a resposta do grupo não estivesse correta, a questão era passada para o outro grupo que teria um minuto para responder. As perguntas eram intercaladas entre os dois grupos e cada grupo respondia a seis questões. Quando o grupo acertava a questão, ganhava um ponto e essa pontuação era anotada na lousa.

No final do jogo, foram ouvidos os grupos para conhecermos e dialogarmos sobre as suas justificativas para cada resposta.

Após a análise dos dados obtidos com o questionário e com a aplicação do jogo, foi elaborada uma proposta didática no formato de módulo didático composto por mais cinco outros jogos: *Modelo do sistema digestório*; *Casa das enzimas*; *Caça a composição dos alimentos*; *Tabela dos macronutrientes* e *Condomínio dos micronutrientes: vitaminas, água e sais minerais*. Esses jogos construídos foram objetos de publicação em uma coleção didática (aguardando a impressão) para orientar as práticas dos licenciandos durantes os estágios.

Resultados e discussões

A análise dos questionários revelou que os alunos percebem a relação de uma boa saúde com o consumo de alimentos adequados, fontes de nutrientes, o que está de acordo com pesquisa realizada por Fonseca e Loguercio (2013). No entanto, muitos não conseguem distinguir claramente alimentos de nutrientes. Verificou-se que 30% dos estudantes negaram a diferença conceitual entre alimento e nutriente. No entanto, dos 50% que afirmaram haver diferença entre alimento e nutriente, apenas 20% desses justificaram corretamente. A análise mostrou que existem dúvidas conceituais sobre vitaminas, sais minerais e complementos como o observado nas respostas a seguir:

"Sim, porque os alimentos têm uns que contêm vitaminas, sais minerais e outros já os nutrientes servem para a nutrição do corpo." (A3)

"Sim, o alimento é a base para o sustentamento do ser humano e os nutrientes são complementos para nos ajudar a ter uma melhor saúde." (A4)

Apenas 20% dos alunos conseguiram determinar a diferença entre os conceitos de alimentos e nutrientes, como analisado na resposta de (A17):

"Há o nutriente que é parte do alimento."

Segundo Champe et al., (2009, p. 357): "*os nutrientes são os constituintes dos alimentos necessários para sustentar as funções normais do organismo*". Os autores ainda afirmam que vitaminas e sais minerais são denominados micronutrientes.

Quanto aos processos digestivos, observa-se que 80% dos participantes entendem a digestão como um processo

Figura 1: Imagem das 12 perguntas que compõem o jogo *Desvendando a alimentação humana.*

sofrido pelo alimento. De acordo com Coury (2007 p. 154): "*Todos os nutrientes devem passar pelo aparelho digestivo, para serem transformados, absorvidos e incorporados na estrutura do corpo ou participar dos processos metabólicos*".

Para Salay (2005, p. 101), "*a nutrição é caracterizada como um conjunto de transformações sofridas pelos alimentos no corpo humano: a digestão, a absorção e transporte de substâncias e a eliminação de resíduos*". No entanto, apenas uma resposta possui características dos aspectos fisiológicos e químicos do processo de digestão:

"O alimento percorre um caminho, chega ao sistema digestivo e lá são expelidos líquidos ácidos que fazem a digestão." (A7)

Os estudantes foram questionados se havia processos físicos e químicos envolvidos na digestão e 60% responderam que há processos físicos e 20% afirmaram haver processos químicos. Um aluno afirmou que os dois processos estavam presentes.

"Sim, mastigação, engolimento etc." (A22)

"Sim, porque o alimento se transforma dentro do nosso corpo." (A6)

"A boca (os dentes) trituram o alimento, ao engolir, o corpo absorve o que tem de bom, o resto é digerido pelos ácidos gástricos." (A11)

As respostas citadas relataram a etapa química como a transformação dos alimentos no corpo, sendo essa percepção coerente ao ensino de ciências. Entretanto, é preciso salientar que essas transformações ocorrem auxiliadas pelas enzimas no trato digestivo. Para Pedrotti (2011), o ensino de ciências necessita abordar os aspectos relativos aos processos fisiológicos, biológicos, químicos e bioquímicos para promover a interdisciplinaridade.

Quando questionados sobre qual o caminho que os alimentos percorrem durante os processos digestivos, apenas um aluno afirmou que não conhecia o percurso dos alimentos no sistema digestório, sendo que os demais responderem conhecer. No entanto, todos apresentaram equívocos nos órgãos e na ordem do percurso do alimento no sistema digestório, incluindo a laringe como órgão do sistema digestório. De acordo com Banet e Núñez (1988), há necessidade de tornar claro para os alunos o trajeto que os alimentos percorrem da boca até o estômago.

Com base na aplicação do questionário e posteriormente com o jogo, verificamos que os alunos vinculavam a saúde com a alimentação para o funcionamento do organismo humano.

"Porque os alimentos contêm todos os tipos de vitamina, proteína etc., que o nosso corpo precisa." (A1)

"Porque sem os alimentos o corpo pode sentir a ausência de alguma vitamina, proteína etc." (A22)

Essa ideia sobre os alimentos é apresentada por Gava et al. (2008 p. 30):

> *"Os alimentos possuem a finalidade de fornecer ao corpo humano a energia e o material destinados à formação e à manutenção dos tecidos, ao mesmo tempo em que regulam o funcionamento dos órgãos."*

Os estudantes compreendem que a saúde humana está relacionada a uma alimentação adequada. Tal percepção sobre a interação alimentos, nutrientes e digestão para saúde humana corrobora com as palavras de Valente (2003 p. 53) na qual "*a alimentação humana se dá na interface dinâmica entre o alimento (natureza) e o corpo (natureza humana), mas somente se realiza integralmente quando os alimentos são transformados em gente, em cidadãos e cidadãs saudáveis*". Nesse sentido, observamos a fala dos alunos:

"Sem alimentos, nutrientes e digestão corretos teríamos uma saúde fraca, pois se temos uma alimentação ruim estaríamos fracos e sem disposição alguma." (A4)

"Porque é através dos nutrientes e das vitaminas que contêm nos alimentos que teremos uma vida saudável." (A13)

A última pergunta do questionário buscava identificar qual seria a melhor abordagem metodológica para o desenvolvimento dos temas alimentação, nutrição e digestão na visão dos alunos a partir da questão: Como gostariam que fossem as aulas para aprenderem sobre alimentação, nutrição e digestão?

Os alunos participantes citaram: aulas práticas com experimentos e montagem de maquetes e modelos com o corpo humano (42%), utilização de amostras, vídeos e slides (27%), debates, brincadeiras e jogos (31%) como metodologias didáticas para a abordagem dos temas.

"*Com demonstrações, experimentos e uma boa explicação do professor."* (A1)

A partir da resposta do A1, podemos concluir que apesar de os alunos desejarem por recursos didáticos alternativos para as suas aulas de ciências, o papel do professor nesse processo é fundamental para tornar os conhecimentos científicos acessíveis para seus alunos (Laburú; Arruda; Nardi, 2003; Fonseca; Loguercio, 2013). Essa vontade dos alunos por aulas com pluralidade de metodologias pedagógicas está em conflito com as aulas que favorecem a memorização de conteúdos e aplicações de leis, podendo ser esse um dos fatores para a desmotivação educacional (Oliveira, 2010; Campos et al., 2002).

No inicio do jogo elaborado *Desvendando a alimentação humana*, buscamos utilizar a metodologia dialógica para conhecer a percepção dos alunos sobre o tema, mas estes ficaram tímidos para responder às perguntas com receio de responderem inadequadamente. No entanto, com o decorrer da atividade, a interação foi maior e o trabalho em grupo mais efetivo. Os PCN de Ciências Naturais abordam a importância de os alunos serem capazes de se posicionarem de maneira crítica nas diferentes situações sociais e conseguirem tomar decisões coletivas, utilizando o diálogo para mediarem conflitos (Brasil, 1998).

Durante o jogo, os alunos mantiveram a tranquilidade e não foi observado rivalidade. Consideramos que essa postura possa ser resultado da abordagem inicial que fizemos com a turma, explicando que o jogo seria uma forma diferente, mais divertida, de aprendermos os conteúdos. Com o desenvolvimento desse recurso didático, que proporcionou um momento de grande interação com os alunos, podemos perceber mais claramente suas visões sobre a temática desenvolvida e em quais conhecimentos baseavam-se para elaborarem as justificativas de suas respostas. Notamos pelas falas dos alunos que as justificativas eram embasadas em programas veiculados na mídia (TV e internet), e não se recordavam das abordagens que tiveram no 8º ano. Ou seja, os alunos estão susceptíveis a inúmeras informações sobre esse tema, que nem sempre apresentam conteúdo adequado cientificamente, e os utilizam para a tomada de decisões sobre sua alimentação. Nesse aspecto, acreditamos que as aulas de ciências não conseguiram desenvolver a capacidade

de análise crítica e postura reflexiva nos estudantes frente ao tema em questão. Fonseca e Loguercio (2013) discutem em sua pesquisa sobre a aplicação de uma unidade temática nas aulas de química, que os alunos usam como argumentos nas discussões de elementos do cotidiano, muitos estabelecidos e confusamente, a partir de informações midiáticas.

Um exemplo é o caso das vitaminas e das enzimas que não eram reconhecidas pelos estudantes como compostos químicos, não percebendo que as vitaminas e os demais nutrientes, tão importantes para a nossa saúde, são compostos químicos classificados como orgânicos e inorgânicos. Eles também não relacionavam claramente os aspectos químicos presentes na digestão e desconheciam que substâncias químicas estão envolvidas na transformação dos alimentos durante a digestão. A metodologia dialógica desenvolvida após a aplicação do jogo possibilitou aos alunos perceberem que a química não se resume somente a símbolos e fórmulas presentes em suas aulas e que durante a digestão há os processos biológicos nos quais estão envolvidos aspectos relacionados à física e à química. Nesse aspecto, de acordo com Wartha et al. (2013, p. 88):

> [...] *a contextualização como um dos recursos para realizar aproximações/inter-relações entre conhecimentos escolares e fatos/situações presentes no dia a dia dos alunos, ou seja, toma a contextualização como metodologia de ensino, em que o ensino contextualizado é aquele em que o professor deve relacionar o conteúdo a ser trabalhado com algo da realidade cotidiana do aluno.*

Ao final do jogo, as respostas apresentadas para cada questão foram debatidas e os conteúdos considerados inadequados, por serem na maioria das vezes, embasadas no conhecimento do cotidiano, foram ressignificados a partir dos conceitos científicos. Esse momento, de acordo com Fonseca e Loguercio (2013), é considerado adequado para que os sujeitos envolvidos no ambiente pedagógico possam negociar os termos científicos mais adequados a serem utilizados nas respostas e nos diálogos. Os alunos se mostraram muito interessados para conhecerem as respostas consideradas adequadas cientificamente e fizeram uma série de perguntas demonstrando interesse em aprender mais sobre o tema.

Freire (1996) considera a importância da troca de saberes dialógica entre os sujeitos que compõem a ação educativa em que se constrói um conhecimento novo, sendo o professor um estimulador de perguntas, conduzindo a reflexões críticas sobre as perguntas. A partir dos diálogos, os estudantes tornaram-se cada vez mais participativos e levantaram mais questionamentos sobre a temática alimentação, nutrição e digestão, o que pode ser evidência que foram motivados a aprenderem sobre o tema. Acreditamos que o uso de um jogo didático, com questões que envolveram a análise de situações presentes no cotidiano dos alunos, ampliou o interesse destes sobre a temática, possibilitando uma melhor aprendizagem. De acordo com Soares e Cavalheiro (2006), o uso de um jogo em sala de aula pode proporcionar um maior envolvimento entre docentes e discentes, fortalecendo os laços afetivos entre esses sujeitos. Como, também, resultar em uma visível melhora no aspecto disciplinar, quando há um ambiente onde o divertimento está aliado à construção do conhecimento.

Considerações finais

Podemos concluir que os alunos relacionam uma alimentação adequada com uma boa saúde. No entanto, percebemos que ainda não conseguem distinguir claramente a diferença conceitual entre alimentos e nutrientes, além de não conhecerem com clareza os processos que ocorrem na digestão (Banet; Núñez, 1988). Apesar de os estudantes identificarem que o alimento sofre transformação durante a digestão, eles desconhecem a presença de conceitos químicos envolvidos nesses processos. A análise dos dados demonstrou que os alunos se posicionam frente a essas temáticas presentes em seus cotidianos, embasados em conhecimentos adquiridos de suas vivências diárias e não utilizam os conhecimentos adquiridos na escola.

Com base nessas observações, verificamos que o jogo foi um recurso didático importante para a integração de informações adquiridas no cotidiano com os conhecimentos científicos, possibilitando a integração dos conteúdos importantes para a abordagem da saúde humana na sala de aula. "*A necessidade de conectar conhecimentos, relacionar, de contextualizar é intrínseca ao aprendizado humano*" (Augusto et al., 2004, p. 280). Foi possível observar que a metodologia didática, aliada à prática docente, colaborou para a motivação e o interesse dos alunos pelo tema proposto e propiciou aos alunos repensarem seus hábitos alimentares diários, muitas vezes baseado em conhecimento do cotidiano, e ressignificá-los a partir do conhecimento científico. O jogo permitiu a discussão dos aspectos interdisciplinares desses temas que são permeados por processos biológicos, químicos e físicos; valorizou a interação dos sujeitos envolvidos na ação educativa; e de acordo com Soares e Cavalheiro (2006), incentivou a participação dos alunos que se tornaram agentes construtores de seus conhecimentos.

Assim, uma proposta de um jogo simples, interdisciplinar e contextualizada foi considerada eficiente para estimular os alunos a aprenderem os conteúdos científicos relacionados à temática apresentada anteriormente e favoreceu um ambiente pedagógico oposto ao bancário (Freire, 1996). Nessa proposta didática, os conteúdos deixam de ser memorizados mecanicamente, e os educandos são chamados a compartilhar os saberes.

Luciana Medeiros Leite (luthy.milk@hotmail.com) é licenciada em Ciências Naturais (Universidade de Brasília). Planaltina, DF – BR. **Jeane Cristina Gomes Rotta** (jeane@unb.br), licenciada e bacharel em Química pela USP e doutora em Ciências pela USP, é docente da Faculdade UnB de Planaltina Universidade de Brasília. Planaltina, DF - BR.

Referências

AUGUSTO, T.G.S.A.M.A.; CALDEIRA, J.J.; CALUZI; NARDI, R. Interdisciplinaridade: concepções de professores da área ciências da natureza em formação em serviço. *Revista Ciência & Educação*, v. 10, n. 2, p. 277-289, 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v10n2/09.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2011.

BANET, E.Y; NÚÑEZ, F. Ideas de los alumnos sobre la digestión: aspectos anatómicos. *Enseñanza de lãs Ciencias*, v. 6, n. 1, p. 30-37, 1988.

BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. Parâmetros Curriculares Nacionais: terceiro e quarto ciclos. Brasília: MEC; SEF, 1998.

CAMPOS, L.M.L.; BORTOLOTO, T.M.; FELÍCIO, A.K.C.A. *Produção de jogos didáticos para o ensino de ciências e biologia*: uma proposta para favorecer a aprendizagem. 2002. Disponível em: <http://www.unesp.br/prograd/PDFNE2002/aproducaodejogos.pdf>. Acesso em: 09 nov. 2011.

CACHAPUZ, A.; PRAIA, J.; JORGE, M. Da educação em ciências às orientações para o ensino das ciências: um repensar epistemológico. *Ciência & Educação*, São Paulo, v. 10, n. 3, p. 363-38, 2004. Disponível em: <http://www2.fc.unesp.br/cienciaeeducacao/viewarticle.php?id=31&layout=abstract. Acesso em: 29 jan. 2012.

CAVALCANTI, E.L.D.; SOARES, M.H.F.B. O ludismo e a avaliação da aprendizagem: possibilidades para o ensino de química. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 15, 2010. Brasília. *Anais...* Brasília: UnB, 2010.

CHAMPE, P.C.; HARVEY, R.A.; FERRIER, D.R. *Bioquímica ilustrada*. Porto Alegre: Artmed, 2009.

COURY, S.V.T. *Nutrição vital*: uma abordagem holística da alimentação e saúde. Brasília: Ed. da autora, 2007.

CUNHA, M.B. Jogos no ensino de química: considerações teóricas para sua utilização de jogos em sala de aula. *Química Nova na Escola*. v. 34, n. 2, p. 92-98, 2012.

DRIVER, R.; ASOKO, H.; LEACH, J.; MORTIMER, E.; SCOTT, P. Construindo o conhecimento científico na sala de aula. *Química Nova na Escola*, v. 9, n. 31, p. 31-40, 1999.

FOCETOLA, P.B.M.; CASTRO, P.J; SOUZA, A.C.J; GRION, L.C.; PEDRO, N.C.S.; IACK, R.S.; ALMEIDA. R.X.; OLIVEIRA, A.C.; BARROS, C.V.T.; VAISTMAN, E.; BRANDÃO, J.B; GUERRA, A.C.O.; SILVA, J.F.M. Os jogos educacionais de cartas como estratégia de ensino em química. *Química Nova na Escola*. v. 34, n. 4, p. 248-255, 2012.

FONSECA, C.V.; LOGUERCIO, R.Q. Conexões entre química e nutrição no ensino médio: proposta de produção de material didático com base nas representações sociais dos estudantes. *Química Nova na Escola*, v. 35, n 2, 2013.

FOUREZ, G. Crise no ensino de ciências? *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 8. n. 2, p. 109-123, 2003. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID99/v8_n2_a2003.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2011.

FREIRE, P. *Pedagogia da autonomia*: saberes necessários à prática educativa. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

GAVA, A.J.; SILVA, C.A.B.; GAVA J.R.F. *Tecnologia de alimentos*: princípios e aplicações. São Paulo: Nobel, 2008.

JENKINS, E.W.; NELSON, N.W. Important but not for me: students attitudes towards secondary school science in England. *Research in Science & Technological Education*, v. 23, n. 1, p. 41-57, 2005.

LABURÚ, C.E.; ARRUDA, S.M.; NARDI, R. Pluralismo metodológico no ensino de ciências. *Ciência & Educação*, v. 9, n. 2, p. 247-260, 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v9n2/07.pdf>. Acesso em: 05 jul. 2012.

OLIVEIRA, R.J. O ensino das ciências e a ética na escola: interfaces possíveis. O ensino das ciências e a ética na escola. *Química Nova na Escola*, v. 32, n 4, 2010.

PEDROTTI, A.Z.G. *Nutrição para a promoção da saúde*: um tema químico social auxiliando na transformação do conceito de transformação química. 2011. Dissertação (Mestrado Profissional) – Programa de Ensino de Ciências, Universidade de Brasília, Brasília, 2011.

RICARDO, E.C. A problematização e a contextualização no ensino das ciências: acerca das idéias de Paulo Freire e Gérard Fourez. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 4., 2003. *Anais...* Bauru, 2003.

SALAY, E. (Org.). *Composição de alimentos*: uma abordagem multidisciplinar. Campinas: Núcleo de estudos e Pesquisas em Alimentação, 2005.

SOARES, M.H.F.B.; CAVALHEIRO, E.T.G. O ludo como um jogo para discutir os conceitos de termoquímica. *Química Nova na Escola*, v. 23, n. 4, 2006.

WARTHA, E.J.; SILVA, E.L.; BEJARANO, N.R.R. Cotidiano e contextualização no ensino de química. *Química nova na escola*. v. 35, n. 2, p. 84-91, 2013.

VALENTE, F.L.S. Fome, desnutrição e cidadania: inclusão social e direitos humanos. *Revista Saúde e Sociedade,* v. 12, n. 1, 2003. Disponível em: < http://www.scielo.br/pdf/sausoc/v12n1/08.pdf>. Acesso em: 09 nov. 2011.

Para saber mais

KRAMER. M.L. *Quando brincar é aprender*. São Paulo: Loyola, 2007.

TOLENTINO-NETO, L.C.B. *Os interesses e posturas de jovens alunos frente às ciências*: resultados do projeto ROSE aplicado no Brasil. 2008. 164p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

Abstract: *Digesting the biologically Chemistry: the ressignification of content from a game.* Abstract: The themes of food, digestion and nutrition are part of everyday life at the school environment, but when approached with a pedagogy focused on transmission of concepts and which disregards the chemical aspects, can contribute to a fragmented education, decontextualised and demotivating. The objectives of this research were to know if middle school students related knowledge about supply issues, nutrition and digestion, learned in science class, with everyday situations and identified the chemical's presence in these themes. To this end, we use a question and a game. The results indicated the lack of scientific conceptualization of students, on these subjects, and not identifying with clarity of chemical contents present in the theme. The use of the game provided the students motivation to learn about the subject, as well as made from everyday knowledge concepts ressignificarem, considered scientifically inadequate.

Keywords: Contextualization, educational game, science education.

http://dx.doi.org/10.5935/0104-8899.20160004

Limpando Moedas de Cobre: Um Laboratório Químico na Cozinha de Casa

Dalva L. A. Faria, Nathália D. Bernardino, Sandra R. M. Setubal, Vera Novais e Vera R. L. Constantino

A limpeza de objetos de cobre pode ser usada para introduzir conceitos essenciais em química como equilíbrio, cinética e tipos de reações químicas. Neste trabalho, um experimento sem a necessidade de supervisão direta é proposto, envolvendo a limpeza de moedas de cobre devido ao seu baixo custo e fácil acesso a produtos comerciais. Como um experimento sem supervisão, é altamente interativo e estimula uma postura mais investigativa na percepção do mundo real dos estudantes.

▶ cobre, reações químicas, experimento interativo ◀

Recebido em 09/06/2015, aceito em 22/11/2015

A importância de demonstrações já é um fato estabelecido e prática corrente em disciplinas nas quais a experimentação, mais do que uma ferramenta de ilustração, é parte integrante do aprendizado (Kauffman, 1996). Essa importância tem maior destaque quando se consideram situações reais de escolas brasileiras, nas quais inexistem condições de infraestrutura básicas para a proposição de experimentos de laboratório.

Um recurso ainda pouco explorado em nossas instituições de ensino é a realização de experimentos empregando materiais de uso diário e de baixo custo para que os estudantes os executem em casa, sem a necessidade de supervisão direta de um educador, com a possibilidade de repetição e cujo procedimento ele tenha controle, ao menos parcial, sendo-lhe permitido propor alterações, o que em si consiste em um incentivo à indagação. Mais importante do que a fixação de conceitos, o estímulo ao questionamento contribui de modo determinante para que o estudante adote uma postura investigativa na percepção do mundo real (Charpak, 1996).

A limpeza de objetos metálicos ajusta-se perfeitamente a esse propósito, e objetos de cobre, por seu custo e propriedades físico-químicas, oferecem um grande número de opções de reações para serem exploradas do ponto de vista científico-pedagógico. Moedas de cobre ou recobertas com cobre vem sendo empregadas na realização de diversos tipos de experimentos (Stolzberg, 1998). Há trabalhos na literatura voltados à educação que propõem experimentos empregando a limpeza de moedas de cobre, mas geralmente limita-se a discutir um tipo específico de reação como, por exemplo, a que envolve vinagre e sal (Rosenhein, 2001). Essa proposta objetiva abordar vários conceitos e tipos de reações por meio de diferentes métodos de limpeza de moedas de cobre.

Quando um pedaço de cobre metálico limpo é exposto às condições ambientais, uma fina camada de produtos de corrosão (pátina) começa a se formar. Visualmente, a cor original do metal altera-se para marrom e seu brilho também é perdido. Inicialmente, forma-se óxido de cobre(I) (Cu_2O, cuprita), o qual é, em seguida, recoberto por uma camada mais externa, que resulta da oxidação de Cu(I) a Cu(II) (CuO, tenorita) (Graedel et al., 1987), como representado nas Equações 1 e 2. Dependendo das condições ambientais (principalmente umidade relativa e concentração de poluentes), vários outros compostos de cobre podem ser formados como, por exemplo, cloreto (atacamita, $Cu_2Cl(OH)_3$), carbonato (malaquita, $Cu_2(CO_3)(OH)_2$, conforme Equação 3) e sulfatos (posnjakita, $Cu_4SO_4(OH)_6 \cdot 2H_2O$, e brocantita, $Cu_4SO_4(OH)_6$) (Nassau et al., 1987).

A seção "Conceitos científicos em destaque" tem por objetivo abordar, de maneira crítica e/ou inovadora, conceitos científicos de interesse dos professores de Química.

$$4\ Cu(s) + O_2(g) \rightleftarrows 2\ Cu_2O(s) \quad \text{(Eq. 1)}$$
$$2\ Cu_2O(s) + O_2(g) \rightleftarrows 4\ CuO(s) \quad \text{(Eq. 2)}$$
$$2\ CuO(s) + CO_2(g) + H_2O(l) \rightleftarrows Cu_2(CO_3)(OH)_2(s) \quad \text{(Eq. 3)}$$

A limpeza de objetos de cobre pode ser feita de várias formas, sendo os métodos mais comuns aqueles que empregam abrasão (produtos comerciais como Kaol®, pasta de dentes etc.), complexação (produtos comerciais contendo algum agente complexante como uma base nitrogenada – amônia ou EDTA, por exemplo), solubilização (ácido acético e sal, por exemplo), oxidação (HNO_3) e redução (palha de aço e eletrólito). A principal diferença entre os dois últimos exemplos é que, no caso da oxidação, há perda de massa de cobre e na redução não. Uma perda similar de massa é verificada no caso da abrasão, quando partículas sólidas suspensas em um meio pastoso são usadas para remover as camadas mais externas e oxidadas do metal. No caso de pasta de dentes, por exemplo, geralmente são pequenos cristais de sólidos inorgânicos (como carbonato de cálcio) que exercem esse efeito abrasivo (Broz et al., 2006).

Ácidos atuam dissolvendo os produtos pouco solúveis formados na superfície do metal. No caso da cuprita, a reação representada pela Equação 4 dada abaixo tem $K = 2.10^{-15}$ (Palmer, 2011).

$$Cu_2O(s) + H_2O(l) \rightleftarrows 2\ Cu^+(aq) + 2\ OH^-(aq) \quad \text{(Eq. 4)}$$

Os íons de cobre(I) podem sofrer desproporcionamento, processo que tem constante de equilíbrio apreciável (Rosenhein, 2001), conforme mostrado na Equação 5. No caso de tratamento com ácido acético, pode ocorrer a formação de complexo solúvel de Cu^{2+} com o íon acetato, Ac^-. Tendo em vista o valor elevado da constante de equilíbrio $K = 1{,}6.10^2$ (Equação 6) (Smith; Martell, 1989), a dissolução do óxido presente na superfície metálica é ainda mais favorecida.

$$2\ Cu^+ \rightleftarrows Cu + Cu^{2+} \qquad K = 1{,}7.10^6 \quad \text{(Eq. 5)}$$
$$Cu^{2+}(aq) + Ac^-(aq) \rightleftarrows [CuAc]^+(aq) \quad \text{(Eq. 6)}$$

A reação com ácido acético pode ser acelerada em temperaturas maiores, conforme pode ser observado utilizando vinagre (solução de ácido acético aproximadamente 5% em massa) à temperatura ambiente e vinagre gelado (colocado na geladeira). Além disso, a limpeza da moeda é facilitada pela adição de pequena quantidade de sal de cozinha (cloreto de sódio, NaCl) ao vinagre, uma vez que o íon cloreto reage com os íons Cu^+, formando um cloro complexo de cobre(I) como descrito na Equação 7 (Martell; Smith, 1982).

$$Cu^+(aq) + 2\ Cl^-(aq) \rightleftarrows [CuCl_2]^-(aq) \quad K = 3{,}2.10^5 \quad \text{(Eq. 7)}$$

Ácidos oxidantes como ácido nítrico, por exemplo, podem ser empregados na limpeza de cobre, porque além das reações descritas acima, a oxidação do metal também leva à remoção da camada de pátina como mostrado na Equação 8:

$$Cu(s) + 4\ H^+(aq) + 2\ NO_3^-(aq) \rightleftarrows Cu^{2+}(aq) + 2\ NO_2(g) + 2\ H_2O(l) \quad \text{(Eq. 8)}$$

Naturalmente, esse é um processo que implica perda de massa do metal, e a presença de íons Cu(II) pode ser constatada pela coloração azul da solução após a reação com HNO_3. Na redução do metal, todos os compostos formados na corrosão atmosférica podem ser reintegrados ao cobre, bastando para isso empregar algum outro metal que apresente um potencial de redução menor que o dos íons de cobre.

A limpeza de moedas de cobre permite, portanto, que sejam discutidos conceitos como os de equilíbrios químicos, dissolução de sólidos, reações de diversos tipos (oxirredução, complexação, desproporcionamento), além de cinética química ao explorar a taxa de reação com que o metal é limpo em diferentes temperaturas.

Objetivos

Neste trabalho, é proposto um experimento a ser realizado usando apenas produtos disponíveis na cozinha de uma casa ou de fácil aquisição e baixo custo, além das moedas, e que explora diversos aspectos da reatividade química. São, portanto, seus objetivos estudar vários tipos de reações empregando moedas oxidadas de cobre e produtos comerciais caseiros, apreciar o efeito da temperatura em uma reação e discutir o papel de equilíbrios químicos na eficiência dos métodos de limpeza apresentados.

Experimental

Todas as substâncias químicas utilizadas nesse experimento são produtos comerciais facilmente encontrados. O estudante deve anotar o nome e a composição de todos os produtos comerciais que for utilizar.

Reagentes

- Adquiridos em supermercado ou disponíveis em casa: vinagre (de preferência branco), sal de cozinha, alvejante (com ou sem cloro), extrato de tomate, *ketchup*, álcool, creme dental (branco), papel alumínio e papel toalha.
- Adquirido em casa de aquarismo: solução acidificante (HCl – 8 mol/L); atenção à composição química, porque alguns fabricantes usam ácido fosfórico e não clorídrico.
- Adquirido em farmácia: solução aquosa de amônia, também chamada de amoníaco (NH_3 – 10 % (m/v)).
- 14 moedas de 1 ou 5 centavos (todas iguais) e 9 frascos de vidro vazios de produtos alimentícios (requeijão, alimento infantil, patês etc.); alternativamente, podem ser usados copinhos de café descartáveis ou forma de gelo de cor e tamanho adequado.

Procedimento

As moedas identificadas neste trabalho como sendo de cobre são na verdade constituídas de uma alma (núcleo) de

aço inoxidável revestida com uma camada de cobre e, para os propósitos dos experimentos que serão realizados, esse fato é irrelevante. Veja na página do Banco Central do Brasil (http://www.bcb.gov.br/?MOEDAFAM2) informações adicionais sobre a composição das moedas.

Serão utilizados diversos procedimentos visando à limpeza de moedas de cobre e, por esse motivo, estas deverão estar oxidadas (escuras). Papel toalha umedecido em álcool deve ser utilizado para retirar gordura e outros tipos de sujeira das moedas como, por exemplo, resíduos de cola. Alguns frascos (ou copinhos) devem ser separados e preparados como descrito na Tabela 1. Os frascos devem ser cuidadosamente identificados, de modo a não comprometer as conclusões que serão tiradas desse experimento (Figura 1).

Tabela 1: Procedimento experimental para cada reação proposta.

Item	Conteúdo	Preparação
1	Vinagre	Usar um volume equivalente a ¼ do conteúdo de um copinho descartável de café.
2	Solução de amônia	Usar um volume suficiente para cobrir o fundo do frasco.
3	Alvejante	Idem ao item anterior.
4	Solução de HCl	Usar um volume equivalente a ¼ do conteúdo de um copinho descartável de café de água e acrescentar 5 gotas da solução de acidificante comprada em casa de aquarismo.
5	Solução de NaCl	Dissolver o conteúdo de ½ colher de café de sal de cozinha em um volume de água equivalente a ¼ de um copinho descartável de café.
6	Solução de NaCl e vinagre	Idem ao item anterior.
7	Solução gelada de NaCl e vinagre	Idem ao item anterior, mas o copinho contendo a solução deve ficar na geladeira por 1 hora antes de colocar a moeda.
8	Papel alumínio em solução de NaCl	Dissolver o conteúdo de 1 colher de café de sal de cozinha em um volume de água equivalente a ¼ e forrar o fundo do recipiente com um pouco de papel alumínio.
9	Água	Usar cerca de ¼ do volume de um copinho descartável de café.
10	Ketchup	Coloque no frasco o suficiente apenas para cobrir uma moeda.
11	Extrato de tomate	Idem ao item anterior.

Em cada frasco, deve ser colocada uma moeda previamente limpa com etanol, inclusive no que contém vinagre com NaCl deixado na geladeira por 1 hora. Uma das moedas remanescentes que será usada como referência deve ser preservada. As moedas devem ser retiradas dos recipientes

Figura 1: Moedas de cobre durante o experimento identificadas de acordo com a Tabela 1.

após 1 hora de exposição, mas observações sobre estas (aspecto, principalmente) devem ser anotadas a cada 10 minutos, exceto no caso dos frascos com extrato de tomate e *ketchup*. As moedas devem ser comparadas com a que foi escolhida como referência e também entre si, como é o caso da moeda que ficou em vinagre à temperatura ambiente e a que foi resfriada. Após registrar o efeito causado pelos diversos tipos de tratamento, deve-se aplicar sobre a moeda de referência um pouco de creme dental (não use gel), envolvê-la com um pedaço de papel toalha e friccioná-la demoradamente com os dedos, observando se ocorre a limpeza do metal.

Todas as soluções podem ser descartadas na pia, porque envolvem produtos de uso domiciliar rotineiro e têm baixas concentrações e toxicidade reduzida, como é o caso da solução aquosa de amônia e de HCl.

Discussão

A limpeza das moedas de cobre é feita por meio de diferentes tipos de reações. No caso da exposição à solução de sal de cozinha, não se observa alteração na moeda no intervalo de tempo considerado, mas na presença de vinagre (solução aquosa de cerca de 5% em massa de ácido acético), ocorre a solubilização de pequena quantidade do óxido presente na superfície e a formação posterior de complexos (solúveis) com o íon acetato (no caso de Cu(II)) e cloreto (no caso do íon Cu(I)), conforme as equações descritas na Introdução (Figura 2A). Essas conclusões também se aplicam no caso da solução de HCl (Figura 2B). Nesse caso, o estudante pode ser convidado a explicar por que o uso apenas do extrato de tomate não acarretou a limpeza da moeda como o faz o *ketchup* (Figura 2C). É importante que ele verifique no rótulo a composição química desses produtos.

Em amoníaco (NH_3 aquoso), a solubilização é feita por meio da formação de um complexo de Cu(II), que pode ser identificado pela coloração azul da solução após o tratamento com a moeda de acordo com a Equação 9 (Figura 3).

$$Cu^{2+}(aq) + 4\ NH_3(aq) \rightleftarrows [Cu(NH_3)_4]^{2+}(aq) \qquad \text{(Eq. 9)}$$

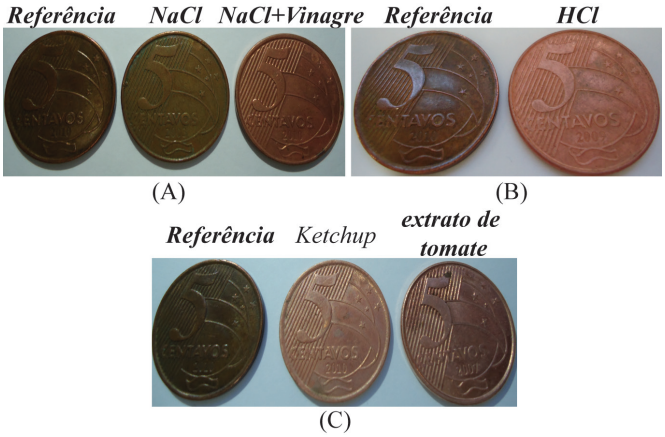


Figura 2: Ilustração do aspecto das moedas após o tratamento com (a) solução aquosa de NaCl e NaCl em vinagre, (b) solução de HCl e (c) extrato de tomate e *ketchup*.

Figura 3: Ilustração do aspecto da moeda tratada com amoníaco.

Alvejantes, por outro lado, atuam por meio de agentes oxidantes como o são, por exemplo, soluções de hipoclorito (Equação 10) ou peróxido de hidrogênio (Equação 11).

$$ClO^-(aq) + H_2O(l) + Cu(s) \rightleftarrows Cu^{2+}(aq) + Cl^-(aq) + 2\ OH^-(aq) \quad \text{(Eq. 10)}$$

$$H_2O_2(aq) + Cu(s) + 2\ H^+(aq) \rightleftarrows 2\ H_2O(l) + Cu^{2+}(aq) \quad \text{(Eq. 11)}$$

Apesar do usual emprego dessas substâncias na limpeza de metais oxidados, elas promovem a oxidação de cobre metálico, causando a redução da massa da forma metálica devido à formação de íons Cu^{2+}. Por isso, esse tipo de limpeza não é, em hipótese alguma, recomendado em caso de moedas de valor histórico. Alternativamente ao uso de moedas, fios de cobre podem ser utilizados nesse caso, em que há perda de massa do metal. Esse problema não ocorre caso seja empregado um procedimento que leve à redução da camada de corrosão, uma vez que, com isso, a forma oxidada do metal é reincorporada ao objeto. Para isso, basta empregar um metal que tenha um potencial padrão de redução menor do que o do cobre (0,34 V) como o alumínio, por exemplo, que constitui o material do papel alumínio empregado. Concomitantemente à redução dos íons cobre, ocorre a oxidação do alumínio. Nesse caso, entretanto, a reação leva à formação de cobre finamente dividido, deixando a moeda escurecida (Figura 4).

Figura 4: Ilustração do aspecto da moeda tratada com papel alumínio e solução de NaCl.

Finalmente, outro aspecto investigado foi o do efeito da temperatura na limpeza das moedas com vinagre e NaCl. A moeda que foi tratada com essa mistura à temperatura ambiente ficou limpa mais rapidamente do que a que estava na geladeira (Figura 5). Considerando que a temperatura foi a única variável, pode-se concluir que seu aumento provocou o aumento da taxa de reação, ou seja, alterou a cinética da reação. Esse experimento pode ser repetido aumentando-se a temperatura da solução de vinagre e cloreto de sódio, aquecendo-a em um forno de micro-ondas por alguns segundos (nesse caso, a moeda deve ser colocada depois de a solução ter sido aquecida).

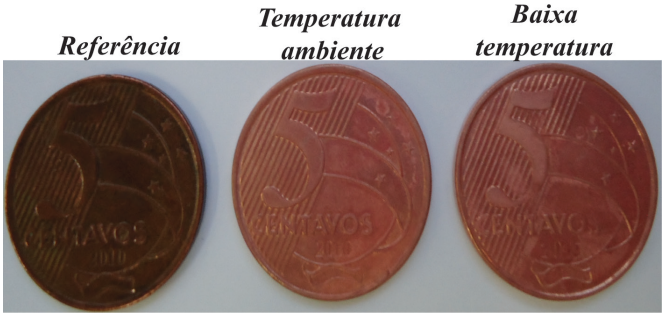


Figura 5: Ilustração do efeito da temperatura da solução com ácido acético e NaCl.

A partir do resultado dos experimentos, o educador poderá convidar seus estudantes a assumir uma postura investigativa, promovendo um debate em sala, o que evidenciará os recursos internos de que o grupo dispõe (zona de desenvolvimento proximal) (Oliveira, 2000) e permitirá a elaboração de hipóteses pelo grupo, tendo sempre em mente o papel mediador do professor (Mortimer, 2000).

Com base nessas reações e no caráter dos experimentos feitos, pode-se dar ao estudante liberdade para experimentar outros procedimentos, usando, por exemplo, refrigerantes (*Coca-Cola*) e sucos de frutas, além de outros produtos que possam ser usados na limpeza de moedas de cobre. Este também pode ser estimulado a tentar o mesmo procedimento com moedas revestidas de latão (em vez das de cobre), comparando os resultados com os obtidos no experimento proposto e, com isso, inferir sobre o papel decisivo do tipo de metal nas reações estudadas.

Dependendo do nível de conhecimento dos estudantes,

há diversas questões que podem ser propostas, quais sejam:
(a) Descrever as reações e equacioná-las (forma iônica).
(b) É possível prever se haverá diferença entre a ação do vinagre com NaCl à temperatura ambiente e depois de aquecido? Como essa diferença pode ser interpretada?
(c) Como se explica a diferença de resultado entre o uso de extrato de tomate e de *ketchup*?
(d) Quais são as vantagens e desvantagens de cada um desses métodos?
(e) Considerando uma lista de produtos que tenham caráter ácido (refrigerantes, suco de frutas, tomate etc.), como eles se comportam quanto à capacidade em limpar moedas de cobre? O acréscimo de uma pequena quantidade de cloreto de sódio a esses produtos provoca alguma modificação no resultado observado?

Conclusões

Como foi dito na introdução deste texto, o principal objetivo do experimento aqui proposto é o de estimular o questionamento por meio da experimentação direta e sem supervisão, dando ao estudante o prazer de elaborar as respostas aos problemas que lhe são apresentados. Geralmente, em procedimentos usuais de laboratório, são raras as oportunidades de estimular a reflexão e a iniciativa deste e, com isso, perde-se a importante possibilidade de contribuir com a formação do seu espírito inquiridor, essencial para o desenvolvimento de princípios críticos sólidos.

Dalva L. A. de Faria (dlafaria@iq.usp.br), bacharel em Química (USP), mestre em Físico-Química e doutora em ciências pelo Instituto de Química (USP), é professora associada no Instituto de Química da USP. São Paulo, SP – BR. **Nathália D'Elboux Bernardino** (nathaliadelboux@hotmail.com), bacharel em Química (Universidade de Londrina), mestre em ciências pelo Instituto de Química (USP), é doutoranda no Instituto de Química (USP). São Paulo, SP – BR. **Sandra R. Mutarelli Setúbal** (smutarelli@gmail.com), bacharel em Química (USP), mestre em Físico-Química e doutora em ciências pelo Instituto de Química (USP), é presidente do Instituto de Pesquisa Pensi em São Paulo. São Paulo, SP – BR. **Vera Novais** (vnovais2@gmail.com), bacharel e licenciada em Química (USP), autora de diversos livros didáticos de química do ensino médio, contribui neste trabalho durante a execução do projeto Laboratório de Mochila (CNPq), efetivada no Instituto de Química (USP). São Paulo, SP – BR. **Vera R. Leopoldo Constantino** (vrlconst@iq.usp.br), bacharel e doutora em Química (UNESP), é professora associada no Instituto de Química da USP. São Paulo, SP – BR.

Referências

BROZ, E.M.; COOK, R.F.; WHITNEY, D.L. Microhardness toughness, and modulus of Mohs scale minerals. *American Mineralogist*, v. 91, p. 135, 2006.

CHARPAK, G. *La main à la pâte*: les sciences a l'ecole primaire. Paris: Flammarion, 1996.

GRAEDEL, T.E.; NASSAU, K.; FRANEY, J.P. Copper patinas formed in the atmosphere I. Introduction. *Corrosion Science*, v. 27, p. 639, 1987.

KAUFFMAN, G.B. Lecture demonstrations, past and present 1. *The Chemical Educator*, n. 5, p. 1-33, 1996.

MARTELL, A.E; SMITH, R.M. *Critical stability constants*. v. 5, 6. New York: Plenum, 1982.

MORTIMER, E.F. *Linguagem e formação de conceitos de ensino de ciências*. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2000.

NASSAU, K.; GALLAGHER, P.K.; MILLER, A.E.; GRAEDEL, T.E. The characterization of patina components by X-ray diffraction and evolved gas analysis. *Corrosion Science*, v. 27, p. 669, 1987.

OLIVEIRA, M.K. *Vygotsky*: aprendizado e desenvolvimento – um processo sócio-histórico. São Paulo: Scipione, 2000.

PALMER, D.A. Solubility measurements of crystalline Cu2O in aqueous solution as a function of temperature and pH. *Journal of Solution Chemistry*, v. 40, n. 6, p. 1067, 2011.

ROSENHEIN, L.D. The household chemistry of cleaning pennies. *Journal of Chemical Education*, v. 78, p. 513, 2001.

STOLZBERG, R.J. Do new pennies lose their shells? Hypothesis testing in the sophomore analytical chemistry laboratory. *Journal of Chemical Education*, v. 75, p. 1453, 1998.

Abstract: *Cleaning copper coins: a chemistry laboratory at the home kitchen.* Cleaning copper objects can be used to introduce essential concepts in chemistry such as equilibrium, kinetics and types of chemical reactions. In this work, an unsupervised experiment is proposed involving the cleaning of copper coins by low cost and easily accessible commercial products. As an unsupervised experiment it is highly interactive, stimulating a more investigative posture in the student's perception of the real world.
Keywords: copper, chemical reactions, interactive experiment.

http://dx.doi.org/10.5935/0104-8899.20160005

Breve Discussão Histórica sobre a "Descoberta" dos Lantanídeos e sua Relação com as Teorias de Luz e Cores de Maxwell e Einstein

Rodrigo Galvão e Jorge Fernando S. Menezes

Neste artigo, discute-se a história da "descoberta" dos lantanídeos ou terras-raras (TR) e a relação entre a luminescência de seus compostos e as teorias de luz e cores de Maxwell e Einstein, que são celebradas no Ano Internacional da Luz em 2015. O texto tem como objetivo contribuir para a compreensão das propriedades físicas e químicas das TR que permitem aplicações industriais diversas. A temática também favorece um estudo interdisciplinar entre a física e a química à luz da história das ciências, em especial no que diz respeito à construção do conhecimento científico e seu caráter mutável e provisório.

▶ lantanídeos, história das ciências, óptica ◀

Recebido em 30/03/2015, aceito em 05/08/2015

A descoberta de uma nova série de elementos químicos

Entre os séculos XVIII e XIX, foram descobertos diversos elementos químicos, uma vez definido o elemento como uma substância que não pode ser decomposta a partir de processos químicos (Szabadvary, 1988). Nas tabelas periódicas, o elemento lantânio (La, 57) é seguido imediatamente pelo elemento háfnio (Hf, 72), sendo reservada uma linha a parte para os elementos: cério (Ce, 58), praseodímio (Pr, 59), neodímio (Nd, 60), promécio (Pm, 61), samário (Sm, 62), európio (Eu, 63), gadolínio (Gd, 64), térbio (Tb, 65), disprósio (Dy, 66), hólmio (Ho, 67), érbio (Er, 68), túlio (Tm, 69), itérbio (Yb, 70) e lutécio (Lu, 71). Todos esses elementos e mais o ítrio (Y, 39) e o escândio (Sc, 21) são denominados terras-raras (TR) ou lantanídeos[1], pois foram descobertos na forma de óxidos (terras) e em baixas concentrações[2]. Além disso, esses elementos possuem propriedades semelhantes e são encontrados na natureza misturados entre si, dificultando sua identificação e separação. Os TR são encontradas principalmente na forma de óxidos nos minérios ítria, céria e monazita (comum no Brasil). Os TR possuem diversas aplicações na indústria, em especial excelentes propriedades luminescentes, sendo usados em lasers e displays de televisores (Raj et al., 2010). A nova geração de diodos orgânicos emissores de luz (OLEDS) poderá fazer uso da luminescência dos lantanídeos em monitores mais eficientes. Os lantanídeos também podem ser aplicados como marcadores químicos e sensores ópticos em virtude de sua emissão característica (Figura 1).

A história da descoberta dos lantanídeos começa em 1787 com Carl Arrhenius, que descobriu um mineral escuro na cidade de Ytterby, Suécia, de onde foram isoladas diversas substâncias ao longo do tempo como o óxido de ítrio[3] (Szabadvary, 1988). Em 1804, o óxido de cério[4] foi isolado do minério cerite por Berzelius e Hisinger e simultaneamente por Klaproth (Szabadvary, 1988). Na época, sabia-se que as substâncias eram óxidos uma vez que estes se decompunham por eletrólise quando fundidos. Por outro lado, as características dos metais envolvidos ainda eram desconhecidas. Além disso, os óxidos isolados na verdade eram impuros, sendo constituídos de uma mistura de diversos outros óxidos. Carl Mosander conseguiu desmembrar os dois óxidos descobertos em seis. É importante destacar que, nessa época, não existiam os equipamentos modernos de caracterização como espectrômetros, de maneira que os químicos faziam uso de diversas estratégias, bastante elaboradas, para isolar os elementos químicos: explorando a alcalinidade das soluções, reatividade e cor das amostras, por exemplo. A análise espectral só foi introduzida em meados do século

Esta seção contempla a história da Química como parte da história da ciência, buscando ressaltar como o conhecimento científico é construído.

Figura 1: Luminescência do composto $[Eu(ACAC)_3(H_2O)_3]$; (a) aspecto do composto sob luz branca; (b) aspecto do composto sob luz ultravioleta.

XIX, favorecendo a identificação de novas espécies químicas e até mesmo a presença de elementos químicos em estrelas.

McLennan e Thomson (1916) discutem como a estrutura dos átomos mais complexos pode ser entendida por meio de sua emissão e absorção espectrais[5]. Nesse artigo, são descritas as linhas espectrais obtidas quando são borrifadas soluções salinas de diferentes metais em um bico de Bunsen. Essa prática experimental também é conhecida como teste da chama. Outra forma de conseguir os espectros de emissão de amostras é a utilização de um tubo de Crookes (Crookes, 1886), que produz um feixe de elétrons de grande momento linear e que são capazes de remover elétrons das camadas externas dos átomos dos materiais analisados, promovendo a emissão de luz (Crookes, 1879). Os tubos de Crookes têm como vantagem a preservação das amostras ao final dos testes.

A primeira aplicação industrial de TR foi proposta por Carl Auer no fim do século XIX, ao melhorar a emissão de bicos de Bunsen com o uso de óxido de lantânio para fins de iluminação pública, conseguindo grande prestígio por sua invenção (Szabadvary, 1988). As propriedades luminescentes dos lantanídeos começavam a se tornar atrativas para a indústria. Entretanto, o advento da luz elétrica e os problemas como a cor da luz produzida pela lâmpada de Auer levaram ao declínio de sua invenção. Uma nova proposta de Auer foi a utilização de óxido de cério em lâmpadas a gás, obtendo melhores resultados, além da invenção do primeiro isqueiro de bolso, também à base de cério.

Neste texto, daremos destaque à descoberta do európio por Eugène-Anatole Demarçay em 1901 (Szabadvary, 1988; Crookes, 1904).

> *Em 1900 eu mostrei que este novo elemento era idêntico ao Zε de Boisbaudran e que banda anômala de Crookes foi devida à mesma substância, bem como a linha reversa Zζ.* [...]. *Desde esse período, por uma longa série de fracionamentos com nitrato de magnésio, eu já fui capaz de acumular uma quantidade considerável deste elemento. Os resultados aparentemente contraditórios de Crookes e de Boisbaudran devem-se, eu acho, às proporções muito pequenas de Z–Zε contidas em seu material. Proponho o nome európio para o novo elemento, com o símbolo do Eu, e peso atômico 151 (aprox.)*[6]. (DEMARÇAY, 1901 *apud* CROOKES, 1905)

Propriedades físicas e químicas dos lantanídeos

Os TR admitem dois tipos de configurações eletrônicas: $[Xe]4f^{n-1}5d^16s^2$ e $[Xe]4f^n6s^2$, com n indo de 1 a 14, a depender do nível de energia relativo dessas configurações, sendo válido o princípio de mínima energia. Em lantanídeos, o aumento do número atômico não gera um incremento no número de elétrons nas camadas mais externas. Em vez disso, os elétrons são adicionados no subnível 4f (não preenchido), mais próximo do núcleo. Diz-se que existe um efeito de blindagem[7] do subnível 4f pelos níveis mais externos. Dessa forma, aumento do número atômico causa uma contração do raio atômico, fenômeno conhecido como contração de lantanídeos.

Os arranjos dos elétrons 4f são responsáveis por diferentes níveis de energia para cada elemento e diferentes comportamentos espectrais. As transições 4f→4f são responsáveis pelas propriedades luminescentes dos lantanídeos, caracterizadas pelos longos tempos de desativação (tempo de vida) e bandas de emissão estreitas[8]. Essas transições dão espectro tipo linha[9] excessivamente intensas nas regiões do visível e ultravioleta (UV) próximo. A largura das bandas

Nesse artigo, são descritas as linhas espectrais obtidas quando são borrifadas soluções salinas de diferentes metais em um bico de Bunsen. Essa prática experimental também é conhecida como teste da chama. Outra forma de conseguir os espectros de emissão de amostras é a utilização de um tubo de Crookes (Crookes, 1886), que produz um feixe de elétrons de grande momento linear e que são capazes de remover elétrons das camadas externas dos átomos dos materiais analisados, promovendo a emissão de luz (Crookes, 1879). Os tubos de Crookes têm como vantagem a preservação das amostras ao final dos testes.

espectrais está associada à natureza contraída dos orbitais 4f como consequência da blindagem exercida pelo arranjo $5s^25p^6$, impossibilitando o envolvimento daqueles na ligação metal-ligante. Portanto, exceto para pequenas variações nas intensidades e pequenas alterações no comprimento de onda, as bandas de absorção para um íon Ln^{3+} são essencialmente iguais em sais cristalinos, complexos e soluções. Os íons Ln^{3+} possuem os níveis de energia $^{2S+1}L_J$ característicos do íon livre em baixa simetria e, quando estão em um ambiente químico, a simetria se afasta ainda mais da esférica, com os níveis desdobrando-se em no máximo 2J+1 (para íons com número par de elétrons) e J+1/2 (para íons com número ímpar de elétrons) em função de efeitos do campo ligante (Menezes, 1999). O processo usual de obtenção da luminescência de lantanídeos é o chamado efeito antena, quando o íon luminescente é coordenado a um ligante orgânico e a energia absorvida pelo ligante será transferida ao íon luminescente, que emitirá uma luz característica. A Figura 2 representa um esquema dos processos de transferência de energia intramoleculares que ocorrem em compostos à base de TR.

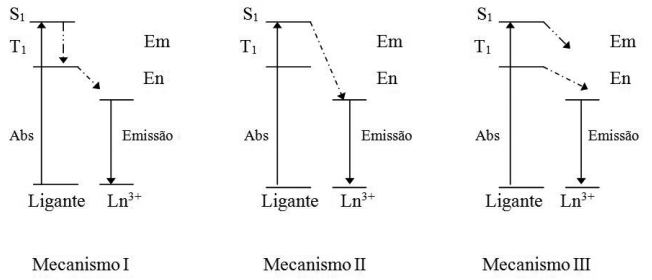


Figura 2: Diagrama dos processos de absorção, transferência e emissão de energia em compostos com TR. Fonte: adaptado de Menezes (1999).

No mecanismo 1, após o cruzamento interssistema entre o estado excitado singleto (S_1) e o estado tripleto (T_1) do ligante, ocorre a transferência de energia (TE) de (T_1) para um estado excitado de menor energia (En) do íon Ln^{3+}. No mecanismo 2, ocorre transferência de energia direto do estado (S_1) para o estado excitado de menor energia do (En) do íon. No mecanismo 3, ocorre transferência de energia do estado (S_1) para um nível intermediário (Em) do íon Ln^{3+}, que transfere energia para o estado (T_1) do ligante e posteriormente TE a um nível de menor energia (En) do íon Ln^{3+} (Menezes, 1999).

Os ligantes mais comuns em sistemas luminescentes à base de TR são as β-dicetonas ou 1,3-dicetonas por possuírem elevada estabilidade com os íons Ln^{3+} e absortividade molar na região do ultravioleta, o que não ocorre nos íons Ln^{3+} (Carnall; Fields, 1967). A energia acumulada pelos ligantes é então transferida para o centro metálico (lantanídeo) que retorna ao estado fundamental, liberando luz de um comprimento de onda maior, devido às perdas energéticas por transições não radiativas. Dessa forma, existe um deslocamento entre a faixa de comprimentos de onda absorvidos (ultravioleta) e a emitida (visível), o deslocamento Stokes. No caso do európio, o comprimento de onda da luz emitida com maior intensidade está em torno de 612nm, conforme já havia observado Demarçay.

No caso do composto luminescente da Figura 1, podem ser construídos espectros de emissão e absorção, que apresentam as intensidades relativas de cada comprimento de onda emitido pela amostra quando esta é sujeita à luz de determinado comprimento de onda. Para uma excitação na região do ultravioleta próximo, é obtido o espectro da Figura 3. Essa técnica é análoga às primeiras análises espectrais realizadas por Crookes, embora seja feita com equipamentos sofisticados.

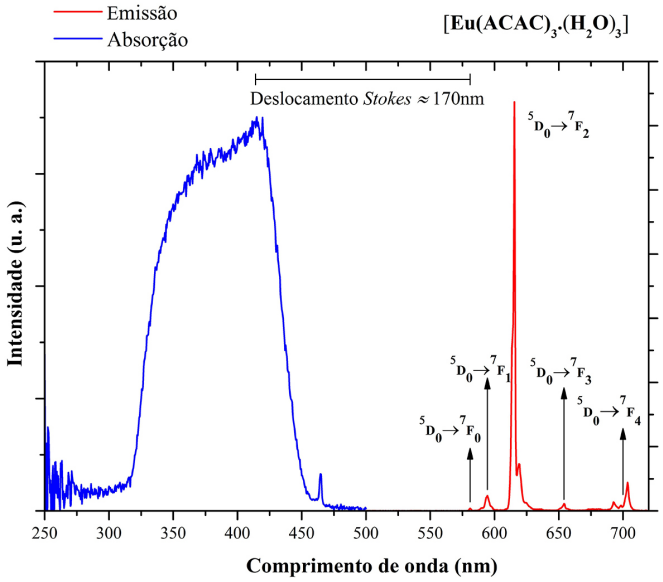


Figura 3: Espectro de emissão do composto da Figura 1.

Estudando a luminescência dos lantanídeos

Quando se deseja estudar e quantificar a cor dos objetos, é necessário fazer uso da colorimetria, ciência que trabalha com os fatores físicos da percepção de cor (Otha; Robertson, 2005; Schanda, 2007). Quando uma indústria de televisores deseja saber o desempenho dos aparelhos produzidos com precisão, são feitas medidas da intensidade luminosa e da cor aparente exibida no visor. Os displays mais modernos usam o conceito de pixel, menor elemento da imagem. Os pixels geralmente são constituídos por três pontos luminosos: um vermelho, um verde e um azul (RGB do inglês *Red Green Blue*). A combinação dessas cores é responsável pelas imagens projetadas no visor. Por exemplo, se uma pessoa olha para um arco-íris ao ar livre, presenciará as cores verdadeiras do espectro visível separadas. Se for mostrado um arco-íris em um filme ou uma foto na tela de um computador, a cor amarela reproduzida não é real, é apenas uma mistura de vermelho e verde[10].

A busca por uma teoria eficiente de cores é antiga. Isaac Newton acreditava ser possível propor uma teoria matemática para a cor, ou seja, por meio da média ponderada das cores espectrais na proporção das notas musicais, era possível obter a cor resultante (Newton, 2002). Por outro lado, experiências

feitas com seres humanos mostraram que a cor é uma sensação fisiológica, que depende da sensibilidade das células da retina e da interpretação que o cérebro faz dos impulsos elétricos coletados. Conforme Maxwell (1860, p. 58):

> *Nós podemos expressar isso dizendo que duas cores compostas podem ser cromaticamente idênticas, mas opticamente diferentes. As propriedades ópticas da luz são as que têm referência à sua origem e propagação através dos meios, até que atinge o órgão sensível da visão; as propriedades cromáticas da luz são as que têm referência ao seu poder de excitar certas sensações de cor, percebidas através do órgão da visão.*

James Maxwell desenvolveu um dispositivo para estudar o efeito da mistura de cores na visão com base nos trabalhos de Thomas Young e Hermann Von Helmholtz. O dispositivo é composto por três discos de papel pintados com pigmentos usados em pinturas nas cores vermelho, verde e azul graduados em 100 partes, de maneira que pode ser controlada a quantidade de cada cor exposta (Figura 4a). Sobre os discos, é colocado um disco menor de uma cor qualquer[11], que será comparada à cor formada quando os discos vermelho, verde e azul girarem em uma grande velocidade. Os discos são fixados na base por meio de um parafuso, evitando que a disposição das cores seja alterada durante o experimento (Maxwell, 1855). A escolha dos pigmentos: vermelho, verde e azul é devida à maior quantidade de cores que podem ser obtidas a partir de sua combinação.

Uma vez montado o aparato, o observador é colocado a uma distância do disco e o operador controla sua rotação. O observador deverá julgar se a cor de teste é idêntica à cor produzida pela composição dos discos vermelho, verde e azul ou se é preciso modificar algum componente. De posse dos dados, o operador deverá anotar a quantidade de vermelho, verde e azul necessário para compor cada cor de teste na forma de uma equação. Nota-se que a semelhança entre a cor de teste e a produzida não é real, mas um efeito da constituição do olho e do mecanismo da visão. Além disso, os resultados dos experimentos são mantidos em diferentes pessoas com visão normal (MAXWELL, 1855). Maxwell também realizou experimentos com pessoas daltônicas, chegando à conclusão que lhes faltava um dos elementos de cor dos olhos. Os dados coletados podem ser exibidos na forma de um gráfico, no qual cada cor de teste é representada por um ponto no interior de um triângulo equilátero, as coordenadas desse ponto são calculadas a partir do centro de massa das componentes vermelho, verde e azul, que são os vértices do triângulo (Figura 4b). Maxwell (1860) também propôs uma espécie de caixa de mistura de cores, cujas componentes vermelha, verde e azul da luz do Sol podem ser misturadas em diversas proporções.

O estudo da colorimetria permitiu atribuir a cada cor visível por um ser humano valores numéricos de abscissa e ordenada, dispostos nos chamados diagramas padrão de cromaticidade ou diagramas CIE, definidos pela Comissão Internacional de Iluminação (*Commission Internationale*

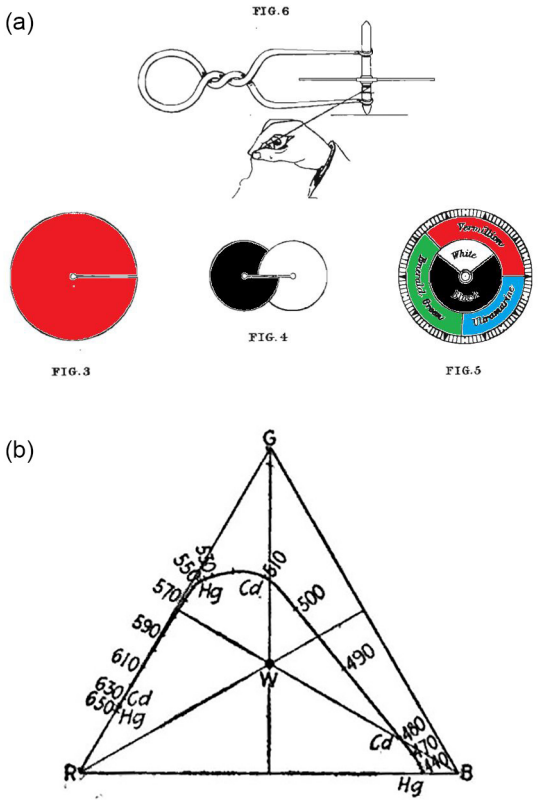


Figura 4: Experimento proposto por Maxwell para estudar a mistura de cores; (a) aparato para mistura e comparação de cores (colorido artificialmente); (b) diagrama de relações para as cores. Fonte: adaptado de Maxwell (1855).

d'Eclairage – CIE). Por meio dos diagramas CIE, pode-se fazer menção a uma cor por meio de suas coordenadas. Isso é útil, por exemplo, para se regulamentar letreiros luminosos e sinais de trânsito. A principal diferença entre o sistema proposto por Maxwell e o diagrama CIE é que as cores vermelho, verde e azul usadas no experimento de correspondência de cores não são pigmentos artísticos, mas sim cores espectrais puras. Quanto aos diagramas de cromaticidade, podem ser feitas as seguintes considerações:

- O diagrama representa todas as cores visíveis para um ser humano comum, que correspondem a valores não negativos de x, y e z;
- A região de cores visíveis é chamada de gamut da visão humana;
- A borda curva do gráfico (Figura 5) é chamada lócus espectral e corresponde à luz monocromática;
- A borda reta é chamada de linha tons de púrpura, que possui cores sem um comprimento de onda equivalente;
- A linha reta que une dois pontos do gráfico representa todas as cores que podem ser formadas pela mistura das cores dos extremos da linha. A mesma regra vale para um triângulo ou outra forma geométrica;
- O branco de referência é o ponto (1/3;1/3).

Com base no espectro da Figura 3, podem ser aplicados os cálculos propostos pela CIE, que levam em consideração a resposta espectral do olho humano para cada cor. O

resultado obtido é mostrado na Figura 5, calculado por meio do programa Spectra Lux (Santa-Cruz; Teles, 2003). Nota-se que a cor do composto está situada na borda do diagrama em torno de 612nm (ponto branco na figura), o que indica elevada pureza de cor, típica dos lantanídeos.

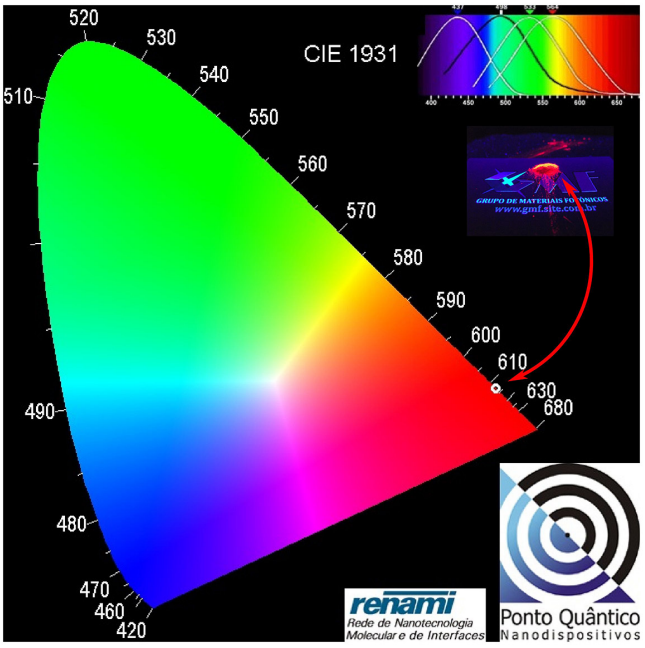


Figura 5: Diagrama de cromaticidade construído a partir do espectro da Figura 3.

O surgimento do quantum

Os processos de transferência de energia discutidos para os compostos à base de lantanídeos sugerem a existência de energia intrínseca à luz. A teoria ondulatória clássica para a luz foi verificada por Maxwell (1865), unificando os fenômenos ópticos aos fenômenos eletromagnéticos. Este propôs uma teoria dinâmica para o campo eletromagnético[12], que significa estudar as interações elétricas por meio da movimentação de matéria no espaço que circunda os corpos em condições elétricas ou magnéticas. Mesmo no vácuo, os corpos estariam imersos no éter, a matéria que transmitiria as ondulações de luz e calor em uma grande velocidade.

A partir de manipulações de um conjunto de equações para os fenômenos elétricos e magnéticos, Maxwell (1865) chegou à conclusão que ondas eletromagnéticas se propagam no vácuo com uma velocidade $v_{onda} = 310740000$m/s. Na época, eram conhecidas medidas para a velocidade da luz no ar, sendo obtidos valores $v_1 = 314858000$m/s, $v_2 = 298000000$m/s e $v_3 = 308000000$m/s. A conformidade entre os valores da velocidade da luz e das ondas eletromagnéticas indicava que a luz deve ser constituída de ondas eletromagnéticas de determinados comprimentos de onda. Ele ainda chama a atenção para o fato de que as constantes empregadas no cálculo da velocidade de propagação de uma onda eletromagnética foram obtidas por meio de experimentos que não envolviam luz: *"The only use made of light in the experiment was to see the instruments"*, e ainda assim, o resultado coincidia com medidas da velocidade da luz a partir de experimentos de óptica.

Antes de Maxwell, Weber e Kohlrausch (2003) observaram que a razão entre as unidades de carga eletrostática e eletromagnética coincidia dentro da margem de erro com a velocidade da luz, embora eles tenham tratado esse resultado como uma coincidência acidental, já que a natureza dos fenômenos ópticos e eletromagnéticos é bastante distinta (Shapiro, 1973). Sabe-se que, em linguagem usual, o valor dessa razão, c_W, é igual à $\sqrt{2} \cdot c \sim 4{,}39 \cdot 10^8$ m/s (Assis, 2003; Weber; Kohlrausch, 2003). Dessa forma, o modelo ondulatório parecia estar completamente estabelecido para a luz.

No final do século XIX e início do século XX, foi observado por diversos pesquisadores, como Hallwachs, Hertz e Lenard, um fenômeno conhecido hoje como efeito fotoelétrico. Quando uma superfície metálica era iluminada, principalmente com luz ultravioleta, notava-se a emissão de raios catódicos (elétrons) pelo metal (Figura 6). Medidas cuidadosas do fenômeno feitas por Lenard mostraram que a energia cinética dos elétrons ejetados só dependia da frequência (cor) da luz incidente e não de sua intensidade. Lenard propôs que a origem do fenômeno está no interior do átomo. A luz seria capaz de desencadear a liberação de uma energia interna no átomo, provocando a liberação de elétrons (Klassen, 2011). As pesquisas de Lenard sobre o efeito fotoelétrico lhe renderam o prêmio Nobel da Física em 1905. Nesse mesmo ano, foi anunciada uma nova explicação para o fenômeno, a hipótese do quanta por Albert Einstein (1967).

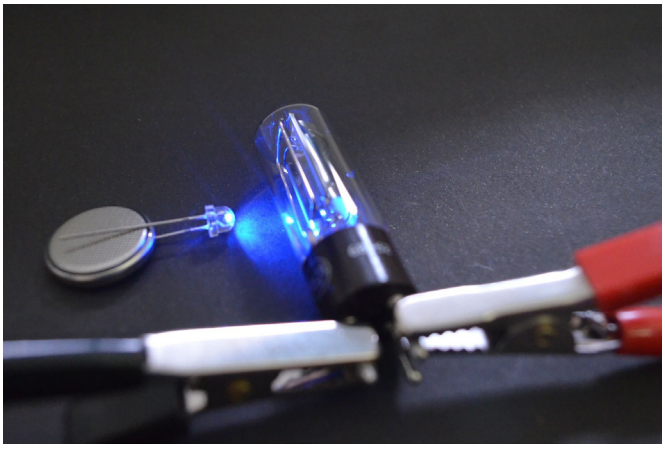


Figura 6: Efeito fotolétrico. O material fotoemissivo geralmente é armazenado em um tubo a vácuo por ser formado por metais bastante reativos na atmosfera ambiente como o Césio. Os elétrons são ejetados pelo material fotoemissivo e coletados pelo eletrodo quando é fornecida uma fonte luminosa.

Einstein (1967) apontou contradições entre as previsões da teoria eletromagnética da luz ou qualquer outra teoria ondulatória com os resultados experimentais acerca da criação e conversão de luz. Um exemplo é o problema da radiação de corpo negro, que consiste na discrepância entre os dados experimentais e os modelos teóricos clássicos para a radiação eletromagnética de uma cavidade. A solução

desse problema é feita a partir da hipótese de que a energia da radiação eletromagnética assume apenas determinados valores (discretos). Einstein estendeu essa hipótese a outro problema, a emissão de raios catódicos (elétrons) em sólidos a partir da iluminação.

$$E_Q = \kappa \cdot \nu \quad (1)$$

$$\Pi \cdot q = \kappa \cdot \nu - P' \quad (2)$$

Na equação 1, a energia do quantum de luz (fóton), E_Q, é diretamente proporcional à frequência da luz ν. Se um feixe de luz for direcionado a uma superfície metálica, os elétrons da superfície absorverão essa energia na forma de energia cinética, sendo ejetados da superfície em grande velocidade (fotocorrente). Se o metal for mantido positivo e sua vizinhança com potencial neutro, será oferecida uma resistência à ejeção do elétron pela atração coulombiana. No momento em que cessa a fotocorrente, a tensão Π (equação 2) multiplicada pela carga elétrica fundamental q será igual à diferença entre a energia absorvida e um trabalho P' realizado pelo elétron ao deixar a superfície metálica. Assumindo que cada elétron absorve um quanta de luz, o aumento da intensidade luminosa causará o aumento do número de elétrons ejetados, mas a energia cinética de cada um não será modificada, já que esta só depende de ν.

A hipótese de Einstein não foi bem recebida pela comunidade científica da época, mesmo quando as equações propostas foram observadas experimentalmente (Klassen, 2011). A quantização da luz parecia uma contradição da teoria eletromagnética. Mesmo com o descrédito por suas descobertas, Einstein recebeu o prêmio Nobel da Física em 1922. A aceitação do conceito de fóton só foi possível depois da observação do efeito Compton, que consiste na variação do comprimento de onda de raios X quando estes são direcionados em um material. A interação entre os raios X e os elétrons livres pode ser compreendida como uma colisão, na qual o momento linear e a energia mecânica são conservados. A aparente contradição entre a óptica ondulatória e a quantização da luz é resolvida quando esses fenômenos são compreendidos como comportamentos complementares da natureza:

> *Cada fóton individual possui propriedades ondulatórias bem como propriedades corpusculares. Mas os fótons mostram aspectos diferentes em diferentes situações. Um fóton se comporta como uma partícula quando está sendo emitido por um átomo, ou absorvido por um filme fotográfico ou outros detectores, e comporta-se como uma onda quando está se propagando da fonte para o local onde será detectado. Assim, o fóton incide no filme como uma partícula, mas se propaga até aquela posição como uma onda capaz de interferir construtivamente. O fato de que a luz exibe um comportamento tanto de onda como de partícula foi uma das mais interessantes descobertas do início do século XX.* (HEWITT, 2011, p. 560)

A hipótese de Einstein não foi bem recebida pela comunidade científica da época, mesmo quando as equações propostas foram observadas experimentalmente (Klassen, 2011). A quantização da luz parecia uma contradição da teoria eletromagnética. Mesmo com o descrédito por suas descobertas, Einstein recebeu o prêmio Nobel da Física em 1922. A aceitação do conceito de fóton só foi possível depois da observação do efeito Compton, que consiste na variação do comprimento de onda de raios X quando estes são direcionados em um material.

A natureza ondulatória e corpuscular da luz permite compreender os processos de transferência de energia responsáveis pelas características únicas dos lantanídeos. O caráter corpuscular é evidenciado na transferência e conversão de pacotes mais energéticos em luz visível (efeito antena), que é então capaz de propagar-se na forma de uma onda eletromagnética.

Considerações finais

Atualmente, a teoria quântica é cada vez mais aplicada a sistemas ópticos, principalmente em experimentos com cada vez menos fótons. Em futuro próximo, dispositivos ópticos inteligentes poderão revolucionar a computação, as comunicações e a medicina. Sondas luminescentes à base de lantanídeos podem ser aplicadas em diagnósticos não invasivos, devido às emissões características dos íons no espectro visível e infravermelho próximo e longos tempos de decaimento (Bünzli, 2010b). Dentre as aplicações industriais, filmes luminescentes à base de Ln^{3+} podem atuar como conversores ópticos de radiação UV em comprimentos de onda maiores, úteis na cultura de plantas em estufas onde a radiação UV é nociva e a luz visível é mais viável do ponto de vista da fotossíntese (Binnemans, 2009). De forma análoga, células solares podem ter sua eficiência reforçada com o uso de conversores ópticos.

Polímeros dopados com β-dicetonatos de lantanídeos também vêm sendo estudados como matrizes de lasers e fibras ópticas para redes de telecomunicação locais[13], dado seu baixo custo, alto desempenho, flexibilidade, estabilidade química, dentre outras vantagens (Zaharieva; Milanova; Todorovsky, 2011).

Notas

[1] Formalmente, são chamados terras raras Y, Sc e La-Lu; lantanídeos, os elementos Ce-Lu; e lantanoides, os elementos La-Lu (Bünzli, 2010a). Neste texto, serão tratados os elementos Y, Sc e La-Lu como lantanídeos ou terras raras.

[2] Sabe-se atualmente que esses elementos são naturalmente abundantes, comparáveis com metais industriais como o

estanho e chumbo (Szabadvary, 1988).

[3] Em linguagem usual: Y_2O_3, MM=225,81 u.

[4] Em linguagem usual: CeO_2, MM=172,11 u.

[5] Emissão e absorção espectrais são definidas respectivamente como a intensidade relativa de radiação eletromagnética por comprimento de onda emitida e absorvida por uma substância.

[6] Crookes havia localizado uma linha anômala nos espectros de fosforescência de amostras de ítrio contaminadas com samário com comprimento de onda 609nm (Crookes, 1886). A linha de fosforescência do sulfato de európio identificada por Demarçay tinha comprimento de onda 612nm, de maneira que Crookes não estava convencido de que sua linha anômala era devida ao európio.

[7] Não se trata do conceito de blindagem causada pela carga nuclear efetiva dos elétrons mais internos.

[8] Transições do tipo 4f→4f são fortemente proibidas por Laporte, mas tornam-se fracamente permitidas através do desdobramento do campo cristalino, que distorce a simetria em torno do íon (Menezes, 1999).

[9] Espectros do tipo linha são caracterizados por picos estreitos.

[10] David Brewster apresentou uma teoria para a composição das cores espectrais, afirmando que a luz branca é composta por três cores simples: vermelho, amarelo e azul. Por meio da composição destas, todas as outras do espectro seriam formadas. As cores simples se estenderiam por todo o espectro, de maneira que, em cada ponto, seria formada luz branca, só que impossível de ser separada por um prisma (Brewster, 1834). Essa teoria foi desconstruída por Helmholtz (1852), que apontou problemas na montagem dos experimentos de Brewster.

[11] Também podem ser adicionados discos menores de papel branco e preto, permitindo a obtenção de tons de cinza.

[12] É importante salientar que, para Maxwell (1865 *apud* SILVA; KRAPAS, 2007, p. 473), o campo eletromagnético não é entendido como uma grandeza física, mas como a "*parte do espaço que contém e envolve corpos em condições elétricas ou magnéticas*".

[13] O pico de emissão do Eu^{3+} em 612nm é próximo da janela óptica de comunicações, 650nm.

Agradecimentos

Aos professores Breno Pannia Espósito (IQ-USP), Mara Aparecida Alves da Silva (UFRB), Sergio Luiz Bragatto Boss (UFRB) e Vanessa Argolo Oliveira (UFRB) pela revisão e sugestões apontadas neste artigo.

Rodrigo Galvão dos Santos (galvao_rodrigo@outlook.com) é licenciado em Física pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB) e mestrando em Física pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Amargosa, BA – BR. **Jorge Fernando Silva de Menezes** (jorge_fernando@ufrb.edu.br) é graduado em Química Industrial pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB), licenciado em Química pela Faculdade Osvaldo Cruz (FOC), doutor em Química pela Universidade de São Paulo (USP), é professor adjunto IV do Centro de Formação de Professores (CFP) da UFRB. Amargosa, BA – BR

Referências

ASSIS, A.K.T. On the first electromagnetic measurement of the velocity of light by Wilhelm Weber and Rudolf Kohlrausch. In: BEVILACQUA, F.; GIANNETTO, E. (Eds.). *Volta and the history of electricity*. Milão: Hoepli, 2003. p. 267-286.

BINNEMANS, K. Lanthanide-based luminescent hybrid materials. *Chemical Reviews*, v. 109, n. 9, p. 4283-4374, 2009.

BREWSTER, D. On a new analysis of solar light, indicating three primary colours, forming coincident spectra of equal length. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, v. 12, n. 1, p. 123-136, 1834.

BÜNZLI, J.G. Foreword. In: HUANG, C. (Ed.). *Rare earth coordination chemistry*. Singapore: John Wiley, 2010. p. XXI-XXII.

_____. Lanthanide luminescence for biomedical analyses and imaging. *Chemical Reviews*, v. 110, n. 5, p. 2729-2755, 2010.

CARNALL, W.T.; FIELDS, P.R. Lanthanide and actinide absorption spectra in solution. In: FIELDS, P.R.; MOELLER, T. (Ed.). *Lanthanide/actinide chemistry*. American Chemical Society, 1967. v. 71, p. 86-101.

CROOKES, W. On radiant matter. *Popular Science Monthly*, London, 1879.

_____. On some new elements in gadolinite and samarskite, detected spectroscopically. *Proceedings of the Royal Society of London* (1854-1905), v. 40, p. 502-509,1886.

_____. On europium and its ultra-violet spectrum. *Proceedings of the Royal Society of London* (1854-1905), v. 74, p. 550-551, 1904.

_____. On the phosphorescent spectra of Sδ and europium. *Proceedings of the Royal Society of London*. Series A, Containing Papers of a Mathematical and Physical Character (1905-1934), v. 76, n. 511, p. 411-414, 1905.

DEMARÇAY, E. Sur un nouvel élément l'europium. *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, v. 132, p. 1484-1486, 1901.

EINSTEIN, A. On a heuristic point of view about the creation and conversion of light. In: HAAR, D. (Ed.). *The old quantum theory*. Oxford; London; Edinburgh; New York; Toronto; Sydney; Paris; Braunschweig: Pergamon, 1967. p. 91-107.

HELMHOLTZ, H. On Sir David Brewster's new analysis of solar light. *Philosophical Magazine*, Fourth Series, v. 4, n. 27, p. 401-416, 1852.

HEWITT, P. G. *Física conceitual*. 11. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.

KLASSEN, S. The photoelectric effect: reconstructing the story for the physics classroom. *Science & Education*, v. 20, p. 719-731, 2011.

MAXWELL, J.C. Experiments on colour as perceived by the eye with remarks on colour-blindness. *Transactions of the Royal Society of Edimburg*, v. 21, 1855. Part 2.

_____. On the theory of compound colours, and the relations of the colours of the spectrum. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* (1776-1886), v. 150, p. 57-84, 1860.

_____. A dynamical theory of the electromagnetic field. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* (1776-1886), v. 155, p. 459-512, 1865.

MCLENNAN, J.; THOMSON, A. On the bunsen flame spectra

of metallic vapours. *Proceedings of the Royal Society of London.* Series A, Containing Papers of a Mathematical and Physical Character (1905-1934), v. 92, n. 645, p. 584-590, 1916.

MENEZES, J.F.S. *Estudo fotoluminescente de tristenoiltrifluoroacetonatos de lantanídeos com sulfóxidos*. 1999. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

NEWTON, I. Óptica/Sir Isaac Newton. Trad. André Koch Torres Assis. São Paulo: Edusp, 2002.

OTHA, N.; ROBERTSON, A.R. *Colorimetry*: fundamentals and applications. London: John Wiley, 2005.

RAJ, D.B.A. et al. Highly luminescent poly(methyl methacrylate)-incorporated europium complex supported by a carbazole-based fluorinated β-diketonate ligand and a 4,5-bis(diphenylphosphino)-9,9-dimethylxanthene oxide co-ligand. *Inorganic Chemistry*, v. 49, n. 19, p. 9055-9063, 2010.

SANTA-CRUZ, P.A.; TELES, F.S. *Spectra Lux Software v.2.0*. Recife, 2003.

SCHANDA, J. *Colorimetry*: understanding the CIE system. Hoboken: John Wiley, 2007.

SHAPIRO, I.S. On the history of the discovery of the Maxwell equations. *Sov. Phys. Usp.*, v. 15, n. 5, p. 551-559, 1973.

SILVA, M.C.; KRAPAS, S. Controvérsia ação a distância/ação mediada: abordagens didáticas para o ensino das interações físicas. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 29, n. 3, p. 471-479, 2007.

SZABADVARY, F. The history of the discovery and separation of the rare earths. In: GSCHNEIDNER, K.A.; EYRING, L. (Eds.). *Handbook on the physics and chemistry of rare earths*. v. 11. B.V.: Elsevier Science, 1988. p. 33-80.

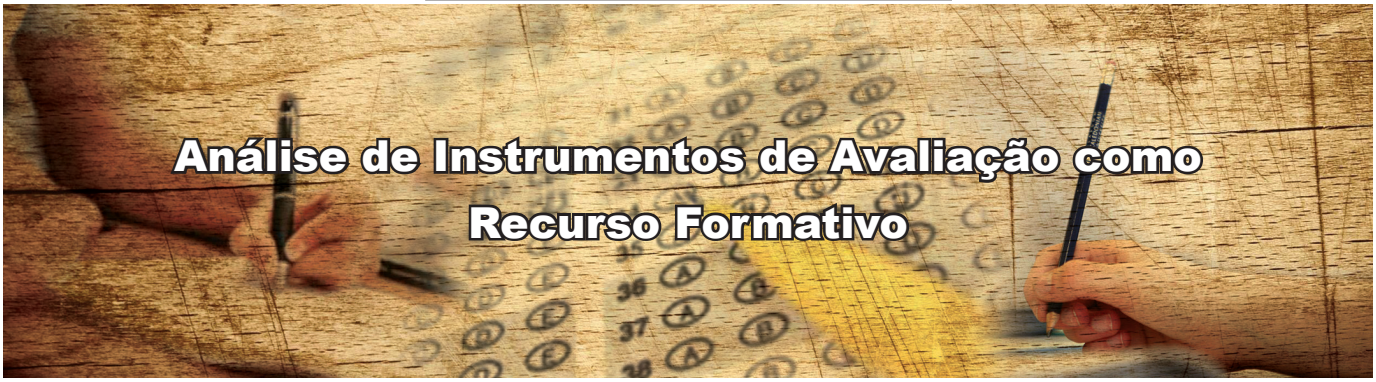
WEBER, W.; KOHLRAUSCH, R. Appendix: on the amount of electricity which flows through the cross-section of the circuit in galvanic currents. In: BEVILACQUA, F.; GIANNETTO, E. (Eds.). *Volta and the history of electricity*. Milão: Hoepli, 2003. p. 287-297.

ZAHARIEVA, J.; MILANOVA, M.; TODOROVSKY, D. Poly(methylmethacrylate) as immobilization matrix for europium β-diketonates-morphology and fluorescent properties. *Applied Surface Science*, v. 257, n. 15, p. 6858-6866, 2011.

Abstract: *Brief historical discussion of the "discovery" of Lanthanides and its relationship with the Maxwell's and Einstein's theories of light and color.* In this article we discuss the history of the "discovery" of the Lanthanide or Rare Earth (RE) elements and the relationship between the luminescence of their compounds and Maxwell's and Einstein's theories of light and color, which are celebrated in the International Year of Light in 2015. The text aims to contribute to the understanding of the physical and chemical properties of RE that allow numerous industrial applications. The subject also promotes an interdisciplinary study between Physics and Chemistry from the perspective of the History of Sciences, in particular with regard to the construction of scientific knowledge and its changing and provisional character.

Keywords: Lanthanides, History of Sciences, Optics.

http://dx.doi.org/10.5935/0104-8899.20160006



Análise de Instrumentos de Avaliação como Recurso Formativo

Melquesedeque da Silva Freire, Márcia Gorette Lima da Silva e Carlos Neco da Silva Júnior

O presente trabalho relata uma experiência de formação docente a partir da análise de instrumentos de avaliação da aprendizagem como categoria didática que considera os objetivos, os conteúdos, as formas e estratégias de ensino e os recursos didáticos propostos na ação docente. A atividade foi desenvolvida com futuros professores de uma instituição pública de ensino superior do nordeste brasileiro. A estratégia consistiu em discutir o referencial teórico das dificuldades cognitivas e habilidades requeridas a estudantes do ensino médio para a execução de tarefas expressas em avaliações escritas de conceitos relacionados à química orgânica. Posteriormente, os itens dos instrumentos de avaliação foram analisados em termos de operações cognitivas requeridas e um novo item foi apresentado para ser analisado pelos participantes à luz do referencial teórico adotado. Os resultados observados sinalizam que vivenciar situações com problemas autênticos contribuem com a incorporação dessas práticas na ação docente.

▶ dificuldades cognitivas, tipologia de tarefas, avaliação escrita ◀

Recebido em 22/01/2013, aceito em 27/05/2014

A questão dos saberes está intimamente ligada à questão do trabalho docente num lugar social determinado que orienta, de diversas maneiras, os saberes requeridos *no* e *para* o exercício da profissão. As pesquisas sobre a formação docente têm assumido como uma das preocupações os estudos sobre *como* os professores aprendem a ensinar e *como* constroem os saberes de sua profissão (Ramalho; Núñez; Gauthier, 2003). Esses estudos assumem a concepção do professor como profissional dotado de subjetividade e intencionalidade.

A concepção de ensino e docência propõe a superação de práticas que já não respondem às necessidades de uma sociedade em processo de grandes mudanças. Nessa perspectiva, o exercício da profissão estará fundamentalmente definido por um processo formativo de elevado nível teórico-metodológico, isto é, por uma base de conhecimentos multirreferenciais, norteada pelos princípios definidos pelo *modelo formativo profissional*. Essa tendência formativa significa, portanto, conceber o professorado como implementador e facilitador do processo ensino-aprendizagem, levado a assumir uma prática crítico-reflexiva, autônoma e responsável perante sua ação profissional, assegurando-lhe um lugar de produtor de saberes e investigador de sua própria prática como atitudes profissionais (Ramalho; Núñez; Gauthier, 2003).

O saber pode ser considerado como declarativo, no qual o professor ou o futuro professor sabe expressar-se coerentemente; como procedimental relativo às habilidades, quer dizer, o *saber como*; e como contextual, que está intrinsecamente ligado aos anteriores e relaciona-se ao *saber quando* e *como*. O caráter específico dos saberes docentes depende de fenômenos concretos e amalgamados pela aquisição durante a formação acadêmica nas instituições de ensino superior. Estes, por sua vez, em função da interação e socialização na vida prática e pelos antecedentes pessoais, são (re)modelados ou (re) construídos no exercício da profissão (Silva; Núñez, 2003).

As instituições de ensino superior (universidades, faculdades e demais centros) devem, portanto, propiciar situações para o desenvolvimento dos saberes docentes. Tais orientações estão não somente nas pesquisas no campo da formação docente, mas também nas áreas de conhecimento específico como, por exemplo, da educação em química com saberes disciplinares próprios e os diferentes documentos legais brasileiros. Esses últimos pressupõem orientações metodológicas da ação do professor e a organização do currículo por competências e habilidades: entre elas, representação e comunicação, investigação e compreensão e contextualização sociocultural (Brasil, 1998). Com relação

A seção "Relatos de sala de aula" socializa experiências e construções vivenciadas em aulas de Química ou a elas relacionadas.

às orientações metodológicas, preveem diferentes estratégias didáticas para o processo de ensino e aprendizagem: entre elas, as de verificação da aprendizagem do estudante, a qual pode ocorrer de diferentes formas e classificadas segundo os propósitos e as funções da avaliação.

A avaliação da aprendizagem como categoria didática deve estar relacionada com os objetivos, os conteúdos, as formas, as estratégias de ensino e os recursos didáticos. Quer dizer, procura acompanhar se os objetivos iniciais definidos no planejamento do professor e no projeto pedagógico da instituição de ensino foram alcançados. Serve como uma forma de orientar o trabalho do professor com suas estratégias e recursos utilizados, revelando os sucessos e as fragilidades na aprendizagem dos estudantes. Dessa forma, a avaliação deve estar centrada no processo de aprendizagem e não apenas no produto, quer dizer, não deve ter como propósito o valor da nota que o estudante obterá (Jorba; Sanmartí, 1993).

O processo de avaliação não pode se limitar a instrumentos com perguntas do tipo reprodutivas ou de memorização. Quando a avaliação é vista como processo, deve revelar a complexidade e a riqueza da aprendizagem de forma produtiva, possibilitando ao estudante aprender a partir de seus erros.

Uma proposta para a formação docente pressupõe a vivência do futuro professor em situações de contextos reais, de modo a propiciar o desenvolvimento de habilidades e competências que vão amalgamar a base de conhecimentos profissionais. Alguns estudos que se situam no âmbito do desenvolvimento de habilidades e competências dirigem-se em propiciar situações nas quais os estudantes possam mobilizar conhecimentos/saberes, não com a finalidade de repeti-los/reproduzi-los, mas de utilizá-los em situações de modo que sejam capazes de argumentar, de pensar, de ler e agir criticamente (Márquez; Prat, 2010; Márquez, 2009). Tal discussão implica, em um campo emergente em didática das ciências, a transferência de competências e habilidades como eixo orientador aos currículos (Gilbert; Bulte; Pilot, 2011; Brown, 1992, Jiménez-Aleixandre; Diaz Bustamante, 2003; Kelly, 2005; entre outros).

No âmbito da didática das ciências, assumiremos o termo competência, adotado por Gilbert, Bulte e Pilot (2011), como a capacidade de mobilizar saberes em contextos diversos, analisando os processos que favorecem a aplicação em outro contexto do que foi aprendido. Ao desenvolver atividades de contextos reais para análise dos instrumentos de avaliação como categoria didática, assume-se que a participação de futuros professores nos processos de prática reflexiva sobre competências e problemas autênticos promove a incorporação dessas práticas na ação docente. O termo habilidade assumido relaciona-se com a capacidade de realizar tarefas (Villani; Pacca, 1997). Especificamente neste estudo, é entendida como uma habilidade didático-pedagógica relacionada com a obtenção de informações sobre o processo de aprendizagem dos alunos por meio das sequências de ensino[1] planejadas pelo professor, isto é, a avaliação como uma categoria didática. A partir desse referencial, interessa-nos o desenvolvimento do saber declarativo e procedimental do futuro professor com relação às tarefas propostas em avaliações escritas para verificação da aprendizagem dos seus futuros alunos.

Um pouco sobre o papel e a tipologia da avaliação

O processo de avaliação não pode se limitar a instrumentos com perguntas do tipo reprodutivas ou de memorização. Quando a avaliação é vista como processo, deve revelar a complexidade e a riqueza da aprendizagem de forma produtiva, possibilitando ao estudante aprender a partir de seus erros. Dessa forma, essa categoria didática pode motivar e contribuir para desenvolver nos estudantes a capacidade de autorregulação da aprendizagem. Para o professor, a avaliação como processo revela elementos que lhe servem para reflexão da sua própria ação docente.

Ao pensar na avaliação como produto, os resultados da aprendizagem devem estar definidos nos objetivos do planejamento da disciplina que, por sua vez, devem estar em coerência com as finalidades da aprendizagem da química na educação básica (Silva; Núñez, 2008). Segundo os Parâmetros Curriculares para o Ensino Médio – PCNEM (Brasil, 1999), o professor realiza a avaliação por meio de:

a) *observação sistemática*: propõe o acompanhamento do processo de aprendizagem dos estudantes, utilizando alguns instrumentos como registro em tabelas, listas de controle, diário de classe e outros;
b) *análise das produções dos estudantes*: considera a variedade de produção realizadas para que se possa ter um quadro real das aprendizagens conquistadas;
c) *atividades específicas de avaliação*: atividades variadas como, por exemplo, os estudantes expõem sobre um tema de forma objetiva e respondem a um ou mais questionários.

Entre os instrumentos de verificação da aprendizagem mais difundidos nas escolas da educação básica está a prova escrita, isto é, um tipo específico de avaliação a qual tem vantagens e desvantagens, segundo as oportunidades e exigências do processo de ensino e da aprendizagem. Dependendo das finalidades e dos objetivos do projeto pedagógico da escola e do planejamento do professor, uma prova escrita pode avaliar diferentes habilidades ou capacidades cognitivas por meio de tarefas solicitadas em distintos tipos de perguntas.

Alguns autores defendem o desenvolvimento das habilidades e competências em função das exigências cognitivas para cada tipo de pergunta ou tarefa (Nigro; Campos, 1999; Alonso, 2000). Esse último autor propõe um modelo de análise baseado no processamento da informação e na concepção de dificuldade derivada da aprendizagem, sugerindo uma taxonomia de perguntas ou tarefas de aprendizagem e de avaliação.

Para Alonso (2000), a dificuldade da aprendizagem é dada pela dificuldade cognitiva exigida no processamento da informação, distinguindo em dois elementos básicos: a informação apresentada e a maneira pela qual é processada. Nessa perspectiva, a informação apresentada tem diferentes níveis de complexidade, dependendo da quantidade da informação dada ao sujeito, sejam conceitos que necessitam de conhecimentos prévios, procedimentos, regras etc.

A maneira como o indivíduo processa a informação possui diferentes estágios que incluem a aplicação de estratégias ou operações cognitivas realizadas sobre a informação, quer dizer, é um processamento cognitivo. Segundo esse autor, as operações cognitivas ou mentais variam, seja em função da quantidade ou da complexidade destas que, por sua vez, podem indicar a dificuldade cognitiva que o sujeito realiza ao processar a informação.

Elliot (1990) estabelece uma tipologia de tarefas para distinguir os diferentes níveis de operações cognitivas exigidas diante de uma dada situação, conforme o Quadro 1.

Na perspectiva desse referencial, o critério adotado para diferenciar a dificuldade cognitiva é a compreensão. Assim, uma tarefa do tipo compreensiva é entendida como aquela que requer a ressignificação do sentido da informação apresentada, enquanto que a não compreensiva implica em desenvolver a capacidade de recordar a informação na forma que foi apresentada. Assim, por exemplo, nas tarefas do tipo *lembrança*, o sujeito memoriza sem considerar ou sem compreender o significado da informação.

Alonso (2000), ao analisar as operações cognitivas relacionadas para cada tarefa na tipologia proposta por Elliot (1990), concluiu que se tratava de uma taxonomia cognitiva, conforme o Quadro 2.

De acordo com o Quadro 2, os três primeiros tipos de tarefas (reconhecimento, lembrança, aplicação de regras e fórmulas) são de dificuldade cognitiva mínima. As três últimas (reconstrutiva, reconstrutiva global e construtiva) são de dificuldade máxima e incluem a realização de procedimentos ou habilidades de grau mínimo. Assim, algumas tarefas como *reconhecimento, lembrança e aplicação de regras/fórmulas* não exigem que o estudante compreenda o que está executando para resolver o problema ou a situação. Por exemplo, uma pergunta que envolve a tarefa de *reconhecimento* requer do sujeito a habilidade de identificar, o que exige reconhecer a resposta correta. Então, o grau de dificuldade é mínimo e as operações cognitivas exigidas envolvem notar, perceber, reconhecer um dado ou elemento da informação apresentada na questão. As tarefas do tipo *lembrança* requerem do sujeito a capacidade de reconhecer

Quadro 1: Taxonomia da tipologia das tarefas (Alonso, 2000, p. 56, tradução nossa).

Dificuldade cognitiva	Denominação da tarefa	Tipo
Mínima	Reconhecimento Lembrança Aplicação de regras e fórmulas	Não compreensiva Não compreensiva Não compreensiva
Máxima	Reconstrutiva Reconstrutiva global Construtiva	Compreensiva Compreensiva Compreensiva

Quadro 2: Operações cognitivas segundo as distintas tarefas (Alonso, 2000, p. 56, tradução nossa).

	Reconhecimento	Lembrança	Regra/fórmula	Reconstrutiva	Reconstrutiva global	Construtiva
Identificar	X	X	X	X	X	X
Memorizar		X	X	X	X	X
Aplicar			X	X	X	X
Resumir				X	X	X
Interpretar				X	X	X
Generalizar				X	X	X
Comparar					X	X
Classificar					X	X
Organizar dados					X	X
Criticar					X	X
Induzir						X
Argumentar						X
Imaginar, criar						X
Planejar, pesquisar						X

e/ou recordar a informação apresentada na questão, e as tarefas do tipo *aplicação de regras/fórmulas* exigem a utilização de equações, métodos e princípios para resolver um dado problema.

As tarefas *reconstrutivas* possuem dificuldade cognitiva máxima e requerem habilidades de resumir, interpretar e generalizar. Segundo Alonso (2000), essas tarefas exigem do sujeito a capacidade de compreender a informação em termos de conceitos, dados, fatos e ideias. Nesse sentido, implica em operações cognitivas mais complexas como, por exemplo, resumir significa apresentar as ideias centrais da informação dada; interpretar requer uma explicação do significado para a informação; e generalizar exige a abstração de conceitos envolvidos de forma válida em outros contextos. As tarefas *reconstrutivas globais* implicam em comparar as informações presentes na questão; utilizar critérios de classificação para agrupar as características; analisar e sintetizar; extrair os dados da informação, resumindo e classificando-os; e avaliar de forma crítica. As tarefas *construtivas* implicam que o sujeito seja capaz de formular hipóteses, justificar a tomada de decisão em termos de valores, propor novos problemas e planejar atividades de investigação[2].

A partir desses argumentos e considerando o instrumento de avaliação como recurso didático, foi desenvolvida uma sequência de atividades com estudantes do curso de licenciatura em química.

Vivenciando a análise de questões de provas escritas

A intervenção foi realizada com 28 alunos de duas turmas da disciplina de Ensino de Química III. Esse componente curricular tem como foco trabalhar a transposição didática de conceitos-chave relacionados ao ensino de química orgânica no ensino médio.

O objetivo da sequência de ensino consistia em proporcionar aos futuros professores de química a análise das operações cognitivas a partir das tarefas exigidas em algumas questões de provas escritas e refletir sobre as possibilidades desse instrumento como parte da avaliação do processo de ensino e aprendizagem.

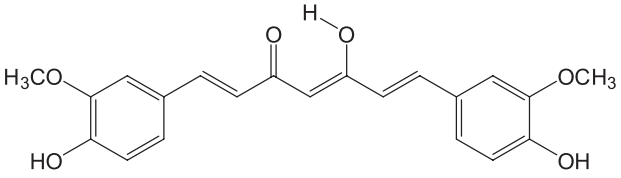
A participação e o envolvimento dos licenciandos nas atividades propostas foram caracterizados por meio da observação das atividades e a análise individual de uma questão que consistiu em nossa avaliação na disciplina.

A sequência de ensino envolveu três encontros. No primeiro, foi discutido o papel da avaliação no processo de ensino-aprendizagem; os tipos de instrumentos de verificação da aprendizagem; as operações cognitivas; e os tipos de tarefas relacionados. No segundo, foram apresentadas, a cada turma, duas perguntas de múltipla escolha extraídas de processos seletivos para ingresso no ensino superior e do Enem para que pudessem identificar as operações cognitivas relacionadas com as distintas tarefas (Quadro 1). Para tanto, uma primeira atividade era resolver as questões apresentadas. Cada etapa da resolução seria utilizada como critério para a análise das operações cognitivas requeridas, levando o licenciando a refletir sobre seu próprio conhecimento (metacognição).

No total, foram seis questões analisadas nas duas turmas. Essa atividade foi realizada em grupos com a supervisão dos professores, registrando as observações expressas nas falas dos licenciandos. Posteriormente, as análises de cada grupo foram apresentadas a todos os alunos da turma. A seguir, apresentamos um exemplo de uma questão analisada pelos licenciandos.

Questão 80

A curcumina, substância encontrada no pó amarelo-alaranjado extraído da raiz da cúrcuma ou açafrão-da-índia (*curcuma longa*), aparentemente pode ajudar a combater vários tipos de câncer, o mal de Parkinson e o de Alzheimer e até mesmo retardar o envelhecimento. Usada há quatro milênios por algumas culturas orientais, apenas nos últimos anos passou a ser investigada pela ciência ocidental.



Fonte: Antunes, M.G.L. Neurotoxidade induzida por quimioterápico cisplatina: possíveis efeitos citoprotetores dos antioxidantes da dieta curcumina e coenzima Q-10. *Pesquisa FAPESP*. São Paulo, n. 168, fev 2010 (adaptado)

Na estrutura acima, identificam-se grupos característicos das funções:

(A) éter e álcool
(B) éter e fenol
(C) éster e fenol
(D) aldeído e enol
(E) aldeído e éster

Fonte: Enem, caderno 1 azul, p. 25, 2010.

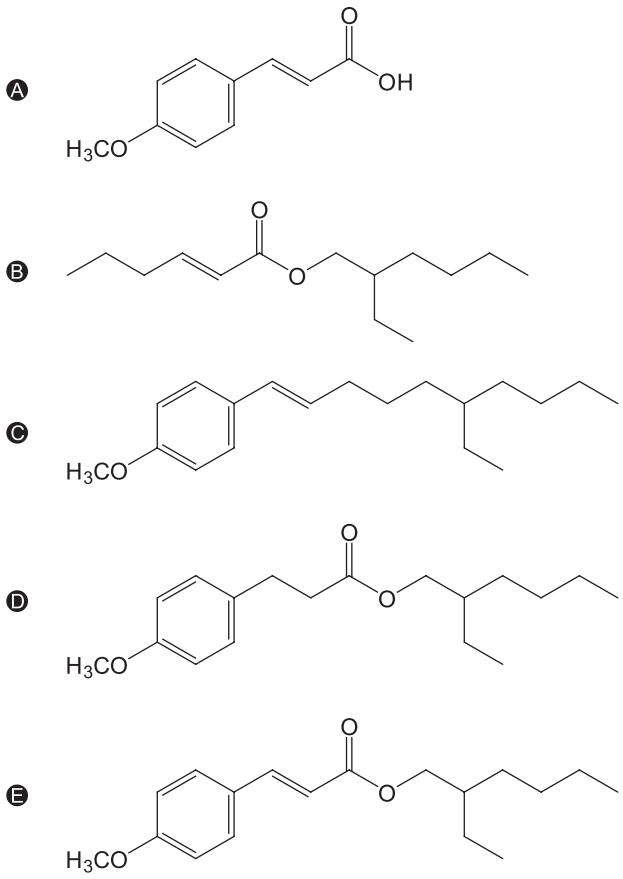
Para solucionar a questão acima, foi exigido que o estudante recordasse os grupos funcionais, sem necessariamente dar sentido aos conceitos envolvidos, e reconhecesse nos itens apresentados qual seria a resposta que representasse o composto (habilidades de identificar e memorizar). Assim, seria do tipo *não compreensiva* e possuía um nível mínimo de dificuldade cognitiva classificada como do tipo lembrança.

O objetivo da sequência de ensino consistia em proporcionar aos futuros professores de química a análise das operações cognitivas a partir das tarefas exigidas em algumas questões de provas escritas e refletir sobre as possibilidades desse instrumento como parte da avaliação do processo de ensino e aprendizagem.

Outro exemplo de questão analisada pelos licenciandos envolve a aplicação de fórmulas e propriedades dos compostos orgânicos, sendo apresentada a seguir:

Questão 36

O uso de protetores solares em situações de grande exposição aos raios solares como, por exemplo, nas praias é de grande importância para a saúde. As moléculas ativas de um protetor apresentam usualmente anéis aromáticos conjugados com grupos carbonila, pois esses sistemas são capazes de absorver a radiação ultravioleta mais nociva aos seres humanos. A conjugação é definida como a ocorrência de alternância entre ligações simples e duplas em uma molécula. Outra propriedade das moléculas em questão é apresentar, em uma de suas extremidades, uma parte apolar responsável por reduzir a solubilidade do composto em água, o que impede sua rápida remoção quando do contato com a água. De acordo com as considerações do texto, qual das moléculas apresentadas a seguir é a mais adequada para funcionar como molécula ativa de protetores solares?



Fonte: Enem, caderno 1, azul, p. 13, 2009.

Essa questão exigia tanto operações cognitivas básicas, tais como tarefas de reconhecimento (identificar as informações presentes no texto), de lembrança (recordar ou buscar pela memória), assim como outras mais complexas como avaliar segundo o conhecimento químico, comparando as propriedades das funções orgânicas, e resumir as informações apresentadas na pergunta para identificar a estrutura correta. Essa pergunta possui um nível máximo de dificuldade cognitiva, sendo classificada como *reconstrutiva global*.

No último encontro, foi apresentada uma questão com um novo contexto, sem o auxílio dos professores e dos demais colegas, para que pudessem analisar e identificar as operações cognitivas presentes em cada tarefa para a resolução da questão. A análise deveria ser argumentada por meio de um texto escrito. Posteriormente, esses argumentos seriam socializados no grande grupo. Nosso objetivo era buscar elementos para conhecer se os licenciandos poderiam mobilizar o saber procedimental a partir das discussões realizadas. Para a turma do turno noturno, os 15 licenciados analisaram a seguinte questão:

A seguir, fornecem-se informações sobre duas substâncias.

O **álcool** metílico, ou metanol, é uma substância tóxica, que pode causar cegueira e até a morte quando ingerido, inalado ou absorvido pela pele em determinada quantidade como aconteceu em Salvador, no início de 1999, quando 40 pessoas morreram devido ao consumo de aguardente contaminada com metanol. Esse tipo de álcool é usado como solvente, como combustível ecológico e na síntese de compostos orgânicos.

O **álcool** etílico, ou etanol (também um álcool), tem aplicação na indústria de bebidas e é usado como solvente e como combustível ecológico.

Sobre essas substâncias responda:

A) Uma pessoa encontrou dois frascos, cada um com um rótulo no qual aparecia somente a palavra ***ÁLCOOL***, sendo que um continha etanol e o outro metanol. Escreva as fórmulas estruturais do metanol e do etanol, que devem ser colocadas nos frascos a fim de diferenciá-los e evitar um acidente.

B) O metanol é uma substância que, nas condições ambientais de 25°C e 1 atm, apresenta-se como um líquido e não como um gás ou um sólido. Baseando-se na sua composição e estrutura, explique esse comportamento do metanol nas condições dadas.

Fonte: Processo seletivo UFRN, p. 8, 2011

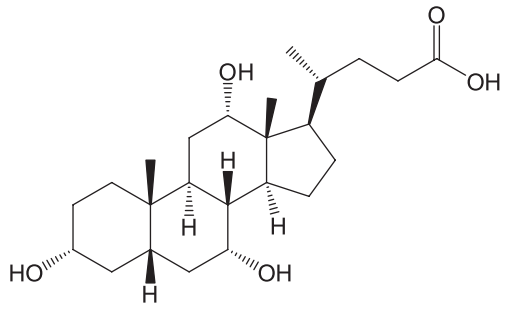
Ao analisar a questão acima, os licenciandos argumentaram que o item (A) implicaria em mobilizar habilidades de identificar e buscar na memória as fórmulas dos dois tipos de álcool, sem necessariamente compreender os conceitos envolvidos. Esse item foi denominado como uma questão de aplicação de regras e fórmulas. O objetivo didático é identificar se o estudante tem a competência de representar símbolos, códigos e nomenclatura própria da química. A dificuldade cognitiva exigida nessa pergunta requer operações do tipo não compreensiva de grau mínimo. Para resolver o item (B), é necessário mobilizar habilidades de interpretar, memorizar, resumir, interpretar, generalizar, comparar, classificar e argumentar. Esse item é denominado de tarefas

reconstrutiva global com um grau máximo de dificuldade cognitiva, sendo classificada do tipo compreensiva.

Para a turma do turno matutino, os 13 participantes analisaram a seguinte questão:

A bile é produzida pelo fígado, armazenada na vesícula biliar e tem papel fundamental na digestão de lipídeos. Os sais biliares são esteroides sintetizados no fígado a partir do colesterol e sua rota de síntese envolve várias etapas.

Partindo do ácido cólico representado na figura a seguir, ocorre a formação dos ácidos glicocólico e taurocólico.



O prefixo *glico-* significa a presença de um resíduo do aminoácido e o prefixo *tauro-*, do aminoácido taurina. A combinação entre o ácido cólico e a glicina ou a taurina origina a função amida, formada pela reação entre o grupo amina desses aminoácidos e o grupo:

(A) Carboxila do ácido cólico
(B) Aldeído do ácido cólico
(C) Hidroxila do ácido cólico
(D) Cetona do ácido cólico
(E) Ester do ácido cólico

Fonte: Enem, caderno azul, p. 24, 2011.

Essa questão foi caracterizada pelos licenciandos como aplicação de regras e fórmulas, do tipo não compreensiva, visto que para identificar os grupos funcionais corretos necessita recordar na memória o grupo funcional representado na figura e comparar com os demais. O objetivo didático desse item é identificar ou reconhecer a representação da nomenclatura própria da química sem necessariamente compreender o significado do conceito.

A partir da análise das respostas dos licenciandos, observamos que apresentaram de forma coerente as habilidades necessárias para resolver a questão a partir de sua própria experiência ao tentar solucionar. Como parte do encerramento das atividades, é usual estabelecermos uma conversa mais informal para que os licenciandos possam expressar suas opiniões, críticas, sugestões sobre a sequência de ensino. Apesar de não se caracterizar como um registro formal, entre os aspectos positivos, alguns informaram que estavam utilizando a análise das operações cognitivas necessárias para resolver os problemas ou exercícios em outros componentes curriculares do curso de química. O aspecto negativo ou crítica foi o pouco tempo para se aprofundar no referencial teórico sobre as operações cognitivas e como sugestão utilizar questões presentes nos livros didáticos aprovados pelo PNLD para química no ensino médio.

Os estudos de Kuhn (1992) sinalizam que a capacidade de emitir argumentos explicativos razoáveis pode ser considerada como parte do pensar bem ao assumir que a construção do conhecimento é um processo permanente de avaliação e as mudanças nas conclusões devem-se ao surgimento de novos dados e argumentos.

Considerações finais

A atividade desenvolvida com os licenciandos de análise de questões de provas escritas contou com a participação ativa de todos, expondo suas opiniões e inferências. De certa forma, foi propiciado um espaço para desenvolver saberes declarativos e procedimentais nos futuros professores. Os estudos de Kuhn (1992) sinalizam que a capacidade de emitir argumentos explicativos razoáveis pode ser considerada como parte do pensar bem ao assumir que a construção do conhecimento é um processo permanente de avaliação e as mudanças nas conclusões devem-se ao surgimento de novos dados e argumentos. Nesse caso, a reflexão das tarefas presentes para resolver as questões de provas escritas contribuiu como recurso de retroalimentação da ação docente. Nas atividades de análise, os licenciandos procuravam resolver as questões refletindo sobre cada operação cognitiva que lhe era exigido e, de certa forma, foram levados a ter consciência de seus próprios processos e estados metacognitivos.

Notas

[1] Assumimos o termo sequência de ensino ou atividades ou conjunto de atividades didáticas (*Teaching-lerning sequence*) como uma série de atividades que envolvem um tema específico. Pode também ser usada como ferramenta de pesquisa (*developmental research*) vinculada com a investigação-ação (Méheut; Psillos, 2004).

[2] Um detalhamento das tarefas é apresentado no artigo de Alonso (2000).

Melquesedeque da Silva Freire (melquimico@yahoo.com.br), licenciado em Química, mestre em ensino de ciências naturais e matemática pela UFRN, é professor assistente II do Instituto de Química da UFRN. Natal, RN – BR. **Márcia Gorette Lima da Silva** (marciaglsilva@yahoo.com.br), licenciada em Química, mestre em engenharia química e doutora em Educação pela UFRN, é professora adjunto III do Instituto de Química e do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da UFRN. Natal, RN – BR. **Carlos Neco da Silva Júnior** (necojunior@gmail.com), licenciado e bacharel em química, mestre em química com pesquisa na área de materiais vitrocerâmicos, doutor em química com pesquisa na área de educação química pela UFRN, é professor adjunto II do Instituto de Química e do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da UFRN. Natal, RN-BR.

Referências

ALONSO, Luis. ¿Cuál es el nivel o dificultad de la enseñanza que se está exigiendo en la aplicación del nuevo sistema educativo? *Educar*, n. 26, p. 53-75, 2000.

BRASIL. Ministério da Educação. *Diretrizes curriculares nacionais para o ensino médio*. Brasília: MEC, 1998.

_____. *Parâmetros curriculares nacionais*: novo ensino médio. Brasília: MEC, 1999. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book_volume_02_internet.pdf>. Acesso em: 16 jan. 2008.

_____. *Provas do Exame Nacional do Ensino Médio*. 2009. Disponível em: http://portal.inep.gov.br/web/enem/edicoes-anteriores/. Acesso em: 15 jan. 2013.

_____. *Provas do Exame Nacional do Ensino Médio*. 2010. Disponível em: http://portal.inep.gov.br/web/enem/edicoes-anteriores/. Acesso em: 15 jan. 2013.

_____. *Provas do Exame Nacional do Ensino Médio*. 2011. Disponível em: http://portal.inep.gov.br/web/enem/edicoes-anteriores/. Acesso em: 15 jan. 2013.

BROWN, A.L. Design experiments: theorical and methodogical challenges in creating complex interventions en classroom settings. *The Journal of the Learning Sciences.* v. 2, p. 141-178, 1992.

CAMPOS, M.C.C.; NIGRO, R.G. *Didática das ciências*: a aprendizagem como investigação. São Paulo: FTD, 1999.

COMPERVE. NÚCLEO PERMANENTE DE CONCURSOS - UFRN. *Prova de Química*. 2011. Disponível em: http://www.comperve.ufrn.br/conteudo/provas/provas2011.php. Acesso em: 15 jan. 2013.

ELLIOT, J. *La investigación-acción en educación*. Madri: Morata, 1990.

GILBERT, J.K.; BULTE, A.M.W.; PILOT, A. Concept development and transfer in context based science education. *International Journal of Science Education*, v. 33, n. 6, p. 817-837. 2011.

JIMENEZ-ALEIXANDRE, M.P.; DIAZ BUSTAMANTE, J. Discurso de aula y argumentación en la clase de ciencias: cuestiones teóricas y metodológicas. *Enseñanza de las ciencias.* v. 21, n. 3, p. 359-370, 2003.

JORBA, J.; SANMARTÍ, N. La función pedagógica de la evaluación. *Aula,* n. 20, p. 20-30, 1993.

KELLY, G. J. Inquiry, active and epistemic practice. In: DUSCHL, R.; GRANDY, R. (Orgs.). *Teaching scientific inquiry*. Rotterdam: Sense, 2011. p. 99-117.

KUHN, D. Thinking as argument. *Harvard Education Review*, 62, p. 155-178, 1992.

MARQUÉZ, C.B. Promover la competencia científica a través de la argumentación y el pensamiento crítico. *Enseñanza de las Ciencias*. Número extra. In: CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE INVESTIGACIÓN EN DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS, 8, 2009. Barcelona, p. 1278-1279, 2009.

MARQUÉZ, C.B.; PRAT, A. Favorecer la argumentación a partir de la lectura de textos. *Alambique*, n. 63, p. 39-49, 2010.

MÉHEUT, M.; PSILLOS, D. Teaching-learning sequences: aims and tools for science education research. *International Journal of Science Education*. v. 26, n. 5, p. 515-535, 2004

RAMALHO, B. L., NÚÑEZ, I. B., GAUTHIER, C. *Formar o professor*. Profissionalizar o ensino: perspectivas e desafios. Porto Alegre: Sulina. 2003.

SILVA, M.G.L; NÚÑEZ, I.B. Os saberes necessários aos professores de química para a educação tecnológica. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias.* v. 2, p. 1-26, 2003.

SILVA, M.G.L; NÚÑEZ, I.B. Avaliação escrita: instrumentos de avaliação I. In: _____. *Instrumentação para o ensino de química III*. Natal: EdUFRN, 2008.

VILLANI, A.; PACCA, J. Construtivismo, conhecimento científico e habilidade didática no ensino de ciências. *Revista da Faculdade de Educação*, v. 23, n. 1-2, São Paulo, jan./dez., 1997.

Para saber mais

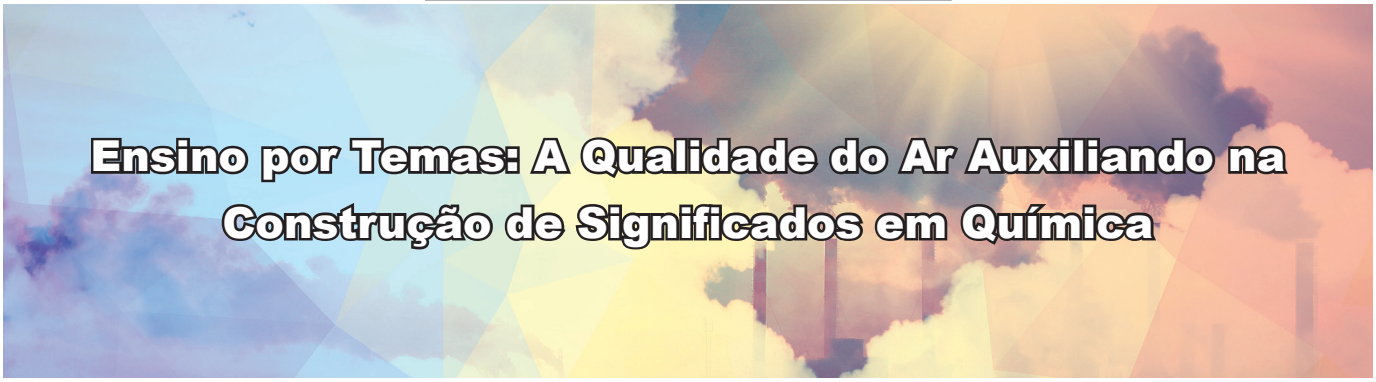
ANDRE, M.E.D.; PASSOS, L.F. Avaliação escolar: desafios e perspectivas. In: CASTRO, A.D.; CARVALHO, A.M.P. *Ensinar a ensinar*: didática para a escola fundamental e média. São Paulo: Pioneira Thomsom Learning, 2001, p. 165-176.

LOCH, J.M.P. Avaliação: uma perspectiva emancipatória. *Química Nova na Escola*, n. 12, p. 30-33, 2000.

Abstract: *Assessment instruments of analysis as formative feature.* This paper describes an experience of teacher training from the analysis of evaluation tools of the learning as didactic category that considers the objectives, contents, forms and strategies of teaching and learning resources proposed in the teaching action. The activity was developed with future teachers of a higher education public institution in northeast Brazil. The strategy consisted of discuss the theoretical reference of cognitive difficulties and required skills to high school students to perform tasks expressed in written evaluations of concepts related to organic chemistry. Subsequently, the items of evaluation instruments were analyzed in terms of required cognitive operations and a new question was presented for review by the participants based in theoretical approach. The observed results indicate that try out situations with authentic problems contributes to the incorporation of these practices in teacher work.

Keywords: cognitive difficulties, typology of tasks, writing tests

http://dx.doi.org/10.5935/0104-8899.20160007



Ensino por Temas: A Qualidade do Ar Auxiliando na Construção de Significados em Química

Mirra Angelina Neres da Silva e Ana Luiza de Quadros

Neste trabalho, relatamos uma experiência de aulas de química por temas, usando o tema qualidade do ar. Para desenvolvê-lo, partimos de dados da FEAM/MG sobre a qualidade do ar em Belo Horizonte. A proposta temática foi aplicada em três escolas da rede pública. Ela se baseia nos pressupostos do movimento ciência, tecnologia e sociedade e representa uma tentativa de promover o letramento científico. Ao iniciarmos a proposta, notamos dificuldade nos estudantes em empregar o conhecimento escolar na explicação de fenômenos cotidianos. No entanto, explorando temas recorrentes na mídia e empregando os conceitos químicos para explicá-los, pudemos perceber um aumento no interesse pela química e um grande engajamento nas aulas.

▶ ensino por temas, qualidade do ar, letramento científico ◀

Recebido em 08/08/2013, aceito em 11/06/2014

Ensinar química para estudantes da educação básica tem se mostrado como um grande desafio para a maior parte dos professores e principalmente para os estudantes dos cursos de licenciatura em química. Problemas relacionados com a pouca aprendizagem e ao desinteresse dos estudantes com aquilo que a escola oferece como conteúdo necessário à formação para a cidadania têm sido discutidos pela comunidade científica especializada.

Como professores em formação inicial e continuada, sentimo-nos desafiados a encontrar caminhos que possam auxiliar na compreensão da escola como um todo e nos aspectos que possam melhorar o ensino de química. Partimos do pressuposto de que ensinar essa área a partir de temas de interesse da química e dos estudantes pode produzir mais aprendizagem. Neste trabalho, relatamos a experiência de ensino usando os dados monitorados pela Fundação Estadual de Meio Ambiente (FEAM) sobre a qualidade do ar em Belo Horizonte (BH).

A proposta temática foi elaborada em conjunto pelos envolvidos no Projeto Práticas Motivadoras de Química: estudantes de licenciatura, professores da educação básica e professores formadores. O projeto vem sendo desenvolvido no Departamento de Química da Universidade Federal de Minas Gerais em parceria com três instituições de ensino da educação básica. O tema qualidade do ar foi escolhido tendo como base alguns pressupostos do movimento ciência-tecnologia-sociedade (CTS) e considerando o uso de tendências contemporâneas de ensino e aprendizagem. Esse trabalho faz o relato de uma experiência na qual tínhamos a intenção de promover o letramento científico.

O tema qualidade do ar foi escolhido tendo como base alguns pressupostos do movimento ciência-tecnologia-sociedade (CTS) e considerando o uso de tendências contemporâneas de ensino e aprendizagem. Esse trabalho faz o relato de uma experiência na qual tínhamos a intenção de promover o letramento científico.

Referencial teórico

O agravamento dos problemas ambientais nas décadas de 1950, 1960 e 1970, causado principalmente pela intensificação das atividades industriais e pelo emprego de armas químicas e nucleares em confrontos internacionais, motivou a disseminação de movimentos sociais questionando o modelo de desenvolvimento econômico. Esses grupos defendiam o desenvolvimento de ações visando minimizar os impactos ambientais e a promoção da cidadania a partir

dos princípios de ética, solidariedade, fraternidade, respeito ao próximo e generosidade. Esses movimentos possibilitaram os estudos de CTS como campo interdisciplinar (Cutcliffe, 1990).

Com base nesses princípios, o movimento CTS possibilitou o desenvolvimento de estudos sobre as consequências do uso da tecnologia, a discussão de questões relacionadas à ética no exercício das atividades científicas nos diversos campos nos quais se aplicam e intensificou o debate em torno do desenvolvimento da biotecnologia. Partindo do princípio de que o desenvolvimento da ciência e da tecnologia trazem consequências diretas à sociedade, adeptos desse movimento consideram adequado o preparo do cidadão para julgar os artefatos tecnológicos que são disponibilizados e para fazer opções conscientes.

Foi consideravelmente rápida a inserção das ideias do movimento CTS na educação, principalmente nos currículos de ciências, nos quais o conhecimento específico deve ser tratado em seus aspectos mais amplos, considerando os contextos sociais, históricos e epistemológicos. No Brasil, a vertente CTS aparece como cenário no documento Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM). Isso é facilmente perceptível na divisão das áreas de conhecimento para o ensino médio: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias; códigos e linguagem e suas tecnologias; e ciências humanas e suas tecnologias. É possível perceber a tendência em aproximar a tecnologia e os artefatos tecnológicos do ensino das ciências básicas e, entre elas, a química.

Na parte desses documentos (PCNEM) que trata do ensino de química, a formação do cidadão é enfatizada. Santos e Schnetzler (2010) entendem que o ensino de ciências contribuirá para a formação da cidadania à medida que favorecer a participação dos alunos na vida comunitária. Assim sendo, esses autores argumentam sobre a necessidade de promover a participação dos estudantes para que eles se engajem nas decisões da comunidade em que estão inseridos. É assim que concebemos uma educação para cidadania como educação para tomada de decisão, o que implica na necessidade de desenvolver a faculdade de julgar.

Além disso, Santos (2011, p. 303) afirma que

> [...] *a educação em química deve, também, desenvolver no indivíduo o interesse pelos assuntos sociais vinculados à química, de forma que ele assuma uma postura comprometida em buscar posicionamentos sobre o enfrentamento dos problemas ambientais e sociais vinculados às aplicações da química na sociedade.*

Nesse contexto, a interdisciplinaridade e a contextualização se tornam elementos essenciais no currículo CTS, pois propiciam o desenvolvimento concomitante de conteúdos específicos da química vinculados a temas que incluem aspectos sociocientíficos, ambientais e econômicos. Mortimer e Santos (2001) descrevem o papel do movimento CTS na concepção de ciência, tanto entre os cientistas como entre a sociedade em geral. Para eles,

> *O movimento CTS surgiu, então, em contraposição ao pressuposto cientificista, que valorizava a ciência por si mesmo, depositando uma crença cega em seus resultados positivos. A ciência era vista como uma atividade neutra, de domínio exclusivo de um grupo de especialistas, que trabalhava desinteressadamente e com autonomia na busca de um conhecimento universal, cujas consequências ou usos inadequados não eram de sua responsabilidade.* [...] *A crítica a tais concepções levou a uma nova filosofia e sociologia da ciência que passou a reconhecer as limitações, responsabilidades e cumplicidades dos cientistas, enfocando a ciência e a tecnologia – C&T como processos sociais.* (p. 96)

Como vimos, o movimento CTS desenvolveu-se em um contexto de crítica ao modelo de desenvolvimento científico e tecnológico. Intrinsecamente associado ao movimento CTS está o conceito de letramento científico. Embora se aproximem em objetivos, esses movimentos possuem origens diferenciadas. Este surgiu mais por pressões sociais que envolveram razões diversas como as econômicas e até as de ordem prática (Aikenhead, 1997). Os dois movimentos se aproximam principalmente ao destacarem a função social do ensino de ciências.

Sobre o uso dos termos letramento ou alfabetização, Soares (1998, p. 47) faz a distinção entre eles. Segundo ela, o termo alfabetização tem sido empregado com o sentido mais restritivo de ação de ensinar a ler e a escrever, enquanto o termo letramento refere-se ao "estado ou condição de quem não apenas sabe ler e escrever, mas cultiva e exerce práticas sociais que usam a escrita". Assim, uma pessoa letrada, nessa perspectiva, é capaz de ler e compreender palavras, articulando-as aos vários contextos e, a partir disso, expressar opiniões sobre os assuntos científicos. Shamos (1995) e Santos (2007) consideram que o letramento científico propriamente dito – *true scientific literacy* – envolve o domínio vocabular dos termos científico, mas passa também pelo domínio dos conceitos científicos pelo desenvolvimento de processos cognitivos de alto nível de elaboração mental de modelos explicativos para os processos e fenômenos.

Santos (2008) afirma que o letramento científico não se trata de preparar o cidadão para operar as ferramentas tecnológicas ou desenvolver habilidades nos alunos que os tornem aptos a lidarem com novas tecnologias. Segundo ele, um cidadão letrado deve ser capaz de participar de decisões democráticas sobre ciência e tecnologia e de questionar a ideologia dominante do desenvolvimento tecnológico.

A inclusão de aspectos sociocientíficos nas aulas de química da educação básica considera a possibilidade de promover o letramento científico à medida que contempla questões ambientais, políticas, econômicas, éticas, sociais e culturais relativas à ciência e à tecnologia (Santos, 2002). Essas orientações

têm sido preconizadas por diversos autores (Kolsto, 2001; Ramsey, 1993; Ratcliffe, 1998; Ratcliffe; Grace, 2003; Rubba, 1991; Zeidler et al., 2005) e podem ser agrupados nas seguintes categorias: 1) relevância – encorajar os alunos a relacionar suas experiências escolares em ciências com problemas de seu cotidiano e desenvolver responsabilidade social; 2) motivação – despertar maior interesse pelo estudo de ciências; 3) comunicação e argumentação – ajudá-los a verbalizar, ouvir e argumentar; 4) análise – ajudá-los a desenvolver raciocínio com maior exigência cognitiva; 5) compreensão – auxiliá-los na aprendizagem de conceitos científicos e de aspectos relativos à natureza da ciência (Ratcliffe, 1998).

Neste trabalho, relatamos a experiência de ensino com o tema qualidade de ar, desenvolvido e aplicado a estudantes de escolas públicas de Minas Gerais em uma tentativa de auxiliá-los a fazer uma leitura do mundo próximo a eles e que até então era desconsiderado. A partir dos dados sobre a qualidade do ar da região central de BH, disponibilizados pela FEAM/MG, elaboramos um conjunto de atividades que permitiram articular o conhecimento químico a aspectos geográficos, econômicos e sociais.

Metodologia

A presente proposta fez parte de um projeto de aulas temáticas que vem sendo desenvolvido na UFMG por um conjunto de estudantes de licenciatura em química. Esse tema foi proposto ao grupo participante do projeto, formado pelos licenciandos, por três professores da educação básica e pelo coordenador do projeto. Após ampla discussão, foi desenvolvido em 10 turmas de estudantes do 1º, 2º e 3º anos do ensino médio.

As aulas foram ministradas pelos licenciandos, estagiários nessas escolas. Atendidos os trâmites legais, as aulas foram gravadas em vídeo. Para tal, uma câmera foi posicionada na parte lateral da sala, de forma que pudesse registrar as ações dos professores e a participação dos estudantes. Esses vídeos foram analisados posteriormente.

A aula foi organizada em três atividades principais, sendo cada uma delas aplicada em duas horas-aula realizadas em sequência. Na primeira atividade, usamos um conjunto de fotografias mostrando situações do contexto para identificar as concepções dos estudantes sobre fatores que afetam a qualidade do ar e, em seguida, fizemos um estudo do ozônio troposférico por meio de dados obtidos na FEAM. Na segunda atividade, continuamos o estudo da presença dos gases NO_2, CO e SO_2 na atmosfera de BH, também a partir de dados coletados pela FEAM. A terceira atividade foi organizada para que fossem identificados alguns efeitos desses gases.

A FEAM monitora a presença das substâncias ozônio, monóxido de carbono, dióxido de nitrogênio, dióxido de enxofre e materiais particulados no ar de BH e outros municípios de Minas Gerais. O monitoramento em BH e em sua região metropolitana é feito em seis pontos de coleta. Nosso trabalho envolveu dados coletados na Praça da Estação, ponto central da capital.

Em trabalho desenvolvido por Sobrinho (2009) intitulado *Um estudo feito por meio de gráficos do ar que respiramos em Belo Horizonte*, os dados da FEAM sobre a qualidade do ar foram transformados em gráficos. Selecionamos alguns destes para inserir a discussão mais específica sobre a qualidade do ar. Nesse trabalho, nós usamos esses gráficos para promover aprendizagens químicas em sala de aula.

Para análise dos resultados, assistimos aos vídeos em conjunto e fizemos um levantamento das falas que mostravam as concepções prévias dos estudantes e das falas que representavam evolução nessas concepções. Os resultados são descritos a seguir.

A proposta temática e os resultados obtidos

A partir da nossa própria percepção das aulas e da análise dos vídeos, relatamos os resultados obtidos usando a mesma divisão de aulas relatadas na metodologia. Assim, este relato está dividido por atividades, sendo cada uma delas realizada em duas horas-aula ministradas em sequência.

a) Iniciando o tema

Para introduzir o tema qualidade do ar, iniciamos apresentando aos estudantes um conjunto de 14 fotografias previamente selecionadas que tratavam de: (1) usina hidrelétrica; (2) criação de gado; (3) área desmatada; (4) vulcão em atividade; (5) congestionamento do trânsito; (6) aglomerado de prédios nos centros urbanos; (7) refinaria de petróleo; (8) produção de carvão; (9) exploração ilegal de madeira; (10) oceano; (11) formação do smog fotoquímico na Cidade do México; (12) plantio de arroz; (13) aterro sanitário; e (14) aumento populacional. Organizados em grupos, os estudantes foram convidados a separá-las em duas categorias, sendo a primeira referente a situações ou ambientes que não alteram a composição da atmosfera e a segunda, àquelas que podem alterar.

Esse trabalho com as fotos foi realizado com a finalidade de avaliar o conhecimento prévio dos alunos em relação ao tema alterações atmosféricas e com o intuito de identificar quais contextos eles relacionam mais diretamente com poluição ou com qualidade de vida. Cada uma das fotografias representava situações ou ambientes que influenciam direta ou indiretamente na composição da atmosfera.

As fotos escolhidas pelo maior número de estudantes, como situações nas quais há interferência na qualidade do ar, foram aquelas que representavam o desmatamento, o congestionamento de veículos, a refinaria de petróleo e o aterro sanitário. Para a maior parte dos estudantes, as fotografias que representavam uma usina hidrelétrica, uma plantação de arroz e o oceano mostram situações que praticamente não promovem alterações, já que essas não foram escolhidas pelos grupos.

Quando os grupos foram convidados a justificar cada uma das escolhas realizadas, pudemos notar que a maioria apresentou dificuldade em formular uma explicação e, quando argumentaram sobre o problema, a explicação referente

à causa era limitada. Por exemplo, ao justificarem a escolha da foto que mostrava um congestionamento no trânsito, os estudantes disseram que o fizeram porque os carros liberam o CO_2 do cano de escapamento e que isso estava relacionado com o aquecimento global. Entretanto, o aumento da frota de veículos está associado a diversos fatores que podem alterar a composição da atmosfera, tais como: a expansão de áreas pavimentadas cujos materiais que as compõem podem absorver energia solar, promovendo aquecimento dessas regiões; o desmatamento para a construção de vias e rodovias; o assoreamento de rios e lagos devido ao excesso de pavimentação; entre outros. O fato de os alunos identificarem os veículos e a emissão de gás carbônico como o único problema presente naquele contexto explicita uma análise limitada do contexto, provavelmente decorrente de informações veiculadas nos meios de comunicação sobre o aquecimento global e da não veiculação de outros problemas sociais e ambientais trazidos pela infraestrutura necessária para atender ao excesso de veículos.

Ao notarmos que os estudantes culpavam os carros por problemas ambientais, questionamos sobre o direito de cada habitante de ter um carro e transitar com ele para inserir a ideia de que as nossas escolhas podem originar problemas. Provocamos essa discussão para que os estudantes pensassem sobre suas próprias responsabilidades em relação à situação destacada na foto em questão.

Para as fotografias que apresentavam uma área desmatada, um aterro sanitário e uma refinaria de petróleo, na qual havia uma chaminé com queima de vapores na saída, fizemos a mesma discussão, tentando identificar o que os estudantes percebiam como problemático em cada uma delas e em que nível eles se percebiam como responsáveis pela situação. Em todas essas situações, os estudantes não se mostraram corresponsáveis pelos problemas presentes.

O fato de as Fotos 1, 2 e 12, que representavam respectivamente uma usina hidrelétrica, uma plantação de arroz e o oceano, não terem sido escolhidas por nenhum grupo mostra que não era o conhecimento científico que estava permeando as escolhas. Quando chamamos a atenção para a Foto 1, percebemos que a usina hidrelétrica só foi vista como ruim em termos de sua construção. A ocupação de grandes áreas de terra, a desapropriação de famílias que vivem da agricultura, a destruição do habitat de espécies animais e a produção de metano pela decomposição da matéria verde submersa na água só foram consideradas a partir do nosso questionamento. A plantação de arroz e a criação de gado foram percebidas como benéficas pela produção de alimentos. Quando questionamos sobre os danos ambientais que a plantação de arroz e a criação de gado provocam, os estudantes demonstraram estranhamento ou desconhecimento.

Passamos a focar nos resultados da medição dos gases na área central de BH. Apresentamos aos estudantes o trabalho de monitoramento da qualidade do ar realizado pela FEAM. Notamos pouco conhecimento sobre o trabalho dessa fundação e sobre os objetivos do monitoramento dos gases. A primeira discussão foi em torno do gráfico (Figura 1) que relaciona o aumento da concentração média de ozônio ao longo dos meses nos anos de 1999 a 2002.

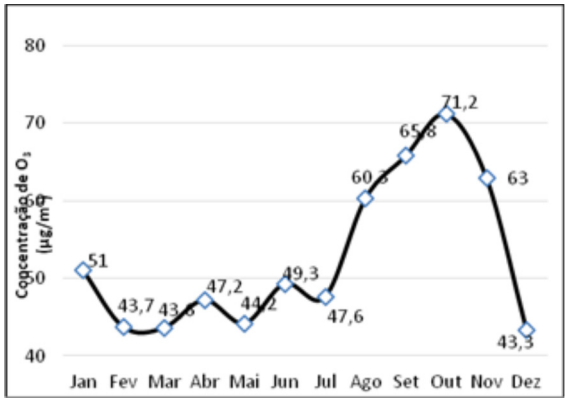


Figura 1: Gráfico da concentração média de O_3 nos anos de 1999 a 2002 na Praça Rui Barbosa, Belo Horizonte. Fonte: Relatórios da FEAM/MG.

Ao solicitarmos uma explicação para o aumento da concentração do ozônio no intervalo que compreende os meses de agosto, setembro e outubro, notamos que os estudantes não conseguiram formular uma explicação. Alguns atribuíram a alta concentração de ozônio ao aumento da incidência da radiação solar durante a primavera e, assim, indicaram que a energia solar pode ser um dos fatores que propiciam a formação do ozônio. Na discussão, levantou-se a hipótese de que esse comportamento esteja relacionado ao fato de o verão em BH ser muito chuvoso e a radiação solar total ser diminuída em função da chuva, em contraste com os meses seguintes, que são de pouca ou nenhuma precipitação. As chuvas só voltam a acontecer em BH em torno do final de outubro. Os estudantes só passaram a relacionar a incidência de chuvas com a qualidade do ar a partir dessa discussão.

Passamos a discutir esse fato em termos de reações gasosas que acontecem na atmosfera e que levam à formação do ozônio troposférico. A Figura 2 mostra um conjunto de equações que dão uma ideia da relação entre a radiação e a formação de radicais livres, responsáveis pela formação do ozônio.

$$NO + 1/2O_2 \rightarrow NO_2 \qquad \text{(eq. 1)}$$

$$NO_2 + h\upsilon \rightarrow NO + O^* \qquad \text{(eq. 2)}$$

$$O^* + O_2 \rightarrow O_3 \qquad \text{(eq. 3)}$$

Figura 2: Síntese das reações que representam a formação do ozônio troposférico.

Ainda sobre o monitoramento de ozônio, apresentamos um novo gráfico (Figura 3), relacionando a concentração de ozônio aos dias da semana para as medidas feitas no ano de 2002.

Perguntamos aos estudantes se os dados constantes nesse gráfico tinham alguma relação com a nossa exposição ao sol, ou seja, se esses dados poderiam ser usados como ferramenta

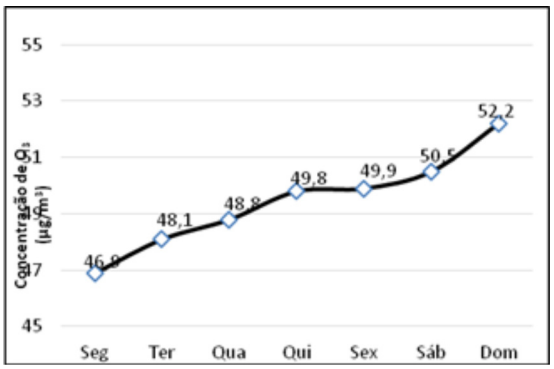


Figura 3: Gráfico das concentrações médias de O_3 durante os dias da semana do ano de 2002. Fonte: Relatórios da FEAM/ Praça Rui Barbosa.

para escolher o melhor dia da semana para se expor ao sol na área central de BH. A maioria dos estudantes considerou essa relação e indicou que o melhor período para se expor ao sol seria o final de semana, visto que a concentração de ozônio foi maior nesse período. Outros não souberam responder por desconhecerem a importância da camada de ozônio para os seres vivos.

A postura dos estudantes indicou que não sabiam estabelecer diferenças entre o ozônio troposférico e o ozônio estratosférico, que são originados a partir de reações distintas e apresentam diferentes funções. Ao notarmos essa dificuldade, retomamos o estudo da atmosfera e das camadas que a compõem. Nesse estudo, destacamos o conceito de atmosfera e a composição/características de cada camada, baseando-nos em Martins e colaboradores (2009). Assim, os estudantes perceberam que os dados da FEAM sobre o ozônio não eram uma ferramenta adequada para escolher o melhor dia para se expor ao sol, pois o ozônio formado na troposfera é considerado um poluente e o aumento de sua concentração está associado a uma maior incidência de doenças respiratórias, por exemplo. Essa questão foi importante para destacarmos a diferença entre o ozônio da troposfera, um poluente, e o ozônio da estratosfera que funciona com um filtro para alguns tipos de radiação. O papel benéfico do ozônio na estratosfera era bastante conhecido entre os estudantes, porém o modo como o ozônio protege os seres vivos da radiação UV não se apresentou de forma clara. Por isso, a aula foi dirigida para que a formação do ozônio troposférico fosse mais bem entendida. Segundo Andrade e Sarne (1990), a radiação ultravioleta dissocia o oxigênio molecular em oxigênio atômico, conforme está representado nas equações 4 e 5.

$$O_2 + h\upsilon \rightarrow 2\,O \qquad \text{(eq. 4)}$$

$$O + O_2 + M \rightarrow O_3 + M \qquad \text{(eq. 5)}$$

Na equação 5, o M representa uma molécula de oxigênio ou nitrogênio que permanece inalterada na reação. Ainda segundo Andrade e Sarne (1990), o O_3 formado pode também ser dissociado pela radiação ultravioleta (equação 6). Esses dois fenômenos, que ocorrem continuamente, conferem a capacidade de retenção desse tipo de radiação na estratosfera.

$$O_3 + h\upsilon \rightarrow O_2 + O \qquad \text{(eq. 6)}$$

O fenômeno diminuição da camada de ozônio passou a ser objeto de ampla discussão na sala de aula. O efeito dos CFCs e dos BrFCs, encontrados até poucos anos atrás nos refrigeradores, sprays, aparelhos de ar condicionado e equipamentos industriais, e o de alguns solventes voláteis usados na produção de cola e etiquetadores foram objetos de interesse do grupo. O estudo envolveu os trabalhos de Mozeto (2001) e Martins e colaboradores (2009).

b) A segunda aula

Outros três gráficos foram selecionados para que pudéssemos enfatizar também a formação da chuva ácida. Iniciamos fazendo a investigação das concepções prévias em relação à presença de NO_2 e CO na atmosfera, mais precisamente na região central de BH. Em seguida, apresentamos os dados da FEAM em relação a esses gases. As Figuras 4 e 5 mostram dois dos gráficos usados. Eles foram construídos usando as concentrações médias de NO_2 e CO ao longo das semanas do ano de 2002.

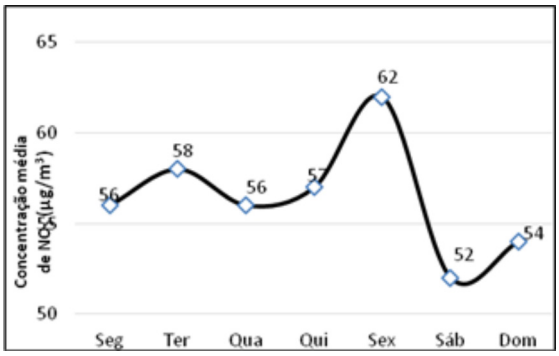


Figura 4: Gráfico da concentrações médias de NO_2 durante os dias da semana do ano de 2002.Fonte: Relatórios da FEAM/ Praça Rui Barbosa.

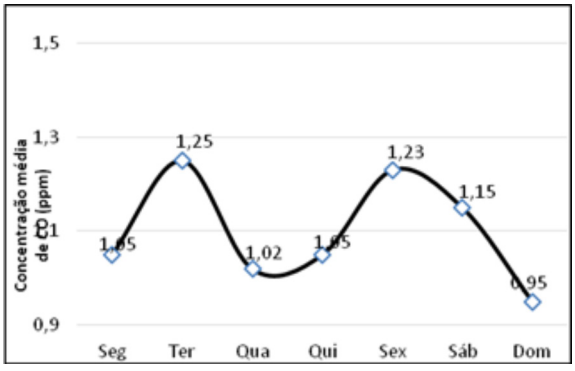


Figura 5: Gráfico das concentrações médias de CO nos dias da semana do ano de 2002.Fonte: Relatórios da FEAM/Praça Rui Barbosa.

Os estudantes foram convidados a estabelecer uma relação entre as variações nas concentrações desses gases,

considerando a região em que foram coletados. Pedimos que explicassem a variação de concentração desses gases ao longo da semana. O aumento da emissão de CO e NO_2 nas sextas-feiras foi prontamente associado ao fluxo de veículos, já que é facilmente percebido esse aumento no centro da cidade. No entanto, a terça-feira gerou algumas dúvidas, já que o NO_2 teve uma média de aumento menor, quando comparado com o CO.

Para um melhor entendimento, a discussão se dirigiu para as possíveis fontes desses gases. Parece ser consenso entre especialistas que a emissão veicular é responsável por grande parte dos gases poluentes, incluindo o monóxido de carbono. Entretanto, o fato de o CO estar em concentração maior que o NO_2 nas terças-feiras, na região central de BH, parece não ser explicado apenas pela emissão, necessitando um conhecimento sobre possíveis fontes desse gás no local e na época em que essa medida foi feita.

Na Figura 6, encontra-se o gráfico que descreve a média das concentrações de SO_2 ao longo dos meses, considerados os dados obtidos nos anos de 1996, 1998, 1999 e 2000.

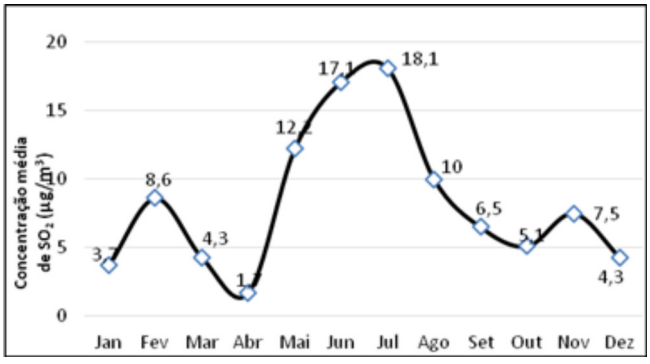


Figura 6: Gráfico da concentração média de SO_2 durante os meses dos anos de 1996, 1998, 1999 e 2000. Fonte: Relatórios da FEAM/Praça Rui Barbosa.

Em relação à Figura 6, os estudantes foram chamados a explicar o fato de a concentração de SO_2 aumentar no intervalo que compreende os meses de maio, junho e julho, baseando-se nos índices pluviométricos. De um modo geral, identificaram que nesse período os índices pluviométricos eram baixos. No entanto, eles não conseguiram explicitar as origens dessa relação. Assim, focamos nas reações que o SO_2 sofre em contato com a água presente na atmosfera, gerando o H_2SO_4. Conhecendo as reações do SO_2 e do NO na atmosfera, foi fácil para os estudantes formularem uma explicação para a diminuição da concentração desse gás a partir da incidência de chuva, que se inicia normalmente a partir da primavera e se intensifica no verão. Os meses de maio, junho e julho são os de menor incidência de chuvas em BH. A partir disso, os estudantes puderam compreender como as chuvas promovem a diminuição da concentração desse poluente na atmosfera.

O tempo restante da aula foi usado para discutir as consequências da chuva ácida e a incidência de chuva com essas características no Brasil e na região metropolitana de BH.

c) A terceira aula

Para dar continuidade ao estudo do fenômeno de chuva ácida, realizamos o experimento de queima de enxofre em ambiente fechado com a presença de uma pétala de rosa, exatamente como apresentado no livro didático de química, *Interações e Transformações* (GEPEQ, 1993). A observação dos efeitos na planta e na água, quando os gases liberados são dissolvidos nesta, mostrou-se significativa para os estudantes.

Com a intenção de que os estudantes identificassem as características físico-químicas dos gases liberados na combustão, principalmente o caráter ácido desses gases, fizemos um experimento que permitiu a eles entenderem o efeito de indicadores em soluções ácidas, básicas e neutras, usando para isso um ácido típico (HCl(aq)) e uma base típica (NaOH(aq)). Em seguida, eles testaram os indicadores em algumas soluções disponibilizadas a eles (água sanitária, amônia, bicarbonato de sódio, limão, Sprite e vinagre). Alguns se mostraram muito surpresos com o fato de o Sprite ser ácido e do bicarbonato ser básico. A partir disso, iniciamos uma discussão sobre o fato de as pessoas tomarem uma solução de bicarbonato quando estão com azia.

Posteriormente, realizamos uma atividade para caracterizar a natureza dos gases da combustão. Os estudantes tiveram que aproximar a extremidade aberta de um erlenmeyer a uma lamparina acesa, de forma que parte do gás liberado ficasse retido neste. Posteriormente adicionaram a esse erlenmeyer uma solução aquosa de azul de bromotimol. Com essa atividade, eles foram capazes de identificar a natureza ácida dos gases da combustão, quando observaram a mudança de cor do indicador. A partir desse experimento, os próprios estudantes resgataram a discussão sobre chuva ácida, que foi estendida até o final da atividade.

Ensinar química a partir de um contexto não conhecido: o que aprendemos?

Como foi dito por Santos (2008), um cidadão letrado deve ser capaz de participar de decisões democráticas sobre ciência e tecnologia e de questionar a ideologia dominante do desenvolvimento tecnológico. Para que esse cidadão possa participar ativamente na sociedade, ele precisa fazer uma boa leitura do ambiente à sua volta para poder se posicionar criticamente.

A proposta temática visava inserir esses estudantes na discussão de problemas sociais e ambientais que interferem diretamente na nossa qualidade de vida. Os dados sobre a qualidade do ar, organizados a partir do monitoramento feito pela FEAM, despertaram o interesse dos estudantes e favoreceu a discussão sobre aspectos químicos envolvendo os gases atmosféricos, tais como a camada de ozônio e a chuva ácida.

Em aulas que realizamos cerca de três meses depois, nessas mesmas turmas, apresentamos a medida da FEAM para a qualidade do ar naquela semana (esses dados são atualizados toda semana no site). Observando que os dados

levavam a uma boa qualidade do ar, um dos estudantes fez o seguinte comentário: "Também, choveu a semana passada inteirinha!". Isso, para nós, foi um indicativo importante de que esse estudante estava mais apto a analisar o contexto apresentado e argumentar sobre ele.

Os estudantes, que creditavam a responsabilidade sobre os danos ambientais a outros (carros, governo etc.), passaram a se ver como corresponsáveis. Apesar de acreditarmos que o desenvolvimento desse tema tenha sido importante, temos certeza que a responsabilidade de cada um deve ser retomada permanentemente para que ocorra um aumento constante de consciência sobre o assunto.

Além disso, consideramos a disciplina de química como o *locus* para que as questões ambientais sejam entendidas. O desconhecimento dessas questões pode limitar a participação desses alunos como cidadãos. Como poderão avaliar as políticas públicas na área de urbanização, transporte e infraestrutura sem levar em consideração os aspectos socioambientais que norteiam essas questões? Além disso, a educação ambiental é um tema previsto no PCN e, também por isso, deve compor a atividade docente.

Desenvolver aulas temáticas usando dados da FEAM sobre a qualidade do ar e dar ao estudante a oportunidade de se tornar um sujeito ativo do processo foi uma experiência que gerou conhecimento, principalmente para os estagiários/professores que ministraram o tema. A mudança principal ocorreu no planejamento da aula: em vez de ensinar química, ensinamos a ler o mundo a partir da química. Para os professores em formação, certamente houve uma melhora no entendimento sobre os processos de ensino e aprendizagem e sobre a necessidade de considerar as tendências contemporâneas de ensino.

Mirra Angelina Neres da Silva (mirrajolie@yahoo.com.br) é licenciada em Química pela UFMG. Belo Horizonte, MG – BR. **Ana Luiza de Quadros** (aquadros@qui.ufmg.br), licenciada em Química, mestre em Educação nas Ciências (UNIJUÍ), doutora em Educação (UFMG), é professora de ensino de química no Departamento de Química/ICEx/UFMG. Belo Horizonte, MG – BR.

Referências

AIKENHEAD, G.S. STL and STS: common ground or divergent scenarios? In: JENKINS, E. (Ed.). *Innovations in science and technology education*, v. VI. Paris: UNESCO, 1997. p. 77-93.

CUTCLIFFE, S.H. Ciencia, tecnologia y sociedade: un campo interdisciplinar. In: MEDINA, M.; SANMARTÍN, J. (Eds.). *Ciência, tecnologia y sociedade*: estúdios interdisciplinares en la univesidad, en la educacíon y en la gestíon pública. Barcelona: Anthopos; Leioa: Universidad del País Vasco, 1990. p. 20-41.

GEPEQ. Grupo de Pesquisa em Educação Química. *Interações e transformações*: química para o segundo grau (livro do aluno). São Paulo: EDUSP, 1993.

KOLSTØ, S.D. Scientific literacy for citizenship; tools for dealing with the science dimension of controversial socioscientific issues. *Science Education,* v. 85, n. 3, p. 291-310, 2001.

MARTINS, C.R.; PEREIRA, P.A.P.; LOPES, W.A.; ANDRADE, J.B. Ciclos globais de carbono, nitrogênio e enxofre: a importância na química da atmosfera. *Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola*, n. 5, p. 28-41, 2003.

MORTIMER, E.; SANTOS, W. Tomada de decisão para ação social responsável no ensino de ciências. *Ciência & Educação*, v. 7, n. 1, p. 95-111, 2001.

MOZETO, A.A. Química atmosférica: a química sobre nossas cabeças. *Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola*, n. 1, p. 41-49, 2001.

RAMSEY, J. The science education reform movement: implications for social responsability. *Science Education*, v. 77, n. 2, p. 235-258, 1993.

RATCLIFFE, M. Discussing socio-scientific issues in science lessons: pupils' actions and the teacher's role. *School Science Review*, v. 79, n. 288, p. 55-59, 1998.

RATCLIFFE, M.; GRACE, M. *Science education for citizenship*: teaching socio-scientific issues. Maidenhead: Open University Press, 2003.

RUBBA, P. Integration STS into school science and teacher education; beyond awareness. *Theory into Practice*, v. 30, n. 4, p. 303-315, 1991.

SANTOS, W.L.P. Educação científica humanística em uma perspectiva freireana: resgatando a função do ensino de CTS. *Ciência & Tecnologia*, v. 1, n. 1, p. 109-131, 2008.

_____. Educação científica na perspectiva de letramento como prática social: funções, princípios e desafios. *Revista Brasileira de Educação*, v. 12, n. 36, p. 474-492, 2007.

_____. *Aspectos sociocientíficos em aulas de química*. 2002. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2002.

_____. A química e a formação para a cidadania. *Educ. Quím.*, v. 22, n. 4, p. 300-305, 2011.

SANTOS, W.L.P.; SCHNETZLER, R.P. *Educação e química*: compromisso com a cidadania. 4. ed. Ijuí: Ed. UNIJUÍ, 2010.

SHAMOS, M.H. *The myth of scientific literacy*. New Brunswick: Rutgers University Press, 1995.

SOARES, M.B. *Letramento*: um tema em três gêneros. Belo Horizonte: Autêntica, 1998.

SOBRINHO, W.P. *Um estudo feito por meio de gráficos do ar que espiramos em Belo Horizonte*. Monografia (Licenciatura em Química) – Universidade Federal de Minas Gerais: Belo Horizonte, 2009.

ZEIDLER, D.L.; SADLER, T.D.; SIMMONS, M.L.; HOWES, E.V. Beyond STS: a research-based framework for socioscientific issues education. *Science Education*, v. 89, n. 3 p. 357-377, 2005.

Abstract: *Theme-oriented Teaching: the quality of air as a means of meaning making in chemistry.* This study reports on theme-oriented chemistry class experiences based on the theme "quality of air". Quality of Air data in Belo Horizonte provided by the Minas Gerais State Environmental Agency (FEAM/MG) were used as a starting point. The theme was presented to classes in three public school based on the premises of the movement Science, Technology and Society, STS, which seeks to promote science literacy. At first, we observed that the students had difficulty in using knowledge acquired at school to explain daily-life phenomena. However, upon the discussion of themes that are recurrent in the media and applying chemistry concepts to explain them, we observed a greater interest from the students in chemistry and a greater participation in class.
Keywords: Theme-oriented education, quality of air, scientific literacy.

http://dx.doi.org/10.5935/0104-8899.20160008

Desenvolvimento e Aplicação de *Webquest* para Ensino de Química Orgânica: Controle Biorracional da Lagarta-do-Cartucho do Milho

Thiago Eliel Mendonça da Silva, Silvia Bernardinelli, Fábio Fontana de Souza, Andreia Pereira Matos e Vânia Gomes Zuin

Apresentamos um relato de experiência que versa sobre o desenvolvimento e a aplicação de uma *WebQuest* voltada para uma temática diretamente relacionada ao dia a dia da escola na qual foi aplicada. A *WebQuest* foi utilizada em três momentos de 50 a 60 minutos em horário de contraturno com 17 alunos do 3º ano do ensino médio de uma instituição de ensino particular localizada no município de Morro Agudo (SP), região que se caracteriza pela presença de grandes plantações agrícolas. Discorremos sobre como foi desenvolvida a *WebQuest*, a escolha do tema e a importância de se abordar temas sociocientíficos controversos em aulas de química. A proposta foi trabalhar com a transposição didática de conhecimento gerado em um laboratório de pesquisas de química para a sala de aula. Como resposta ao nosso trabalho, os estudantes assumiram uma postura ativa, discutindo, questionando, sugerindo, produzindo e reconstruindo o seu repertório com base no conhecimento coletado.

▶ estudo de caso no ensino de química, controvérsias sociocientíficas, transposição didática ◀

Recebido em 30/10/2013, aceito em 04/07/2014

WebQuest

O desenvolvimento de tecnologias na área da comunicação tem facilitado o acesso à informação, além de provocar mudanças relevantes em vários ambientes sociais, entre eles, a escola. Um bom exemplo é o que se entende por trabalho de pesquisa, uma tarefa corriqueira pedida aos alunos, antes e depois do advento da *internet*. Antes, o professor indicava um tema para que aluno fizesse uma pesquisa extraclasse; este se dirigia à biblioteca e buscava pelo tema em enciclopédias, livros diversos, jornais e revistas disponíveis, fazendo cópias diretas ou, quando um aluno mais dedicado, um resumo ou uma compilação de diferentes fontes bibliográficas. Não havia outros recursos, maneiras diferentes de se realizar um trabalho de pesquisa. Hoje, além de informações impressas, temos o mundo virtual com uma infinidade de informações a serem exploradas, porém pouco utilizado ou utilizado erroneamente para o aprendizado formal. Quando é pedido ao aluno que faça uma pesquisa sobre determinado assunto, o que ocorre invariavelmente é este recorrer a *sites* de busca, como o *Google*®, e simplesmente imprimir o resultado da busca, sem ao menos ler antes de entregar a tarefa ao professor. Pesquisar é uma tarefa importante a ser desenvolvida pelo aluno, porém se não for bem planejada e instruída, acaba por ser inútil para os processos de ensino e aprendizagem. Nesse sentido, a *WebQuest* aparece como uma alternativa viável para que os professores orientem seus alunos em pesquisas que sejam produtivas, explorando de maneira proveitosa o vasto mar de informações virtuais facilmente disponibilizadas. O termo *WebQuest* é constituído por *Web* (rede de hiperligações – *internet*) e *Quest* (questionário, busca ou pesquisa).

Dodge (1999), o primeiro a propor a metodologia, afirma que a *WebQuest* é um método de investigação orientada, em que as informações com as quais os estudantes têm a possibilidade de interagir são originadas de recursos da *internet*. Isto é, são atividades preparadas ou empregadas pelos docentes em que disponibilizam todos os recursos necessários à resolução de uma tarefa proposta com auxílio da *internet* (Xavier, 2008). A ideia é propor ao estudante uma tarefa desafiadora relacionada ao tema a ser pesquisado, indicando onde encontrar recursos disponíveis na rede para que este possa cumprir a tal tarefa. Como resultado, teríamos produções textuais criativas e diversificadas ao invés de simples cópias. A *internet* disponibiliza uma série de ferramentas

gratuitas a qualquer hora que podem ser empregadas por alunos e professores de forma criativa, tornando as aulas mais atraentes, produtivas e motivadoras. E é por isso que, nos últimos tempos, recursos virtuais (*sites* educativos, blogs, simulações, jogos interativos etc.) tendem a ser cada vez mais explorados por educadores de todas as áreas. No entanto, aspectos importantes diferem a *WebQuest* de outros *sites* educativos, sendo o principal a pesquisa orientada ou coordenada que é apresentada ao estudante. Encontramos na *web* diversos *sites* educativos que fornecem informações para o estudante que está em busca de conteúdos informativos idôneos como, por exemplo, o *qmcweb4*, da Universidade Federal de Santa Catarina, que utiliza recursos midiáticos para que o aluno tenha acesso a textos, interaja com o *site* e resolva exercícios (inclusive cálculos) de forma interativa. Entretanto, o objetivo da *WebQuest*, em consonância com o objetivo do uso didático das controvérsias sociocientíficas, é a proposta de resolução de problemas e o trabalho colaborativo dos estudantes que podem potencializar o aprendizado de conteúdos científicos mais adequados na atualidade (Zuin; Freitas, 2007; Galvão et al.,2011).

A proposta que apresentamos neste artigo é a utilização da *WebQuest* como recurso didático para orientar os estudantes em pesquisas escolares por ser um recurso simples de se construir, acessível a qualquer professor e estudante minimamente familiarizado com o mundo digital.

A proposta que apresentamos neste artigo é a utilização da *WebQuest* como recurso didático para orientar os estudantes em pesquisas escolares por ser um recurso simples de se construir, acessível a qualquer professor e estudante minimamente familiarizado com o mundo digital. Não exige *softwares* específicos além dos comumente utilizados para acessar a *internet*, sendo possível ao professor da educação básica a produção de uma *WebQuest* com as ferramentas e os serviços disponibilizados gratuitamente na *internet* como descrito por Barros (2009).

Estrutura e construção de uma *WebQuest*

De acordo com Dodge (1999), uma *WebQuest* estrutura-se basicamente em introdução, tarefa, processo, avaliação e conclusão. A proposta da introdução é preparar e conquistar os leitores, oferecendo uma visão geral do tema. O processo deve enumerar os passos que o aluno deve percorrer para desenvolver a tarefa. A avaliação esclarece ao aluno quais serão os critérios utilizados na sua avaliação. A conclusão pode conter sentenças que sumarizem o que os alunos deverão ter atingido ou aprendido ao completar a *WebQuest*, questões retóricas ou links adicionais para incentivar os alunos a exercerem o seu pensar para além do que aprenderam. A tarefa é o motivo principal da *WebQuest*, exigindo, portanto, um planejamento minucioso por parte do professor (proponente).

Tarefas curtas podem ser executadas em aproximadamente três aulas e têm como objetivo adquirir e integrar conhecimentos, relacionando e dando sentido a informações. Já as tarefas longas têm como objetivo um nível mais aprofundado de conhecimentos, culminando com a criação de algo novo pelo aprendiz, podendo durar de uma semana a um mês. A tarefa pode ser caracterizada como o desafio no qual o aluno deverá solucionar a problemática proposta na *WebQuest*, sendo que diferentes objetivos para a aprendizagem correspondem a tarefas diferentes na sua complexidade e abrangência curricular. O sucesso de uma *WebQuest* depende, além da tarefa, de um planejamento detalhado. Primeiramente, é necessário escolher o tema a ser trabalhado. Em geral, os temas giram em torno de questões sociocientíficas, em que as que contemplam tópicos socioambientais têm demonstrado um papel destacado (Silva et al., 2013). O assunto escolhido deve ter relação com o currículo, uma vez que essa ferramenta didática deve, preferencialmente, integrar o plano de trabalho do professor em vez de ser usado como material complementar. Outra etapa fundamental é a busca de fontes. É preciso certificar-se de que há material de pesquisa suficiente para que a tarefa possa ser desenvolvida.

WebQuest em questão: controle biorracional da lagarta-do-cartucho do milho

No presente trabalho, objetivou-se desenvolver e analisar os alcances didáticos do desenvolvimento e da aplicação de uma *WebQuest* voltada ao controle da lagarta-do-cartucho do milho para o ensino de conteúdos de química orgânica com alunos do 3º ano do ensino médio de uma instituição de ensino particular localizada no município de Morro Agudo (SP). Tanto a escola quanto a turma convidada a participar da proposta configuram-se como o campo de atuação de um dos autores, professor da educação básica durante seu processo de formação continuada em um mestrado profissional na área de ensino de ciências (química).

Em um primeiro momento, foi realizada a transposição didática dos conteúdos selecionados, derivados de pesquisas desenvolvidas pelo Projeto Controle Biorracional de Insetos Praga (CBIP), associados aos conteúdos específicos de química orgânica (São Paulo, 2008). Acreditamos que aproximar didaticamente pesquisa e conteúdos escolares pode auxiliar o aprendiz a desenvolver uma visão atual da química e, consequentemente, estimular a aprendizagem (Neves; Barros, 2011). O município de Morro Agudo, onde está localizada a escola de aplicação da *WebQuest,* situa-se em uma região do estado de São Paulo que possui uma economia fortemente agrícola devido, entre outros fatores, ao solo fértil, sendo as plantações mais proeminentes as de cana-de-açúcar, soja, laranja e milho. Essa característica regional foi determinante na escolha do tema a ser abordado, pois a lagarta-do-cartucho do milho é uma das pragas que atingem as referidas plantações.

Após a escolha do tema, foi feito o levantamento de fontes que poderiam ser utilizadas pelos estudantes durante a aplicação da *WebQuest*. Posteriormente foi realizada a elaboração da tarefa, com base na solução de um caso envolvendo controvérsias sociocientíficas. De acordo com as categorias propostas por Dodge (1999), a tarefa proposta pode ser definida como de natureza analítica, científica e de julgamento. Controvérsias sociocientíficas derivam de questões nas quais pessoas se encontram com opiniões divididas, envolvendo, portanto, juízos de valor que não permitem sua resolução por meio do recurso exclusivo da análise de evidências ou experiência (Reis, 2009). Assim, o trabalho de criação de um projeto, como o de um *site* que aborde uma situação sociocientífica controversa, integra um conjunto de práticas pedagógicas alternativas em oposição às pedagogias tradicionais, tendo sido tema privilegiado de certas correntes de pedagogia ativa (Zuin; Freitas, 2007; Zenha; Nascimento, 2012). Vários temas podem originar uma controvérsia sociocientífica como implicações sociais, morais ou religiosas de uma teoria ou uma prática científica, tensões sociais entre direitos individuais e objetivos da sociedade, prioridades políticas e valores ambientais, interesses financeiros e preocupações referentes à saúde que resulta de aplicações tecnológicas ou até mesmo afetar os recursos econômicos públicos a grandes projetos científicos e tecnológicos em detrimento de outros projetos, especificamente, em áreas sociais. Lembrando que um tema só é considerado controverso se for considerado importante para um número considerável de pessoas (Reis, 2009).

A forma de abordar o tema controverso proposto neste trabalho foi o estudo de caso, que é um método que oferece aos estudantes a oportunidade de direcionar sua própria aprendizagem, enquanto exploram a ciência envolvida em situações relativamente complexas (Sá et al., 2007). Em se tratando de um método de ensino centrado no aluno, baseado em um problema como elemento motivador e integrador do conhecimento, cria-se uma situação em que um indivíduo (ou um grupo) quer ou precisa enfrentar e que não tem à disposição um caminho rápido e direto que leve à solução da questão proposta.

Após a escolha do tema, foi feito o levantamento de fontes que poderiam ser utilizadas pelos estudantes durante a aplicação da *WebQuest*. Posteriormente foi realizada a elaboração da tarefa, com base na solução de um caso envolvendo controvérsias sociocientíficas. De acordo com as categorias propostas por Dodge (1999), a tarefa proposta pode ser definida como de natureza analítica, científica e de julgamento.

A *WebQuest* encontra-se hospedada nos servidores da UFSCar no endereço <http://www.ufscar.br/gpqv/webquest/>. Utilizou-se a linguagem *HyperText Markup Language* (*HTML*) para a construção das páginas e *Cascading Style Sheets* (*CSS*) para formatação visual. Os softwares utilizados para a construção da *WebQuest* são gratuitos, com destaque para o *Gimp* (voltado para o tratamento de imagens), *KompoZer* (para criação dos códigos *HTML* e *CSS*) e *FileZilla* (cliente *FTP* para envio dos arquivos ao servidor da UFSCar). A *WebQuest* foi testada nos principais navegadores utilizados atualmente (*Google Chrome*, *Firefox*, *Opera*, *Safari* e nas diversas versões do *Internet Explorer*), apresentando velocidade adequada para o carregamento das páginas, o que permite sua utilização em redes com baixa velocidade de conexão com a *internet*.

Para que o professor possa construir e propor esse tipo de atividade, não é necessário dominar conhecimentos típicos de um especialista em informática, pois existem *sites* e tutoriais que permitem ao usuário criar sua própria *WebQuest* a ser hospedada na página gratuitamente, desde que a atividade tenha fins educacionais. No Brasil, encontramos, por exemplo, os seguintes sites: <http://www.webquestfacil.com.br/>, <http://www.webquestbrasil.org/>, <http://www.webquestbrasil.org/criador/>, entre outros.

A *WebQuest* está dividida em 13 páginas (Figura 1) e compreende as seguintes sessões: Introdução; Praga do milho; Inseticidas sintéticos; Inseticidas naturais; Tarefa; Processos; Fontes; Avaliação; Considerações finais; Glossário; Créditos; Notícias; Contato.

Figura 1: Tela de Introdução da *WebQuest* proposta.

Introdução: texto curto acerca da atividade, apresentando o cenário em que ocorreu o trabalho de pesquisa. O objetivo é preparar e despertar o interesse para realizar as tarefas.

Praga do milho: apresenta informações sobre a lagarta-do-cartucho do milho (*Spodoptera frugiperda*). É considerada a mais prejudicial porque ataca as plantas tanto na fase vegetativa quanto na fase reprodutiva. No Brasil, pode causar prejuízos estimados em mais de US$ 400 milhões anualmente e, em termos de produtividade, a redução causada pela praga pode chegar a 60%, dependendo do cultivo e da época de ataque. O objetivo dessa página é situar o aluno no tema que será estudado na pesquisa.

Inseticidas sintéticos: apresenta as principais informações em relação aos inseticidas sintéticos como estrutura das moléculas, dentre outros conteúdos relacionados à química orgânica. Elenca várias estruturas de inseticidas sintéticos

entre os usados atualmente e os proibidos como novaluron, teflubenzuron e metomil.

Inseticidas naturais: mostra a importância do uso de controladores agrícolas que não prejudiquem o ecossistema no entorno da plantação. O uso de produtos a base de Neem, *Azadirachta indica A. Juss* (Meliaceae), planta de origem indiana, tem sido promissor. Sementes de Neem são fontes de dois tipos de inseticidas naturais: óleo de Neem obtido em prensa mecânica e extratos de média polaridade preparados por maceração em solventes orgânicos.

Tarefa: essa é página onde foi proposto o caso *Lavoura sem prejuízos?*, utilizado como recurso pedagógico nessa *WebQuest*. O caso fala sobre o desafio de um engenheiro agrônomo que precisa maximizar a produção de milho da empresa onde trabalha para que esta consiga cumprir um contrato assinado com uma multinacional. Um dos obstáculos do engenheiro é combater a lagarta-do-cartucho do milho, pois se a lavoura for atacada por essa praga, a produção pode diminuir em até 40% em média. O desafio feito aos alunos é o seguinte: você e seu grupo fazem parte da equipe formada pelo engenheiro Carlos César e devem apresentar uma proposta de controle de pragas com ênfase no controle da lagarta-do-cartucho do milho, considerando a qualidade do produto final e suas relações com a dimensão socioambiental.

Processos: na página, encontram-se as orientações relativas aos estudos que cada grupo deveria realizar.

Fontes: são elencados links para artigos e sites oriundos de instituições de ensino superior e de pesquisa na área de controle biorracional de insetos pragas, química verde e inseticidas naturais e sintéticos.

Avaliação: apresenta as formas de avaliação aos estudantes. Tem como meta fornecer informações e valores sobre o grau de alcance dos objetivos predefinidos, além de ser um guia a respeito do que os alunos devem dedicar atenção e tempo.

Considerações finais (Conclusão): agrega as considerações finais do caso proposto na *WebQuest* escrita pelos alunos no questionário, que se baseou nas seguintes perguntas: O que você pensa sobre a atividade ou o *site*?; Quais conteúdos são abordados? Quais mudanças são sugeridas? Há aspectos adicionais que podem ser apontados?

Glossário: exibe conceitos e palavras que possivelmente são desconhecidos para os estudantes.

Créditos: às pessoas e aos grupos que auxiliaram no desenvolvimento desse trabalho.

Notícias: apresenta endereços de notícias sobre o Controle Biorracional de Insetos Pragas (Fapesp, 2010) e sobre a utilização de óleo de Neem para o manejo de determinada lavoura.

Contato: desenvolvida para que todos os usuários da *WebQuest* possam dar sugestões, fazer críticas, propor melhorias, entre outras opções.

Aplicação da *WebQuest*

A *WebQuest* foi aplicada em uma turma de 3º ano do ensino médio no 2º semestre de 2012, no auditório multimídia da escola, em três momentos de 50 a 60 minutos cada, durante três semanas. A participação foi facultativa e contou com 17 estudantes (de um total de 29, ou seja, aproximadamente 59% da turma) com idades entre 16 e 19 anos. A experiência relatada constitui parte de um mestrado profissional em ensino, sendo, portanto, a sala de aula o campo de estudo do professor em atuação, neste caso específico, uma turma de 3º ano do ensino médio. Atendendo a uma solicitação da direção da escola onde a atividade foi realizada, a *WebQuest* foi aplicada em horário de contraturno para que não interferisse no andamento das atividades já programadas pela escola. Julgamos coerente a necessidade de apresentar aos alunos a atividade como facultativa, uma vez que não foi realizada no horário ordinário das aulas. No primeiro encontro, foi apresentado o projeto e seus objetivos de ensino e pesquisa. A turma foi dividida em 3 grupos (G1, G2 e G3), definidos pelos próprios discentes. Após a explicação acerca do tema e da tarefa propostos por meio da *WebQuest*, as concepções prévias dos discentes foram levantadas por meio da discussão e navegação orientada na internet sobre os conceitos abordados. As atividades definidas por sorteio para cada grupo foram as seguintes:

1. Analisar as estruturas químicas dos principais inseticidas sintéticos e naturais e fazer um estudo acerca dos aspectos ambientais e de saúde destes em contato com animais, plantas e seres humanos.
2. Pesquisar sobre as principais fontes de inseticidas sintéticos e naturais, bem como a forma de extração ou produção desses compostos.
3. Fazer uma relação das características dos inseticidas sintéticos com a respectiva estrutura química de cada classe de compostos estudados (solubilidade, toxicidade, degradabilidade etc.).

No segundo encontro, essas pesquisas foram apresentadas pelos alunos por meio de um projetor acoplado em um computador. Ao final de cada apresentação, ocorria uma breve discussão dos conceitos para elucidação de dúvidas como, por exemplo, sobre as estruturas das moléculas, solubilidade e concentração das soluções, extração das substâncias ativas, dentre outras questões. Em seguida à discussão, os alunos foram convidados a acessar a *WebQuest* para a resolução do estudo de caso proposto no link *Tarefa*, com o título *Lavoura sem prejuízos?*, e no link *Processo* onde se encontra

Atendendo a uma solicitação da direção da escola onde a atividade foi realizada, a *WebQuest* foi aplicada em horário de contraturno para que não interferisse no andamento das atividades já programadas pela escola. Julgamos coerente a necessidade de apresentar aos alunos a atividade como facultativa, uma vez que não foi realizada no horário ordinário das aulas.

descrita a forma de se executar uma pesquisa de estudo de casos. Foram debatidas as formas de resolução de um caso e quais as características que a pesquisa dessa metodologia deve possuir.

No terceiro e último encontro, ocorreu a apresentação das três resoluções do caso proposto pelos grupos e a escolha de qual proposta de resolução os alunos consideraram a melhor opção para solucionar o caso. Os três grupos fizeram suas apresentações que variaram de 10 a 15 minutos, utilizando recursos do computador e do projetor. Ao final de cada apresentação, houve a abertura para perguntas feitas aos integrantes do grupo que, com o auxílio do professor, responderam aos colegas às questões mais específicas. Após a apresentação de todos os grupos, ocorreu uma discussão geral sobre a pesquisa de estudo de caso e sobre os conceitos gerais do controle biorracional de insetos pragas. Em seguida, ainda no auditório multimídia, foi enviado via correio eletrônico um questionário para todos os alunos participantes para que eles pudessem dar sugestões e opiniões sobre os limites e as potencialidades didáticos da *WebQuest* proposta.

Potencialidades e limitações da *WebQuest* para o ensino de química orgânica

Os alunos trabalharam em grupo durante toda a aplicação do projeto. Um dos grupos pesquisou o tema relacionado às estruturas dos inseticidas sintéticos e naturais, relacionando-as aos problemas sobre o possível contato de animais ou seres humanos com essas substâncias. Os discentes perceberam a presença de elementos do grupo dos halogênios nas estruturas das moléculas, especialmente o cloro (estrutura do DDT). Outro elemento que chamou a atenção do grupo pela frequência em sua ocorrência é o fósforo nas substâncias denominadas organofosforadas (por exemplo, metamidofós). Nas moléculas pesquisadas como inseticidas naturais, observaram a ocorrência, em sua maior parte, de elementos comuns como o oxigênio e o nitrogênio. A pesquisa inicial dos estudantes possibilitou o estudo de diferentes tipos de estruturas e funções orgânicas, especificando formas de extermínio de insetos por inseticidas comerciais e de controle de insetos de forma biorracional.

Um debate entre os grupos ocorreu sobre a relação dos inseticidas com a saúde humana, especialmente as substâncias utilizadas para o combate de insetos fora do seu *habitat* (lavouras), mostrando alguns males que esses inseticidas podem causar. Sobre os impactos, os discentes destacaram a perda que verificaram de diversas espécies de borboletas coloridas que colocam seus ovos em árvores e que são mortas pela ação de inseticidas. Ressaltaram também o largo uso de chumbinho (aldicarb) em centros urbanos como um raticida, cujo uso hoje é clandestino, pois pode levar à morte também os seres humanos (Rebelo et al., 2011).

Com relação à tarefa, houve consenso entre os grupos de discentes de que a melhor forma para o controle da lagarta-do-cartucho seria a associação de abordagens diversas, inclusive conjuntamente, como o emprego de óleo do Neem, de baculovírus ou de um predador natural da lagarta, caso da lacrainha ou tesourinha. Um dos grupos (G3) recomendou o uso de irrigação para afogar as lagartas, o que foi fortemente refutado pelos demais grupos. De maneira geral, identificou-se grande interesse dos estudantes sobre o assunto abordado na *WebQuest*, o que, de acordo com a literatura, tende a refletir em aprendizagem (Xavier, 2008). Algumas das potencialidades da utilização da *WebQuest* que aborda conceitos de química orgânica, com ênfase ao controle biorracional de insetos pragas, podem ser verificadas a seguir por meio dos trechos transcritos:

> *Ter adquirido conhecimento sobre um assunto, no qual eu não dominava muito, importante e que está no nosso dia a dia.* (M., 16 anos)

> *Maior consciência dos danos que causam os inseticidas artificiais, tanto no ambiente quanto nos seres vivos, principalmente os seres humanos, a importância de obter uma nova forma de produzir e o trabalho em grupo*. (L., 16 anos)

> *Estou entendendo muito mais sobre o assunto e eu acredito que possa ajudar na escolha profissional.* (M., 17 anos)

De acordo com as falas e observações registradas, os participantes perceberam a necessidade do estabelecimento de processos de auto-organização para buscar a informação, de sua sucessiva análise, a reflexão e a reelaboração do conhecimento (Behrens, 2000). Podemos destacar a fala de uma aluna anteriormente à apresentação das resoluções do estudo de caso:

> *No estudo de casos, é difícil fazer a conciliação do meio ambiente com o lucro e aumento da produtividade.* (L., 17 anos)

A seleção dos materiais da página *Fontes* foi descrita como facilitadora para o processo de pesquisa na *internet*. Os alunos utilizaram as fontes publicadas na *WebQuest* como seguras e trouxeram para os encontros notícias, dentre outras, informações que lá encontraram. Além disso, mostraram muito interesse em conhecer o trabalho de institutos e centros de pesquisa em química de produtos naturais para saber como são feitos os ensaios laboratoriais, além de realizar visitas a institutos de pesquisa em agropecuária, a exemplo da Embrapa.

Um aspecto que merece destaque é o produto final elaborado pelos alunos. A participação dos estudantes é uma característica importante do trabalho com *WebQuest*, o que pressupõe um objetivo que insira sentido às diversas atividades, bem como um produto final, que pode assumir as mais diversas formas, mas busca responder ao objetivo inicial e reflete o trabalho realizado (Ribeiro, 2000). De acordo com Biancardi et al. (1999), muitas vezes, os estudantes entendem

como pesquisa o ato de reproduzir textos sobre algum assunto na *internet*, ocorrendo em plágios, sem ao menos conhecer a conduta elaborada da pesquisa na utilização da *internet*. Neste trabalho, sendo solicitado aos estudantes que ao realizarem a pesquisa formulassem algo como produto, esse problema tornou-se mínimo. Os estudantes encontraram motivação para buscar informações e transformá-las em dados concretos para os seus conhecimentos prévios e, em seguida, para a resolução do estudo de caso.

Estamos diante da necessidade de incorporar a pesquisa escolar com uma metodologia de ensino voltada para a ampliação e o enriquecimento dos conceitos e conteúdos curriculares. Não se trata apenas de apresentar a *internet* como uma fonte pura e pronta para copiar informações solicitadas pelos professores (Biancardi et al., 1999). De acordo com os resultados aqui apresentados, a *WebQuest* apresenta-se como uma metodologia que auxilia na superação desses desafios.

Em geral, os professores consideram os textos resultantes de uma atividade de pesquisa realizada com recursos advindos da *internet* como uma mera cópia por parte do aluno (Bernardes; Fernandes, 2002). Em uma atividade *WebQuest* como a relatada neste trabalho, esse processo praticamente não ocorre, já que a busca de informações pertinentes facilitada pela *internet* exige interpretação, seleção, comparação e compilação de dados para que o estudante realize a tarefa proposta, ou seja, o tratamento da informação vai além do registro e da simples cópia (Abar; Barbosa, 2008). A participação dos alunos nas atividades, de modo geral, sugere que a atividade mediada pela *WebQuest* é propícia para dinamizar as aulas, construir conhecimentos de forma colaborativa e autônoma, além de recuperar a unidade fragmentada do conhecimento (Núñez et al., 2011). Os alunos passam a conceber a pesquisa como uma parte importante da aquisição de novas aprendizagens, como destacado na fala de um aluno, em que aponta como maior benefício ter adquirido "conhecimento a respeito de um assunto que não dominava muito, no caso, o controle de pragas (de forma) racional" para o manejo mais sustentável das práticas agrícolas da região estudada.

De acordo com a análise dos textos produzidos como produto da investigação na finalização do uso da *WebQuest* e da observação da utilização desta pelos estudantes que se mostraram interessados na busca da solução dos problemas sugeridos, pudemos verificar que esse recurso favoreceu o desenvolvimento e deslocamento de posição do professor de figura central para facilitador da proposta pedagógica (Bottentuit Jr., 2012; Castro et al., 2013), bem como o posicionamento ativo dos estudantes no processo de aquisição de conhecimentos.

O emprego da *WebQuest* no tratamento de questões sociocientificas controversas relacionadas a conteúdos de química orgânica mostrou-se como uma ferramenta pedagógica adequada para estimular a aprendizagem, auxiliar os alunos a estabelecerem relações entre conceitos escolares (funções orgânicas, características e estruturas de compostos orgânicos) e conceitos técnicos científicos (controle biorracional de insetos pragas, inseticidas naturais e sintéticos, dentre outros).

Considerações finais

O emprego da *WebQuest* no tratamento de questões sociocientificas controversas relacionadas a conteúdos de química orgânica mostrou-se como uma ferramenta pedagógica adequada para estimular a aprendizagem, auxiliar os alunos a estabelecerem relações entre conceitos escolares (funções orgânicas, características e estruturas de compostos orgânicos) e conceitos técnicos científicos (controle biorracional de insetos pragas, inseticidas naturais e sintéticos, dentre outros).

A *internet* oferece uma infinidade de informações e recursos que podem ser explorados didaticamente, desde que utilizados de maneira adequada (Zuin; Zuin, 2011). Trabalhar com uma questão controversa criou uma atmosfera desafiadora na busca da informação, fazendo com que os estudantes fossem além da simples cópia de conteúdos. Durante a realização da atividade, os estudantes do 3º ano do ensino médio partícipes da proposta assumiram uma postura ativa, discutindo, questionando, sugerindo, produzindo e reconstruindo o seu conhecimento com base no conhecimento coletado. O professor, também autor deste trabalho, por sua vez, assumiu a postura de facilitador e mediador em vez de detentor e transmissor de conhecimentos. Desde o desenvolvimento dos conteúdos selecionados, a construção e aplicação da *WebQuest* e a reflexão sobre os distintos lugares sociais e sentidos sobre a produção de conhecimento, observou-se que essa proposta contribuiu para a formação docente em química e, consequentemente, melhorar o seu ensino, uma condição recomendável como anteriormente apontado por Schnetzler (2002).

Nesse contexto, a pesquisa com o auxílio da *WebQuest* mostrou ser um instrumento valioso na construção do conhecimento, gerando um rico ambiente interativo, facilitador e motivador de aprendizagem.

Thiago Eliel Mendonça da Silva (thiago-silva@aedu.com), licenciado em Química (Universidade de Franca), mestre em Ensino de Química (Universidade Federal de São Carlos – UFSCar), é professor no Colégio Cervantes/Anglo e professor adjunto na Anhanguera Educacional (SP). São Carlos, SP – BR. **Silvia Bernardinelli** (silviabernardinelli@yahoo.com.br), licenciada em Química (Universidade Federal de Viçosa), especialista em Ensino de Química (Universidade Federal de Lavras), é mestranda em Química (UFSCar). São Carlos, SP – BR. **Fábio Fontana de Souza** (fabiofontana@outlook.com) é pedagogo, mestre e doutorando em Educação (UFSCar). São Carlos, SP – BR. **Andreia Pereira Matos** (apereiramatos@gmail.com), bacharel, mestre e doutora em Química (UFSCar), é professora na UFSCar (campus Lagoa do Sino). São Carlos, SP – BR. **Vânia Gomes Zuin** (vaniaz@ufscar.br), bacharel, mestre e doutora em Química e Educação (Universidade de São Paulo), é professora na UFSCar e professora convidada na Universidade de York, Inglaterra. São Carlos, SP – BR.

Referências

ABAR, C.A.A.P.; BARBOSA, L.M. *WebQuest*: um desafio para o professor!. São Paulo: Avercamp, 2008.

BARROS, G. C. *Tessituras em rede*: possibilidades de integração e pesquisa a partir de WebQuests de álgebra. 2009. 142 f. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) – Programa de Pós-graduação em Educação da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

BEHRENS, M. Projetos de aprendizagem colaborativa num paradigma emergente. In: MORAN, J.M.; MASETTO, M.T.; BEHRENS, M.A. *Novas tecnologias e mediação pedagógica*. 8. ed. São Paulo: Papirus, 2000.

BERNARDES, A.S.; FERNANDES, O.P. A pesquisa escolar em tempo de internet. *Teias*, ano 3, n. 5, 2002.

BIANCARDI, A.M.; GONÇALVES, A.C.; ESPÍRITO SANTO, E.L. *A pesquisa escolar em tempo de transição*: estudo de caso. 1999. Disponível em: <http://www.ibict.br/publicacoes-e-institucionais/Catalogo-depublicacoes/publicações>. Acesso em: 15 jul. 2013.

BOTTENTUIT JR., J.B. Formação de professores e tutores para o uso da metodologia WebQuest. *Paideia*, v. 3, n. 6, p. 1-24, 2012.

CASTRO, P.M.A.; SANTOS, M.R.; FERNANDEZ, C.; LEAL, S.H.B.S. Conhecimento pedagógico do conteúdo de uma professora de química do ensino médio sobre lei de Hess. *Enseñanza de las Ciencias*, v. extra, p. 739-743, 2013.

DODGE, B. *WebQuest*: recursos de produção. 1999. Disponível em: <http://webquest.futuro.usp.br>. Acesso em: 14 jul. 2013.

FAPESP. *Pragas controladas sem impacto ambiental*. 2010. Disponível em: <http://agencia.fapesp.br/12671>. Acesso em: 14 jul. 2013.

GALVÃO, C.; REIS, P.; FREIRE, S.; FARIA, C. *Ensinar ciências, aprender ciências.* O contributo do projeto internacional PARSEL para tornar a Ciência mais relevante para os alunos. Porto: Porto Editora, 2011.

NEVES, K.C.R.; BARROS, R.M.O. Diferentes olhares acerca da transposição didática. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 16, p. 103-115, 2011.

NÚÑEZ, M.B.; REGUERA, M.; OKULIK, N.B. *WebQuest*: uma alternativa para la enseñanza de química. *Avances em Ciências e Ingeniería*, v. 2, n. 3, p. 111-122, 2011.

REBELO, F.M; CALDAS, E.D.; HELIODORO, V.O.; REBELO, R.M. Intoxicação por agrotóxicos no Distrito Federal, Brasil, de 2004 a 2007 – análise da notificação ao Centro de Informação e Assistência Toxicológica. *Ciência e Saúde Coletiva*, v. 16, n. 8, p. 3493-3502, 2011.

REIS, P.R. Ciência e controvérsia. *REU*, v. 35, n. 2, p. 09-15, 2009.

RIBEIRO, G.S.N. *WebQuest*: protótipo de um ambiente de aprendizagem colaborativa a distância empregando internet. 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade de Brasília, Brasília, 2000.

SÁ, L.P.; FRANCISCO, C.A.; QUEIROZ, S.L. Estudos de caso em química. *Química Nova*, v. 30, n. 3, p. 731-739, 2007.

SÃO PAULO. *Proposta Curricular do Estado de São Paulo - Química*. São Paulo: Secretaria da Educação, 2008.

SCHNETZLER, R.P. Concepções e alertas sobre formação continuada de professores de química. *Química Nova na Escola*, v. 16, p. 15-20, 2002.

SILVA, T.E.M.; SOUZA, F.F.; MATOS, A.P.; ZUIN, V.G. Aplicação e análise de controvérsias sociocientíficas em material didático online para o ensino de química orgânica. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA, 36, 2013. *Abstract*. Águas de Lindóia, 2013.

ZENHA, L.; NASCIMENTO, S.S. Robótica pedagógica em ambientes colaborativos: interfaces cognitivas e mediação de aprendizagens. In: MOURA, M.A. (Org.). *Educação científica e cidadania*: abordagens teóricas e metodológicas para a formação de pesquisadores juvenis. Belo Horizonte: UFMG; PROEX, 2012. p. 247-256.

ZUIN, V.G.; FREITAS, D. A utilização de temas controversos: estudo de caso na formação de licenciandos numa abordagem CTSA. *Ciência e Ensino*, v. 1, n. 2, p. 1-9, 2007.

ZUIN, V. G.; ZUIN, A. A. S. Memória, internet e aprendizagem turbo. *Currículo sem Fronteiras*, v. 11, p. 221-239, 2011.

XAVIER, K. *WebQuest:* uma metodologia para a pesquisa escolar por meio da internet. São Paulo: Blucher Acadêmico, 2008.

Abstract: *Development and Application of a WebQuest for Organic Chemistry Teaching: Biorational Control of the Fall Armyworm.* This report presents an experience dealing with the development and application of a *WebQuest* related to a topic which is directly connected to the daily routine in a school, where it was used. The *WebQuest* was utilized in three moments of 50 to 60 min. during extra class period together with students of the High school 3rd year in a private school in Morro Agudo (São Paulo). Morro Agudo is part of a mainly agricultural region characterised by big plantations. We will demonstrate how the *WebQuest* was developed, the choice of the topic and the importance of approaching controversial socio-scientific topics in Chemistry classes. The proposal was to work with the didactic transposition of knowledge which was developed in a research laboratory of Chemistry to be applied in the classroom. In response to our work, pupils took on an active posture, discussing, questioning, suggesting, producing and reconstructing their repertoire based on the collected data and the newly acquired knowledge.

Keywords: Case study teaching in Chemistry; Socioscientific Controversies, Didactic Transposition.

http://dx.doi.org/10.5935/0104-8899.20160009

Contribuição da Escrita Reflexiva à Reelaboração de Saberes: Olhares de Licenciandos Participantes do PIBID Química

Andréia Francisco Afonso, Cleiton Silva Leandro, Paola Thaís Spolaôr Falcão, Renan Vilela Bertolin, Clelia Mara de Paula Marques e Dulcimeire Aparecida Volante Zanon

Dentre as orientações para os cursos de formação inicial de professores, podemos destacar a que privilegia a reflexão e os conhecimentos práticos, estimulando o licenciando a tornar-se responsável por sua formação ao longo de sua atuação profissional. O Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência da Universidade Federal de São Carlos tem proporcionado momentos de reflexão por meio de portfólios, em que os futuros professores descrevem as vivências marcantes de sua trajetória e buscam correlacioná-las aos aspectos teórico-práticos. Assim, esse recurso foi utilizado para analisar e categorizar, com base nos saberes descritos por Tardif, o processo de reelaboração dos saberes adquiridos por três bolsistas da área de química, configurando a pesquisa como qualitativa. Pudemos perceber um deslocamento de atitudes e posturas, por parte dos bolsistas, diante das diferentes situações de ensino e a busca de um entendimento de conceitos teóricos que os desafia no planejamento de atividades.

▶ iniciação à docência, química, portfólio ◀

Recebido em 19/02/2014, aceito em 31/08/2014

O Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (PIBID) foi criado em 2008 pelo Ministério da Educação e é financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) por meio do oferecimento de bolsas aos licenciandos das diversas áreas do conhecimento, aos professores de Instituições de Educação Superior (IES) e das escolas de educação básica da rede pública de ensino participantes do projeto. As IES também recebem financiamentos que se destinam, entre outros, à compra de material para a produção e a execução de atividades nas escolas e para viabilizar a participação dos bolsistas em eventos científicos da área de educação.

O investimento do governo federal é motivado pela acentuada falta de professores em disciplinas científicas e a alta evasão nos cursos de licenciatura, principalmente nas áreas das ciências exatas: biologia, física, matemática e química. Sendo assim, diversos objetivos foram estabelecidos para o PIBID, dentre eles: incentivar a formação inicial de professores para a educação básica, especialmente para o ensino médio; inserir os futuros docentes no cotidiano das escolas da rede pública de educação, valorizando-as como campo de experiência para a construção do conhecimento na formação de professores; e proporcionar, aos bolsistas, participação em ações, experiências metodológicas e práticas inovadoras, articuladas com a realidade local da instituição escolar por meio do desenvolvimento de atividades colaborativas e interdisciplinares.

O subprojeto da área de Química do PIBID UFSCar possui vários objetivos específicos e, dentre eles, podemos destacar: desenvolver atividades investigativas para o ensino e a aprendizagem; apoiar estudo, planejamento, aplicação e avaliação de diversas propostas metodológicas por meio da reflexão sobre os conhecimentos teóricos e práticos de professores e pesquisadores tanto da universidade quanto das escolas da rede pública partícipes do projeto; e analisar as diversas abordagens teórico-metodológicas de ensino de química e de ciências que privilegiem a aprendizagem significativa, visando à alfabetização científica e tecnológica e a formação para a cidadania, com ênfase ao enfoque Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA).

A seção "Ensino de Química em Foco" inclui investigações sobre problemas no ensino de Química, com explicitação dos fundamentos teóricos, procedimentos metodológicos e discussão dos resultados.

Nas reuniões da área, os 12 licenciandos que compõem a equipe da química são incentivados a ler, discutir e refletir sobre a prática e as experiências vivenciadas nas escolas onde atuam. Nesse sentido, o registro, no formato de portfólios, favorece a descrição e a reflexão de momentos marcantes pelos futuros professores, que buscam explicar seus conhecimentos e saberes com base em aportes teóricos, avaliando seu desempenho profissional.

Nesse contexto, o presente trabalho analisa as contribuições da escrita reflexiva nos portfólios que favorecem a reelaboração de saberes por licenciandos participantes do PIBID Química. Para tanto, tomamos como referencial teórico estudos sobre saberes docentes.

A formação inicial e os saberes docentes

Muitas pesquisas têm sido direcionadas para a formação inicial de professores ao longo dos anos, já que esta tem sido apontada como um dos fatores responsáveis pela melhoria da qualidade do ensino (Ghedin et al., 2008). O debate, de acordo com André (2002), fundamenta-se principalmente em torno de seis eixos:

1) Articulação entre conhecimento teórico e prático;
2) Implementação de políticas públicas e de um projeto nacional de educação, visando à valorização social do magistério;
3) Construção da competência profissional aliada ao compromisso social do professor;
4) Fragmentação e isolamento do curso de pedagogia em relação aos demais;
5) Caráter contínuo do processo de formação de professores;
6) Formação de professores com caráter contínuo e interdisciplinar.

Políticas educacionais também têm se voltado à formação inicial. Os currículos das IES sofreram mudanças, mais especificamente, em relação ao estágio, saindo do modelo três mais um, no qual o licenciando adquiria conhecimentos específicos durante os três primeiros anos do curso e, no último, o ensino se voltava aos conhecimentos pedagógicos e aos estágios. O futuro professor entrava em contato com a realidade escolar apenas no final do curso de licenciatura, tendo que articular todos os conhecimentos adquiridos desde então. Muitas vezes, nesse momento, o licenciando descobria-se inseguro em relação à profissão, porém se encontrava na fase final do curso.

Nas reuniões da área, os 12 licenciandos que compõem a equipe da química são incentivados a ler, discutir e refletir sobre a prática e as experiências vivenciadas nas escolas onde atuam. Nesse sentido, o registro, no formato de portfólios, favorece a descrição e a reflexão de momentos marcantes pelos futuros professores, que buscam explicar seus conhecimentos e saberes com base em aportes teóricos, avaliando seu desempenho profissional.

Nesse sentido, entendemos que o contato dos professores da educação básica com os licenciandos, nos primeiros anos do curso, possibilita uma reconfiguração na formação e na identidade do professor.

À medida que o futuro docente se apropria dos elementos essenciais para o desenvolvimento da observação e da problematização de situações, torna-se capaz de formular questões que geram pesquisa e de encontrar os métodos e fundamentos teóricos adequados para estudá-las. Dessa forma, poderá desenvolver a capacidade de análise da realidade e ter acesso à produção do conhecimento e não somente aos produtos.

Viver um percurso formativo que exercita uma estreita articulação entre teoria e prática, que promove a participação ativa e fortalece a relação e interação entre estudantes e docentes formadores, favorece o desenvolvimento de uma atitude profissional sustentada por referenciais de autonomia e segurança na atuação profissional futura.

O PIBID, por sua vez, permite que o licenciando vivencie, desde os primeiros anos, o cotidiano da instituição escolar em vários âmbitos, não só na sala de aula. Para cada bolsista, essa vivência do cotidiano escolar é enriquecida pela escrita de portfólios reflexivos.

O portfólio difundiu-se em âmbito escolar e universitário na década de 1990, principalmente nos Estados Unidos e em outros países como no Brasil. Relatos do seu uso na educação superior vêm sendo feitos para diversas finalidades (Rangel, 2003; Villas Boas, 2004), podendo, por exemplo, ser visto como um instrumento de reflexão crítica sobre a prática, em que se evidenciam as potencialidades e as fragilidades no processo de aprendizagem na prática, democratizando os caminhos a serem percorridos. Também pode ser entendido como uma forma de organizar os registros e, a cada leitura e releitura, as reflexões permitem mudanças de atitudes e ações (Forte et al., 2012), evidenciando sujeitos reflexivos e construtores de suas experiências pedagógicas e das teorias que as sustentam. Além disso, apresentam as seguintes características: mostram as realizações em processo; possibilitam reflexões sobre fatos narrados, identificando os seus múltiplos significados; são peças únicas, cuja singularidade se traduz no caráter particular das vivências nele descritas e refletidas; contribuem para a construção personalizada e continuada do conhecimento, reconhecendo-lhe a natureza dinâmica, estratégica e contextual; facilitam os processos de auto e heteroavaliação por meio da compreensão dos processos de aprendizagem (Carvalho; Porto, 2005); e favorece o processo de reelaboração dos saberes docentes.

O estudo dos saberes docentes tem sido amplamente abordado na literatura nacional e internacional por diversos pesquisadores. Gauthier et al. (1998), Nunes (2001) e Oliveira (2003) afirmam que a formalização de saberes é necessária em toda profissão e extremamente relevante ao exercício da docência, sendo que sua construção pode ocorrer por meio da análise da prática pedagógica. Destacam também que os saberes são significativos nos processos de formação

inicial e continuada ao possibilitar a reconstrução da imagem da/na docência. Também Almeida e Biajone (2012, p. 12) destacam a importância de:

> [...] *reconhecer os professores como sujeitos do conhecimento e produtores de saberes, valorizando a sua subjetividade e tentando legitimar um repertório de conhecimentos sobre o ensino a partir do que os professores são, fazem e sabem constitui as bases para a elaboração de programas de formação.*

Aires e Tobaldini (2013) acreditam que o PIBID pode ser um espaço no qual seja possível contribuir para que os participantes possam se apropriar e incorporar os saberes docentes, permitindo a superação de várias lacunas da sua formação inicial. Além disso, pode "*possibilitar reflexões sobre as interfaces entre os saberes da formação e os saberes da prática docente, reflexões que, via de regra, não ocorre nos cursos de formação inicial*" (p. 275).

Shulman (1986) distingue três categorias de saberes que correspondem à organização do conhecimento pelo professor: conhecimento do conteúdo, pedagógico do conteúdo e curricular. A primeira possibilita ao docente fazer escolhas conscientes dos conteúdos, adotar determinadas metodologias e recursos avaliativos. A segunda vai além do conhecimento do conteúdo, passando também a ser analisado o como ensiná-los. Por fim, a última é representada pela gama de possibilidades como os conteúdos podem ser abordados por meio de métodos, programas de ensino e materiais instrucionais.

Já Gauthier et al. (1998) destacam os saberes necessários ao ensino, ou seja, aqueles que o professor mobiliza para responder às exigências específicas de sua realidade. São eles: o saber disciplinar, que são os conteúdos específicos das disciplinas, produzidos por pesquisadores e cientistas; o saber curricular, que são conhecimentos produzidos pelas ciências e que estão incorporados nos programas escolares nem sempre elaborados pelos docentes; o saber das ciências da educação, que são informações sobre o seu ofício ou sobre a educação de um modo geral, não ajudando o professor diretamente no ofício do ensinar; o saber da tradição pedagógica, adquirido antes do ingresso no curso de licenciatura sobre como dar aulas; o saber experiencial, adquirido das próprias experiências vivenciadas; e o saber da ação pedagógica, que é o saber experiencial dos professores, testado por meio das pesquisas realizadas em sala de aula, que são tornadas a público.

Pimenta (2008) propõe uma tríade composta pelos saberes das áreas específicas, pedagógicos e da experiência. Esse último, segundo a autora, constitui um importante conjunto de conhecimentos, pois "*o professor vai construindo seu jeito de ser professor*" (p. 8).

Tardif (2011) e Tardif et al. (1991) retratam os saberes dos professores em quatro tipos:

- Saberes curriculares: são os saberes constituídos pelos "*discursos, objetivos, conteúdos e métodos, a partir dos quais a instituição escolar categoriza e apresenta os saberes sociais que ela definiu e selecionou como modelo da cultura erudita e de formação na cultura erudita*" (Tardif et al., 1991, p. 220).
- Saberes disciplinares: são aqueles selecionados pela instituição escolar e atrelados à pratica docente. Situam-se os conteúdos específicos.
- Saberes experienciais: são provenientes da experiência e validados por ela, seja no plano individual ou coletivo. Não são unicamente baseados no trabalho em sala de aula, mas também de preconcepções de ensino e aprendizagem de cada docente.
- Saberes da formação profissional: são os que dão suporte ao professor com a prática educativa e as técnicas de ensino.

Assim, com base nesses saberes, analisamos as escritas reflexivas nos portfólios dos licenciandos.

Contexto e metodologia

Ao longo da elaboração e do desenvolvimento de atividades do projeto PIBID da UFSCar nas escolas públicas estaduais, localizadas em regiões da cidade com diferentes características, os 12 bolsistas da área de química constroem seus portfólios, que são discutidos com os supervisores das escolas, os orientadores e os professores da universidade. Neles, são descritas as ações dentro e fora da instituição escolar, assim como as reflexões a respeito de momentos marcantes. Esse último aspecto possui grande importância para o crescimento profissional e para a ampliação e a consolidação de aprendizagens diversificadas. Além disso, a escrita pode também ser exercitada e aprimorada.

Os portfólios individuais podem conter músicas, poesias, fotos, desenhos, esquemas, informações sobre a escola, reuniões de área e equipe, relação entre as pessoas e os grupos, relações com alunos, entre alunos, dificuldades, avanços, sentimentos, emoções, aprendizados. Os registros são estruturados em quatro etapas, de acordo com a orientação acordada pela equipe de coordenadores e supervisores do PIBID (Quadro 1).

Quadro 1: Etapas para a construção de portfólios pelos licenciandos.

ETAPAS	REGISTRO
1ª	Narrativa descritiva de ações e/ou fatos marcantes.
2ª	Interpretação: escolha de um episódio e elaboração de uma discussão/interpretação (narrativa interpretativa).
3ª	Subjetividade: interpretação de natureza subjetiva com expressão de sentimentos, juízos de valor, emoções etc.
4ª	Interpretação com base em aportes teóricos.

Da equipe de bolsistas, três deles escolheram recortes

da escrita reflexiva de seus portfólios, mais especificamente da 2ª e 3ª etapas, pois nos permitem identificar e analisar os saberes da docência que são por eles reconstruídos ao longo de toda a sua trajetória e vivências pessoais. Optamos por criar codinomes a fim de ocultar suas identidades. Embora a escrita reflexiva tenha sido realizada em todo esse período, analisamos a referente ao último ano.

Ao investigar uma narrativa, optamos ouvir as vozes que emergem das reflexões dos bolsistas como episódios narrativos, pois segundo Carniato e Aragão (2003, p. 02), nesses episódios "*oportuniza-se enfatizar e valorizar as vozes de pessoas envolvidas em uma experiência docente, tendo por contexto e referência, as interações de ensino-aprendizagem-conhecimento, ocorridas em aulas*".

Cabe ressaltar que os registros permitem expressar as diversas interpretações feitas pelos licenciandos, tendo em vista a realidade vivida nos contextos escolares.

Conforme mencionado anteriormente, a identificação dos saberes docentes na escrita reflexiva dos licenciandos foi realizada a partir das categorias de Tardif (2011). Identificamos outra pesquisa, produzida por Aires e Tobaldini (2013), na qual as autoras analisaram os saberes docentes das supervisoras do PIBID da Universidade Federal do Paraná (UFPR) a partir das tipologias apresentadas por Gauthier et al. (1998) e Tardif (2011), sendo possível estabelecer algumas correlações, as quais serão apresentadas nos próximos tópicos.

Com o objetivo de organizar e favorecer a análise dos dados, neste trabalho, elaboramos uma planilha *Excel* e associamos os saberes classificados por Tardif com a escrita de cada licenciando. Apresentamos e discutimos, a seguir, trechos que indicam a prevalência de um ou mais saberes docentes diagnosticados em suas escritas.

Resultados e discussão

Para Alice, Leonardo e Vinícius, bolsistas de iniciação à docência por dois anos consecutivos, a escola é um espaço de formação, o que é corroborado por vários autores.

Nóvoa (1999; 2009), em seus escritos, insiste que o melhor lugar para se aprender a lecionar é a própria escola. Isso ocorre pelo fato de o professor, no cotidiano da sala de aula, defrontar-se com muitas situações inusitadas com as quais ele não aprendeu a lidar durante o seu curso de formação.

Fetzner e Souza (2012, p. 3) também afirmam que a escola é "*um espaço onde, para além da troca de saberes, constrói-se grande parte das bases afetivas de nossa dignidade e onde é possível erigir um projeto de sociedade calcado em valores como o respeito a si próprio e ao ser/outro*".

Nesse sentido, os momentos em que os licenciandos interagem com alunos de diferentes realidades, com profissionais mais experientes, com tempo e espaços múltiplos permitem a construção de saberes necessários à docência (Silva; Schnetzler, 2008). Dessa forma, a escola não é só espaço de aprendizagem para os estudantes do ensino médio, mas também para aqueles que estão em processo de formação e, no nosso caso, participantes do PIBID. Aires e Tobaldini (2013), por sua vez, destacam a relevância das ações desenvolvidas no Programa para os professores supervisores das escolas, pois estes têm a oportunidade de incorporar conhecimentos teóricos que não haviam sido contemplados em sua formação inicial. Nesse sentido, pode ser entendido como um espaço para superar possíveis lacunas formativas.

Leonardo menciona que, durante a realização de atividades no âmbito do PIBID, *o* "*licenciando passa a ver o ambiente escolar além de um ambiente de ensino,* [...] *como um ambiente de formação de concepções e condutas dos alunos e do próprio professor*". Esse recorte aponta para a importância dos saberes de formação profissional. Também para Vinícius, a participação mais ativa e frequente na escola permitiu a ele ressignificar o ensino, conforme trecho a seguir:

> [...] *considero que todas as atividades, sejam elas com reflexos positivos ou negativos, foram importantes para a construção da minha visão sobre a educação, sobre o educando, com destaque para a constante reflexão sobre minha postura enquanto futuro professor.*

Segundo Tardif (2000), os conhecimentos da profissão são construídos a partir das situações problemáticas concretas, sendo estas vivenciadas pelos licenciandos durante a prática pedagógica nas escolas. O PIBID tem oferecido condições e oportunidade de torná-los mais aptos em sua própria prática, para conseguirem adaptar-se às necessidades e aos interesses dos educandos e, assim, contribuir com a melhoria das instituições educativas, realizando-se pessoal e profissionalmente.

Percebemos que o mesmo licenciando, Vinícius, destaca também a importância do saber experiencial:

> [...] *considero de fundamental importância fazer com que o educando compreenda, além dos conceitos e conteúdos, que adquira conhecimentos atitudinais e procedimentais, para que possa em momento oportuno refletir sobre situações a tomar a decisão de forma consciente.*

De acordo com essa escrita, podemos perceber que suas concepções buscam distanciar-se das premissas do paradigma tradicional de educação que reduz o ensino e a aprendizagem a ações mecanicistas. Nesse sentido, as experiências formativas, vividas no contexto do PIBID, contribuíram para desenvolver sua percepção de que tais premissas sustentam visões distorcidas de ensino e de mundo e, como afirmamos anteriormente, apontam para os saberes experienciais.

Nas sucessivas reformas educacionais brasileiras, como nos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM) e também na Lei de Diretrizes e Bases (LDB), tem sido enfatizada a importância de preparar o aluno para exercer o papel de cidadão num mundo marcado por mudanças decorrentes da globalização e rápidos desenvolvimentos

tecnológicos. Para realizar esse caráter formativo, indicam que se deve buscar o desenvolvimento de competências, habilidades e mudanças de comportamento mais do que quantidade de informação. Por essa razão, faz-se necessário um intenso esforço pedagógico de mudança de um ensino técnico e fragmentário para outro de natureza dinâmica e complexa.

Alice também destaca os saberes experienciais em sua escrita ao descrever sua vivência na escola onde atuava como bolsista e ao perceber a heterogeneidade existente nas salas de aula. Antes de atuar no PIBID, considerava que seria suficiente elaborar uma única atividade para todos os alunos de uma mesma série do ensino médio, pois acreditava que todos conseguiriam aprender igualmente. Entretanto, após acompanhar algumas aulas, pôde perceber que a diferença não ocorre apenas em relação ao interesse do estudante pelo conteúdo ou do seu comportamento e participação em sala de aula, mas também na capacidade de compreensão do conteúdo. Por isso, o professor deve estar atento aos aspectos plurais e heterogêneos (Tardif, 2010) de seus alunos, visando facilitar a aprendizagem de todos. Segundo ela, reconhecer as necessidades e limitações dos alunos e "*sentar-se ao seu lado*" é um dos desafios do fazer docente. Em outro trecho, pudemos identificar, em sua escrita, uma reflexão referente aos saberes da formação profissional: "*considero que o licenciando, em seu processo formativo, está em constante aprendizado*".

Da análise, percebemos que os três licenciandos indicam em sua escrita a relevância dos saberes de formação profissional, oportunizados pela experiência do PIBID e, desse modo, reconhecem que o papel e a função da escola são diferentes daquela vivida. Essa nova posição, no entanto, traz responsabilidades, exigindo questionamentos de suas concepções prévias. Baccon (2005, p. 31) ainda reitera:

> [...] *é no contato com a realidade, com o meio em que vive, com outras pessoas que se dá o aprendizado de um sujeito. Para que ocorra o aprendizado ou aprendizagem há sempre aquele que aprende, aquele que ensina, e um fator muito importante que é a relação entre eles.*

Tardif (2010) também enfatiza a importância da prática pedagógica como local privilegiado para a mobilização de saberes adquiridos em diferentes contextos. Esse movimento é fundamental "*para a reiteração daquilo que se sabe naquilo que se sabe fazer, a fim de produzir sua própria prática profissional*" (p. 21).

Essas percepções são refletidas e analisadas durante as reuniões não só pelos bolsistas, mas também pelos outros membros da equipe química, gerando diferentes opiniões e ocasionando deslocamento de suas concepções prévias. Aires e Tobaldini (2013), em sua pesquisa, também destacam a importância dessas reuniões à medida que proporcionam a reflexão e reavaliação do trabalho docente não só dos bolsistas, mas também das supervisoras. Entretanto, nos trechos destacados dos portfólios, não é citada a autonomia do professor, necessária para selecionar os conteúdos a serem abordados, assim como as propostas metodológicas, que auxiliarão na aprendizagem dos alunos, classificada pelas autoras como saber curricular. Esse elemento é encontrado nas falas de professores mais experientes com alguns anos na profissão, pois ocorre por meio do desenvolvimento profissional.

Conclusões

Entendemos que a escrita reflexiva nos portfólios, elaborada pelos licenciandos, permitiu comunicar quem são, o que fizeram, como se sentiram e porque agiram de tal forma e não de outra e, nesse sentido, "*exteriorizou o rastro daquilo que viram de si mesmo e dos outros e que ficou em suas memórias*" (Pinheiro; Aragão, 2009, p. 3).

As vivências, por sua vez, forneceram informações para o entendimento de como produziram o contexto de seu trabalho pedagógico. Entretanto, não basta a vivência de diferentes situações de aprendizagem se não estiverem acompanhadas da reflexão e análise. De acordo com Schön (2000), o conhecimento que se demonstra em situações do dia a dia é um conhecimento tácito, implícito, ou seja, o profissional sabe que sabe, mas não consegue explicar o que sabe. Por isso, necessita tornar-se explícito para que possa ser conhecido e avaliado. Nessa direção, o licenciando precisa se envolver em um processo de reflexão sobre a ação com base no qual poderá descobrir se suas ações estão coerentes com suas crenças e compreensões pessoais, redefinir seus significados e até produzir novos conhecimentos, valendo-se dessas reflexões. Essa reflexão permite novas aprendizagens da docência ao longo do processo de formação inicial, as quais poderão se efetivar na futura profissão, já que alguns dos saberes docentes podem não estar sendo desenvolvidos suficientemente durante o processo de formação nem mesmo durante a atuação profissional (Aires; Tobaldini, 2013).

O alargamento intencional da compreensão do processo de se construir continuamente como professor, do processo coletivo e do aluno como parceiro, é elemento essencial à reflexão. Dessa forma, os saberes da experiência são tomados como ponto de partida e, intermediados pela teoria, voltam-se para a prática. Esse processo é fundamental na construção da identidade da docência

Decorre, então, a importância da realização de pesquisa da própria prática, analisada à luz de referenciais teóricos. O alargamento intencional da compreensão do processo de se construir continuamente como professor, do processo coletivo e do aluno como parceiro, é elemento essencial à reflexão. Dessa forma, os saberes da experiência são tomados como ponto de partida e, intermediados pela teoria, voltam-se

para a prática. Esse processo é fundamental na construção da identidade da docência. Segundo Tardif (2000, p. 17), é importante haver "*disposição de estar constantemente revisando o repertório de saberes adquiridos por meio da prática*".

Assim, uma das implicações decorrentes do envolvimento de licenciandos em projetos de iniciação à docência, como o PIBID, é o fortalecimento da necessidade de deixá-los em condições de reelaborar seus saberes, adquiridos em sua experiência anterior e por eles considerados inicialmente como verdades. Nesse sentido, pudemos perceber um deslocamento de atitude e postura por parte deles diante das diferentes situações de ensino e a busca de um entendimento de conceitos teóricos que os desafia no planejamento de atividades.

Andréia Francisco Afonso (andreiaafonso25@gmail.com), licenciada em Ciências Biológicas (Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ) e em Química (Universidade de Uberaba – UNIUBE), mestre em Ciências Biológicas (Museu Nacional do Rio de Janeiro – MN/UFRJ), doutora em Química (UFSCar), é docente do Departamento de Química (UFJF). Juiz de Fora, MG – BR. **Cleiton Silva Leandro** (cleiton_leandro2009@hotmail.com) é licenciando em Química (UFSCar). São Carlos, SP – BR. **Paola Thaís Spolaôr Falcão** (paolatsfalcao@gmail.com) é licencianda em Química (UFSCar). São Carlos, SP – BR. **Renan Vilela Bertolin** (renanvile@hotmail.com) é licenciando em Química (UFSCar). São Carlos, SP – BR. **Clelia Mara de Paula Marques** (clelia@ufscar.br), pós-doutora (Center for Catalysis and Surface Science da Northwestern University – USA), doutora e mestre em Química Inorgânica (Universidade Estadual Paulista – UNESP), licenciada e bacharel em Química (UNESP), é docente do Departamento de Química (UFSCar). São Carlos, SP – BR. **Dulcimeire Aparecida Volante Zanon** (cdzanon@uol.com.br), pós-doutora na área de Ensino, Avaliação e Formação de Professores (Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP), doutora e mestre em Educação (UFSCar), licenciada em Química (UFSCar), é docente do Departamento de Metodologia de Ensino (UFSCar). São Carlos, SP – BR.

Referências

AIRES, J.A.; TOBALDINI, B.G. Os saberes docentes na formação de professores de Química participantes do PIBID. *Química Nova na Escola*, v. 35, n. 4, p. 272-282, 2013.

ALMEIDA, P.C.A.; BIAJONE, J. A formação inicial dos professores em face dos saberes docentes. In: REUNIÃO ANUAL DA ANPED, 28., 2012. *Anais*... Caxambu, 2005. Disponível em: http://www.anped.org.br/reunioes/28/inicio.html. Acesso em: abr. de 2012.

ANDRÉ, M.E.D.A. *Formação de professores no Brasil* (1990-1998). Brasília: MEC; Inep; Comped. 2002.

BACCON, A.L.P. *O professor como um lugar*: um modelo para análise da regência de classe. 2005. 166f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2005.

CARVALHO, M.J.S.; PORTO, L.S. *Portfólio educacional*: proposta alternativa de avaliação. Porto Alegre: Ed. UFRGS, 2005.

FETZNER, A.R.; SOUZA, M.E.V. Concepções de conhecimento escolar: potencialidades do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência. *Educação e Pesquisa*, v. 38 n. 3. São Paulo. p. 683-694, 2012. http://www.scielo.br/pdf/ep/v38n3/aop765.pdf Acessada em: jan. 2014.

FORTE, F.D.S; VIEIRA, L.B; PESSOA, T.R.R.F; FREITAS, C.H.S.M.; FERREIRA, M.L.S.M. Portfólio: Desafio de Portar mais que Folhas: a Visão do Docente de Odontologia. *Revista Brasileira de Educação Médica*, 36, 1 supl. 2, 25-32, 2012.

GAUTHIER, C.; MARTINEAU, S.; DESBIENS, J.-F.; MALO, A. *Por uma teoria da Pedagogia*. Ijuí: Unijuí. 1998.

GHEDIN, E.; ALMEIDA, M.I.; LEITE, Y.U.F. *A formação de professores nos cursos de licenciatura*: caminhos e descaminhos da prática. Brasília: Líber, 2008.

NÓVOA, A. (Org.). *Profissão professor.* Porto: Ed. Porto, 1999.

_____. *Professores*: imagens do futuro presente. Lisboa: Educa, 2009.

NUNES, C.M.F. Saberes docentes e formação de professores: um breve panorama da pesquisa brasileira. *Educação & Sociedade*, 74, 27-42, 2001.

OLIVEIRA, V.F. Narrativas e saberes docentes. *Educação em Revista*, 37, 213-225, 2003.

PINHEIRO, J.C.; ARAGÃO, R.M.R. Aprender a saber-fazer: redesenhando horizontes no ensino de Ciências. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 7., 2009. *Anais*... Florianópolis, 2009.

PIMENTA, S.G. Formação de professores: identidade e saberes da docência. Em: _____. *Saberes pedagógicos e atividade docente*. São Paulo: Cortez, 2008. p.15-34.

RANGEL, J.N.M. O portfólio e a avaliação no ensino superior. *Estudos em Avaliação Educacional*, 28, 145-160, 2003.

SCHÖN, D.A. *Educando o profissional reflexivo*: o novo design para o ensino e a aprendizagem. Porto Alegre: ArtMed, 2000.

SHULMAN, L.S. Those who understand: knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15, 4-14, 1986.

SILVA, R.M.G.; SCHNETZLER, R.P. Concepções e ações de formadores de professores de química sobre o estágio supervisionado: propostas brasileiras e portuguesas. *Química Nova*, 31, 8, 2174-2183, 2008.

TARDIF, M. Saberes profissionais dos professores e conhecimentos universitários. *Revista Brasileira de Educação*, 13, jan./fev./mar./abr., 5-24, 2000.

_____. *Saberes docentes e formação profissiona*l. 12. ed. Petrópolis: Vozes. 2010.

TARDIF, M.; LESSARD, C.; LAHAYE, L. Os professores face ao saber – esboço de uma problemática do saber docente. *Teoria & Educação*, Porto Alegre, 4, 1991.

VILLAS-BOAS, B.M.F. *Portfólio, avaliação e trabalho pedagógico*. Campinas: Papirus, 2004.

Abstract: *The Contribution of Reflexive Writing for the Reworking of Knowledge: Considerations by PIBID Chemistry Licentiate students.* Among the guidelines for teacher training courses, we may highlight those that favor reflection and practical knowledge, encouraging teachers to become responsible for their education throughout their professional performance. The Federal University of São Carlos' Institutional Program for Teaching Initiation Scholarship provides such moments of reflection through the development of portfolios where future teachers describe the remarkable experiences of their careers and seek to correlate them with theoretical and practical aspects. Accordingly, we used this resource to analyze the process of reworking of the knowledge acquired by three fellows from the field of Chemistry. We could notice a shift in attitude and posture on the part of the scholars in face of different teaching situations, and their search for an understanding of theoretical concepts that challenge them in planning activities.
Keywords: Teaching Initiation, Chemistry, Portfolio

http://dx.doi.org/10.5935/0104-8899.20160010

Isômeros, Funções Orgânicas e Radicais Livres: Análise da Aprendizagem de Alunos do Ensino Médio Segundo a Abordagem CTS

Antônio Inácio Diniz Júnior e João R. R. Tenório da Silva

Este artigo busca analisar a aprendizagem de alunos do ensino médio de química de uma escola pública estadual do interior de Pernambuco com base na abordagem CTS. O projeto foi desenvolvido nas ações de 2012 a 2013, nas intervenções do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência - PIBID/Química da Unidade Acadêmica de Serra Talhada, campus da UFRPE. As atividades foram desenvolvidas em três ciclos, sendo cada um aplicado numa série diferente do ensino médio. Para critério de análise, foram estabelecidas três categorias, que consideram a construção de ideias em diferentes momentos, desde aplicações científicas e tecnológicas a intervenções no contexto social. Constatamos que apesar de os alunos não estudarem química orgânica nas três séries, demonstraram uma aprendizagem eficiente, pois souberam defender suas ideias a partir de pontos de vistas científicos, tecnológicos e sociais como também evidenciaram habilidades de contextualizar e problematizar diferentes temas do cotidiano.

▶ ensino de química, CTS, química orgânica ◀

Recebido em 15/05/2014, aceito em 13/12/2014

Segundo Matias (2008 *apud* Silva, 2012), a química é uma das ciências mais antigas que se tem conhecimento, sendo as primeiras informações evidenciadas por algumas passagens bíblicas e outras escrituras da antiguidade. Também durante muito tempo, essa ciência foi denominada de alquimia que combinava magia, química e astronomia na busca pela transmutação dos metais e na descoberta do elixir da longa vida. Silva (2012) também relata que a química foi apenas reconhecida como ciência na segunda metade do século XVIII com os estudos do químico Francês Antonie Lavoisier (1743-1794), que desenvolveu vários trabalhos experimentais, principalmente os relacionados com a massa da matéria.

Ao longo da história, a química evoluiu ao lado das diversas transformações da sociedade e das demais ciências, expandindo-se em seus variados estudos no que resultou na sua subdivisão – dentre elas a química inorgânica, físico-química, química analítica e a química orgânica. Como diz Buth (2007, p. 31): "o conhecimento químico, ao longo da história, centrou-se em estudos da natureza empírica sobre as transformações químicas e as propriedades dos materiais e das substâncias". Entre as múltiplas químicas, a orgânica está diretamente ligada aos estudos da matéria que contém carbono. De acordo com Farias (2013), Kekulé (1829-1896), químico alemão, propôs uma definição para a química orgânica como sendo o ramo que estuda os compostos de carbono, mas durante muito tempo, esta foi definida como a química dos organismos vivos proposta em 1777 por Bergman (1735-1784), físico e matemático sueco. Entretanto, de acordo com Farias (2013), a origem do termo química orgânica vem da proposta de Berzelius (1779-1848), médico e químico sueco, em 1807, para referir-se a todos os compostos descobertos a partir de organismos vivos. Sendo assim, atualmente, segundo Solomons e Fryhle (2000), a química orgânica é a química do carbono que tem seus compostos formados por moléculas orgânicas que são as unidades químicas fundamentais da vida.

Atualmente, a química orgânica, na área do ensino, é trabalhada na 3ª série do ensino médio com um currículo variado que busca potencializar nos alunos um conhecimento contextualizado, no qual se discutem várias temáticas que estão inter-relacionadas ao seu cotidiano, mas muitas escolas públicas brasileiras sofrem com o problema de poucas aulas semanais, o que acarreta numa forte deficiência dos assuntos a serem vistos em sala. Ferreira e Pino (2009, p. 105) relatam que:

O estudo de química orgânica, nos diferentes níveis de ensino, tem grande importância pela existência e aplicações de inúmeras substâncias que contêm carbono na sua estrutura, assim como os elementos organógenos, em suas diferentes possibilidades enérgicas e espaciais possibilitam a existência de inúmeras substâncias diferentes. Estas estão presentes na origem da vida e são essenciais para sua manutenção, quer seja pela constituição dos organismos vivos, quer seja por suas relações exteriores que envolvem alimentação, vestuário, medicamentos, construção de casas e meios de transporte, entre tantos outros.

Assim podemos perceber que o ensino de química orgânica pode ser discutido em todas as séries e não ser visto apenas em uma única etapa da vida dos estudantes. Dessa forma, acreditamos que esse ensino possa ser trabalhado nas três séries do ensino médio, contribuindo integralmente na formação dos alunos e também auxiliando estes a perceberem que o conhecimento químico não é algo fatiado, sem nenhuma relação, mas que se completa à medida que busca explicar novas transformações e melhorar a vida das pessoas.

Na realidade do ensino atual, o ensino de química, muitas vezes, resume-se à memorização de fórmulas matemáticas, definições e nomenclatura de compostos, não havendo uma discussão de aspectos conceituais (Lima et al., 2000). Dessa forma, o aluno não consegue perceber a aplicabilidade dos conceitos em seu dia a dia.

Aragão et al. (2000 *apud* Ferreira; Pino, 2009) enfatizam ser responsabilidade do ensino a construção do pensamento científico teórico-conceitual como forma de promover a elaboração de interpretações, explicações e formas de compreensão e de previsão de fenômenos vivenciados no nosso cotidiano.

Na realidade do ensino atual, o ensino de química, muitas vezes, resume-se à memorização de fórmulas matemáticas, definições e nomenclatura de compostos, não havendo uma discussão de aspectos conceituais (Lima et al., 2000). Dessa forma, o aluno não consegue perceber a aplicabilidade dos conceitos em seu dia a dia. Muitas vezes, apenas usa as definições memorizadas em algum momento de avaliação, mas sendo incapaz de explicar fenômenos do cotidiano com os conceitos químicos estudados.

Diante disso, verificamos que as mudanças no atual modelo de ensino são necessárias para que os alunos consigam relacionar o conhecimento químico com questões científicas, sociais, ambientais e tecnológicas. Dessa forma, vem sendo defendida por diversos educadores e pesquisadores como um meio de possibilitar ao aluno uma educação para a cidadania e, ao mesmo tempo, proporcionar uma aprendizagem significativa de conteúdos (Nunes et al., 2009).

Sendo assim, o ensino de química orgânica está sendo moldado aos poucos à medida que se busca desenvolver a compreensão de conceitos químicos, para que professores e alunos possam inter-relacioná-los com questões de caráter científico, social, ambiental e tecnológico. Desse modo, é notável perceber que professores e alunos são ferramentas-chave para que a relação entre essas questões possam fazer parte da sala de aula, isto é, esteja inserida no currículo escolar tanto nas aulas de química como nas demais matérias do ensino médio.

Nesse caminho, atualmente, a perspectiva Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) pode subsidiar para uma formação cidadã de professores e alunos, tomando como base a química orgânica atrelada a conhecimentos que estão inerentes às contínuas transformações da sociedade.

Sendo assim, segundo Santos e Schnetzler (2010), a abordagem CTS auxilia a educação científica do cidadão, na qual apoia professores e alunos a compreenderem o meio que os cerca e os ajuda a fazer inter-relações entre o mundo natural, por meio de conhecimentos científicos, com o mundo edificado pelo o homem, que traz uma série de recursos tecnológicos, e o mundo social, que faz parte do dia a dia de todas as pessoas. Dessa maneira, o conhecimento químico ganha caminhos e pode ser percebido não apenas em imagens do livro didático ou nos modelos apresentados em sala de aula, mas como uma ciência aplicável e que faz parte do desenvolvimento humano.

Atualmente, enfrentam-se muitas dificuldades para inserir novas perspectivas e modelos diferenciados no currículo escolar, uma vez que existem muitos problemas na demanda de professores, formação continuada, entre outros fatores que contribuem para algumas lacunas na educação básica.

Então, a partir de nosso trabalho, tivemos como objetivo analisar a aprendizagem de alunos do ensino médio de química com base na abordagem CTS, registrando os momentos importantes das intervenções para verificação da aprendizagem dos estudantes de uma escola pública estadual do sertão pernambucano.

Fundamentação teórica

Silva e Schnetzler (2010) apontam que, na sociedade contemporânea, para o cidadão participar ativamente do seu meio, é preciso que este disponha de informações científicas que estejam vinculadas intrinsecamente com questões sociais e tecnológicas que afetem diretamente sua vida. Dessa maneira, dentre essas informações, o conhecimento químico colabora especificamente com desenvolvimento intelectual das pessoas à medida que acompanha os principais avanços tecnológicos que acompanham diretamente o crescimento social e conseguem corresponder a variadas transformações que afetam a vida de grande parte da sociedade.

Ensino pela perspectiva CTS

Segundo Marcondes et al. (2009), a cada dia, o atual modelo de ensino de química busca desenvolver a compreensão

de conceitos químicos, ampliando o entendimento desse conhecimento para outras questões de caráter social, ambiental e tecnológico. Tal necessidade de mudança de modelo de ensino está em concordância com a complexidade do mundo atual, que requer do cidadão a capacidade de, além de compreender os fenômenos que ocorrem na natureza, saibam interferir de forma crítica na tomada de decisões sobre o cotidiano que o cerca (Amaral et al., 2009).

As orientações curriculares nacionais propõem para o ensino de ciências naturais uma abordagem para os conteúdos de ciências diferentes da aplicada nas décadas passadas, quando dominou a preocupação com a formação de especialistas em ciência e tecnologia, sendo esses conteúdos voltados para a formação de cientistas (Brasil, 2006). Conforme Melo e Reis (2011), o desenvolvimento de pesquisas sobre concepções alternativas, iniciada pela apresentação em Paris da tese de doutorado de Laurence Viennot em 1979, deixou evidente que os alunos não estavam aprendendo ciência e tecnologia de modo significativo e que os conhecimentos adquiridos na escola não se aplicavam fora desta.

Para atender às novas exigências sociais e educacionais, surge o movimento com pretensões de que uma nova ênfase curricular permita que professores e consequentemente alunos consigam compreender o significado do desenvolvimento sustentável e as questões éticas coletivas envolvidas em um mundo dependente da tecnologia. O movimento CTS teve início no Brasil no período da década de 1960 como uma forma de se entender as inter-relações entre ciência, tecnologia e sociedade. Vale destacar que, nesse período de desenvolvimento, esse trajeto ficou engajado nos movimentos de meio ambiente que surgiam pelo país, mas após alguns anos, fortaleceu-se nos centro de pesquisas em ensino de ciências e ficou denominado de abordagem Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente (CTSA) com o principal intuito de construir uma formação cidadã crítica e reflexiva a toda humanidade (Rebello et al., 2012).

Para atender às novas exigências sociais e educacionais, surge o movimento com pretensões de que uma nova ênfase curricular permita que professores e, consequentemente, alunos consigam compreender o significado do desenvolvimento sustentável e as questões éticas coletivas envolvidas em um mundo dependente da tecnologia. O movimento CTS teve início no Brasil no período da década de 1960 como uma forma de se entender as inter-relações entre ciência, tecnologia e sociedade.

Sendo assim, a perspectiva CTS para o ensino de ciência corresponde a uma linha de trabalho acadêmico e investigativo que tem por finalidade indagar acerca da relação de questões sociais inseridas no conhecimento tecnológico, científico e suas incidências nas distintas esferas da sociedade, no que tange a aspectos econômicos, sociais, ambientais e culturais (Melo; Reis, 2011).

Mortimer e Santos (2002) também discorrem que os estudos CTS têm conferido uma função importante para os aspectos históricos e epistemológicos da ciência na alfabetização em ciência e tecnologia, pois eles indicam a necessidade de descobrir os conhecimentos sob um caráter mais amplo, tendo uma reflexão crítica.

Segundo Melo e Reis (2011), o objetivo da educação CTS está diretamente relacionado com a capacidade de se entender o mundo, suas múltiplas relações ciência-tecnologia-sociedade para se ter condições de avaliar a quais riscos estamos dispostos a nos expor a partir da proposição de uma dada tecnologia e, daí, então, poder agir criticamente na sociedade em que vivemos.

Nesse sentido, consideramos que, na atualidade, é muito importante a abordagem CTS nas escolas, pois contribui para que alunos e professores construam uma nova visão de ver a sociedade, tanto no âmbito da tecnologia quanto da ciência para que ambos se tornem um elo para o aperfeiçoamento integral do conhecimento.

Sendo assim, a aprendizagem do estudante é um dos focos principais da educação CTS, pois objetiva que este aprenda a interpretar e relacionar conceitos estudados em sala de aula em algo prático, aplicável, fazendo do conhecimento um aproveitamento transdisciplinar para a cidadania. Por isso, Marcondes et al. (2009) defendem que a abordagem CTS nas aulas de ciências possibilita romper com a imagem neutra do trabalho científico, promovendo o interesse pela ciência, melhorando o nível de criticidade, ajudando na resolução de problemas de ordem pessoal e social, permitindo maior consciência das interações entre ciência, tecnologia e sociedade e contribuindo para o envolvimento mais atuante do aluno nas questões de ordem sociais, políticas, econômicas e ambientais.

Marcondes et al. (2009) também relatam que, dentro da perspectiva CTS, o desenvolvimento do planejamento de ensino não se restringe apenas à seleção de conteúdos de química a serem ensinados, mas deve transcender para a possibilidade de um ensino contextualizado, no qual o aluno possa utilizar a química como uma ferramenta para o entendimento das situações em que está envolvido, sejam estas de natureza social, política, econômica e/ou ambiental.

A educação CTS, para muitos docentes, é algo novo que pode, de forma legitimadora, auxiliar na aprendizagem escolar. Como defende Martins (2002), a educação CTS influencia para que o aluno tenha um pensamento mais global, menos fragmentado, capaz de prepará-los para a compreensão do mundo e das suas inter-relações, por isso, o conhecimento científico e tecnológico na sociedade tem se constituído como centro de aspirações para vários pensadores, educadores e professores de ciências.

Pinheiro et al. (2007) dizem que precisamos de uma imagem de ciência e tecnologia que possa trazer à tona a dimensão social do desenvolvimento científico-tecnológico, entendido como produto resultante de fatores culturais, políticos e econômicos. Sendo assim, é muito importante que

sejam instituídos espaços e ocasiões que possam colocar o docente em contato com a investigação das inovações didáticas e que também permitam a ele pensar, designar e programar diferentes propostas educacionais, afastando-se do ensino focalizado em conteúdos e abraçando uma educação que coloque as dimensões CTS pautadas no juízo crítico e sentido de responsabilidade.

Assim, podemos compreender o valor da abordagem CTS na educação, sendo também inserida nos currículos escolares para harmonizar a formação de indivíduos críticos, não apenas conhecedores dos seus direitos e deveres, mas tendo uma visão crítica da sociedade em que vivem. Com isso, beneficiando também a atuação assídua como cidadão nos seguimentos sociais, culturais, religiosos e políticos com as inovações conceituais da ciência e da tecnologia e aperfeiçoando sua realidade.

PIBID - Um breve relato

As primeiras tramitações para colocar em vigor o Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID) iniciaram-se em 2007. Este foi disposto por meio da portaria normativa Nº 38, de 12 de dezembro de 2007, na qual coloca no âmbito do Ministério da Educação (MEC), do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação e da Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), o PIBID, em que estabelece diretrizes para colocar estudantes do ensino superior (licenciaturas) para atuar nas redes públicas da educação básica. No entanto, apenas entrou em regimento pelo decreto nº 7.219, de 24 de junho de 2010, na qual foi instituído, no âmbito da CAPES, o PIBID (Brasil, 2010) e modificado em 2013 pela portaria de Nº 096, de 18 de julho de 2013 (Brasil, 2013).

[...] podemos compreender o valor da abordagem CTS na educação, sendo também inserida nos currículos escolares para harmonizar a formação de indivíduos críticos, não apenas conhecedores dos seus direitos e deveres, mas tendo uma visão crítica da sociedade em que vivem. Com isso, beneficiando também a atuação assídua como cidadão nos seguimentos sociais, culturais, religiosos e políticos com as inovações conceituais da ciência e da tecnologia e aperfeiçoando sua realidade.

O PIBID - Química da Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UAST), campus da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), foi instituído em junho de 2010, atuando em quatro escolas da rede estadual de ensino na cidade de Serra Talhada (PE). Diante disso, os licenciandos em Química da UAST começaram a promover reflexões e discussões acerca dos diferentes conhecimentos a partir de diferentes perspectivas pedagógicas, conforme aponta Stanzani et al. (2012). Por meio desse Programa, conseguimos apontar novas indagações de ensino e aprendizagem, aproximando o conhecimento químico da realidade dos alunos mediante várias abordagens de ensino como a perspectiva CTS.

Isomeria, funções orgânicas, radicais livres: conceitos contextualizados

Segundo Pazinato et al. (2012), a humanidade usa, desde os tempos mais remotos, produtos naturais para garantir melhorias nas suas vidas, assim, uma das maiores contribuições advém da química, uma vez que por meio dela são elaborados diversos recursos que ajudam os seres humanos e toda a sociedade. Na atualidade, percebemos que os conhecimentos químicos estão sendo cada vez mais discutidos e relacionados a questões do dia a dia, em que termos da química orgânica são atrelados a diferentes temáticas, que podem ser debatidas e apontadas nos diferentes meios da sociedade, especialmente nas escolas (Martins et al., 2003; Cavalcanti et al., 2010).

Em diferentes contextos, alguns autores afirmam que conhecimentos químicos relacionados precisamente à química das substâncias orgânicas, formadas principalmente por carbono (C), hidrogênio (H) e oxigênio (O), entre outras, estão participando cada vez mais do dia a dia das pessoas, sendo divulgada por meio de jornais, revistas, vídeos, entre outros, trazendo informações que são inerentes à qualidade de vida de todos (Pazinato et al., 2012; Cavalcanti et al., 2010). Dessa maneira, também percebemos que alguns autores também citam temas apontando assuntos sobre as variadas aplicações da química orgânica, pontuando sobre funções orgânicas, gorduras *trans* e radicais livres que, de certa maneira, implica nas condições de vida de toda a humanidade, independentemente da classe social (Pazinato et al., 2012).

Segundo Pazinato et al. (2012), a função orgânica pode ser denominada como um conjunto de substâncias que apresentam algumas propriedades químicas semelhantes e sítios reativos, sendo que cada função tem distintos átomos, o que caracteriza o composto à qual pertence. Assim, esses diferentes átomos, que geram grupos de átomos, constituem os então denominados grupos funcionais.

De acordo Peruzzo e Canto (2006), esses grupos pertencem às classes dos hidrocarbonetos, das funções oxigenadas e nitrogenadas, entre outros. Assim, cada função dessas está relacionada a diferentes aplicações no cotidiano das pessoas: desde asfaltos, quando nos deslocamos diariamente de nossas casas; ao emprego na produção de utensílios domésticos de limpeza; materiais hospitalares; assim como nos alimentos que, em grande parte, trazem átomos de C e H como constituintes comuns. Outro ambiente que atualmente vem sendo muito apontado são os reservatórios de lixo que, em sua natureza, guardam muitos materiais que contêm compostos orgânicos. Entretanto, várias cidades brasileiras enfrentam diversos problemas, uma vez que não utilizam coletas seletivas ou outros processos de saneamento de lixo, sendo eles domésticos, industriais, hospitalares, escolares, agrícolas, entre outros. Assim, segundo Menezes et al. (2005), o lixo traz graves consequências para a sociedade, uma vez que o consumo desenfreado compromete cada vez mais a vida

das pessoas e, consequentemente, a sobrevivência e o fluxo natural da natureza. Nesse sentido, acreditamos que é preciso cada vez mais vincular os conhecimentos químicos a temáticas relacionadas ao lixo para podermos formar pessoas mais conscientes e também por meio da conscientização de manejo, reciclagem e reutilização de variados produtos que são descartados diariamente que, em sua maioria, estão ligados aos compostos orgânicos.

Outro ponto importante que é bastante abordado na contemporaneidade é o esclarecimento acerca da gordura *trans* que está associada aos conhecimentos de isomeria geométrica.

A isomeria surgiu a partir de uma coincidência observada na avaliação de dois trabalhos científicos diferentes enviados aos cuidados do químico sueco J. J. Berzelius (1779-1848) para análise em 1830. Um dos trabalhos, de autoria do químico alemão Justus Von Liebig (1803-1873), descrevia o relato da descoberta de um novo composto químico, de natureza explosiva, de fórmula molecular AgCNO (Simões Neto, 2009).

De acordo com Peruzzo e Canto (2006), isomeria é um fenômeno comum na química, a qual é definida como compostos de mesma fórmula molecular representando dois ou mais compostos diferentes. Esse fato é conhecido como isomeria ou isomerismo, e os diferentes compostos que têm em comum uma mesma fórmula molecular são denominados isômeros. Já a isomeria geométrica é quando há uma diferença na disposição geométrica dos grupos ligados aos carbonos da dupla ligação e, para diferenciá-los, utilizam-se os termos *cis* e *trans* (Usberco; Salvador, 2002; Peruzzo; Canto, 2006). Ainda podemos destacar que, segundo Usberco e Salvador (2002), os isômeros geométricos também podem ser descritos como isômeros *E* e *Z* em substituição dos termos cis e trans, respectivamente. Diante disso, ocorre a mesma distinção acerca do grupo ligado aos carbonos conforme mencionado anteriormente.

> [...] podemos compreender o valor da abordagem CTS na educação, sendo também inserida nos currículos escolares para harmonizar a formação de indivíduos críticos, não apenas conhecedores dos seus direitos e deveres, mas tendo uma visão crítica da sociedade em que vivem. Com isso, beneficiando também a atuação assídua como cidadão nos seguimentos sociais, culturais, religiosos e políticos com as inovações conceituais da ciência e da tecnologia e aperfeiçoando sua realidade.

Assim, nos últimos anos, o termo gorduras *trans* ganhou um destaque na mídia, geralmente associado a informações de seus malefícios à saúde por causa de seu consumo exagerado (Merçom, 2010).

Segundo Merçom (2010), as gorduras fazem parte do grupo de micronutrientes que compõem os alimentos, sendo denominados de lipídios e que tem a importante função de fornecer energia ao nosso organismo como também conferir aroma e sabor a alguns tipos de alimentos. O autor também aponta que, em função da presença de uma insaturação entre átomos de carbono, tem-se a possibilidade de existir isômeros geométricos entre diferentes tipos de lipídios, sendo eles denominados de gorduras *cis* e *trans*.

As gorduras *trans,* também denominadas de triglicerídeos, são constituídas por ácidos graxos insaturados, isto é, com uma ou mais duplas ligações *trans* que, quando consumida, causa inúmeros prejuízos à saúde das pessoas, impactando nos níveis de colesterol, enfraquecendo o sistema imunológico e favorecendo o desenvolvimento de doenças cardiovasculares (Balbinot et al., 2009; Arenhart et al., 2009).

Atualmente, o consumo desenfreado de *fast foods*, principais responsáveis por levarem o grande consumo de gorduras *trans,* é o que está causando muitos problemas às pessoas (Balbinot et al., 2009). Assim, conforme aponta Merçom (2010), por meio da isomeria geométrica trabalhada na química orgânica, podemos entender termos simples e também problemas sérios acerca das gorduras, o que possibilita uma construção de conhecimentos contextualizados acerca de um tema importante que faz parte da realidade das pessoas, trazendo grandes contribuições para melhorar a vida de todos.

Atualmente, sabemos que alguns alimentos que consumimos diariamente podem causar alguns problemas, assim, articula-se muito sobre radicais livres e suas consequências nas vidas das pessoas. Segundo Silva et al. (2009), radicais livres são moléculas muito reativas que podem intervir em reações que acontecem nos organismos, causando, em alguns casos, variadas modificações, pois quando reagem, buscam adquirir estabilidade com outras moléculas por possuir elétrons desemparelhados.

De acordo com Bianchi e Antunes (1999), a formação de radicais livres *in vivo* ocorre por meio de uma ação catalítica de enzimas no momento em que ocorre a transferência de elétrons no metabolismo celular. Assim, segundo os autores, isso pode provocar o denominado estresse oxidativo, que é o desequilíbrio entre as moléculas oxidantes e antioxidantes pela indução de radicais livres. Os antioxidantes podem interceptar os radicais livres gerados pelo metabolismo celular, e estes podem ser obtidos para o organismo humano por meio de frutas e alimentos que contenham vitaminas C, E e A, como também flavonoides e carotenoides que apresentam grande funcionalidade na interceptação de radicais livres (Bianchi; Antunes, 1999). Já oxidantes podem ser entendidos como as etapas de formação de O_2^- no organismo, em que os radicais livres são formados em diferentes etapas de reações de óxido-redução, ou seja, doam um elétron, oxidando-se, ou recebem outro, reduzindo-se (Ferreira; Matsubara, 1997).

Então, o estresse oxidativo no organismo humano pode provocar sérios problemas às pessoas, desde cardiopatias, aterosclerose, agravamentos pulmonares a envelhecimento precoce, artrite, diabetes, até doenças como Alzheimer (Bianchi; Antunes, 1999; Silva et al., 2009).

Metodologia

Desenvolvemos este trabalho num período de um ano entre agosto de 2012 a agosto de 2013 dentro do projeto do PIBID. Aplicamos a pesquisa numa escola da rede estadual da cidade de Serra Talhada (PE). Os sujeitos da pesquisa foram 85 alunos dos 1º, 2º e 3º anos do ensino médio. Para coleta de dados, as aulas foram registradas em vídeo e foram feitas anotações de campo. Realizamos a análise segundo o discurso dos alunos nos últimos encontros vivenciados nas etapas da pesquisa em que foram realizados debates entre professores e alunos acerca de diferentes conceitos da química orgânica.

Para análise, propusemos três categorias para verificar os momentos em que os alunos usavam um tipo específico de discurso:

A. Momento em que alunos só usam os conceitos científicos;
B. Momento em que alunos associam conceitos científicos com questões sociais e/ou tecnológicas;
C. Momento em que alunos só usam questões sociais.

As intervenções foram aplicadas em três ciclos, sendo que cada ciclo foi dividido em três encontros num total de seis aulas de 50 minutos em cada turma.

1º Ciclo

O 1º Ciclo foi desenvolvido no 3º ano do ensino médio, em que trabalhamos com os conceitos de isomeria, características e definições de isomerias constitucional, geométrica e óptica, utilizando o programa computacional ArgusLab® para visualização das moléculas que apresentavam isomeria. No segundo encontro, discutimos as características e definições de isomeria geométrica *cis-trans,* trabalhando com a temática gorduras *cis-trans* em alimentos. Para realizarmos as discussões, utilizamos vídeos e imagens para auxiliar na execução da aula. No último encontro, discutimos acerca dos problemas sociais acarretados pelo consumo inapropriado de gorduras *trans*, organizou-se um júri e um debate para discussão e socialização das informações corretas acerca da conscientização do consumo de gorduras *cis-trans*.

2º Ciclo

O 2º Ciclo foi realizado com estudantes do 1º ano do ensino médio. No primeiro encontro, trabalhamos com os conceitos de funções orgânicas, características e definições de hidrocarbonetos, funções oxigenadas e nitrogenadas. No segundo encontro, trabalhamos com as características e definições de funções orgânicas, abordando reaproveitamento e reciclagem do lixo. Foram utilizados vídeos e imagens para auxiliar na execução da aula. No último encontro, discutimos acerca dos problemas sociais acarretados pela crescente produção de lixo, sobre a importância da coleta seletiva e organizou-se um debate para discussão das informações corretas acerca da conscientização da coleta seletiva. A coleta de dados foi a partir de filmagem e anotações. A análise foi segundo o discurso e os textos escritos pelos alunos. Propusemos as mesmas categorias citadas no primeiro ciclo.

3º Ciclo

O 3º Ciclo foi realizado com estudantes do 2º ano do ensino médio. No primeiro encontro, explanamos alguns conceitos de reações orgânicas para detalharmos sobre radicais livres, suas propriedades e definições. No segundo encontro, discutimos sobre a formação de radicais livres no organismo humano e sobre a produção de cosméticos e produtos farmacêuticos para conter a ação de radicais livres. Para auxiliar nesse momento, utilizamos vídeos durante a execução da aula. No último encontro, discutimos sobre alimentos naturais e atividades físicas que podem ser aproveitadas para amenizar os efeitos dos radicais livres no organismo, como também malefícios e benefícios que estes provocam na humanidade. Logo após, organizou-se um júri para debatermos com os alunos sobre as relações da temática com abordagem CTS, fazendo menção com as três categorias supracitadas.

Após a aplicação dos ciclos, buscamos verificar se os alunos conseguiam relacionar questões científicas, sociais e tecnológicas, assim como propõe a abordagem CTS.

Resultados e discussão

A seguir, apresentamos as análises dos debates com base nas categorias propostas neste trabalho. Assim, expomos os relatos observados nos últimos encontros dos ciclos vivenciados no 1º, 2º e 3º anos do ensino médio, nos quais analisamos a habilidade dos alunos em relacionar questões científicas, sociais e tecnológicas, assim como propõe a abordagem CTS.

Análise do 1º Ciclo

De acordo com os resultados apresentados no Quadro 1, na Categoria A, conferimos que, em algumas ocasiões, os estudantes manifestavam apenas o ponto de vista científico, mostrando um entendimento do conceito, porém desconexo das questões sociais (consumo de gorduras *trans)* ou tecnológicas (produção de alimentos com gorduras *trans*). Em relação à Categoria B, podemos observar que os alunos, em alguns momentos, conseguiram associar questões sociais e/ou tecnológicas com o conceito de isomeria, evidenciando um incremento na habilidade de contextualização, aplicação e problematização do conceito. Quanto à Categoria C, podemos perceber que os alunos apontaram algumas aplicações do conceito de isomeria de forma pontual, assim como discutiram questões associadas ao consumo e à comercialização da gordura *trans* com base no conhecimento químico trabalhado durante a intervenção. Percebemos também que, em outros momentos, os alunos ressaltaram mais as questões sociais, sem associar com o conceito de isomeria. No entanto, vale destacar que isso não significa que os alunos não construíram uma aprendizagem do conceito. Podemos justificar tais momentos pela dificuldade que alguns sentem em relacionar o conceito com fatores sociais e/ou tecnológicos. Além disso, durante o debate, alguns quiseram apenas defender um ponto de vista que, para eles, é mais importante,

Quadro 1: Resultados obtidos na aplicação no 3º ensino médio.

Categoria	Exemplo de respostas
A. Momento em que alunos só usam os conceitos científicos	"[...] *é sempre necessário observar o plano imaginário e os ligantes da dupla ligação, para podemos diferenciar uma substância cis da trans, pois pelo que entendi os ligantes têm que ser diferentes e se os dois maiores tiverem para cima é cis e se tiver para baixo é trans.*"
	"[...] *acho que substâncias isoméricas apresentam fórmulas moleculares iguais de substâncias diferentes.*"
B. Momento em que alunos associam conceitos científicos com questões sociais e/ou tecnológicas	"[...] *um exemplo da isomeria que temos em nosso dia a dia, e visto principalmente nos alimentos como da margarina que realizado o processo de hidrogenação, que ocorre quando é acrescentado hidrogênio em uma gordura cis e transforma ela em uma trans, que é ruim para gente.*"
	"[...] *acho interessante é que os donos das indústrias investem muito em gorduras trans que é mais barata, deixa o alimento com mais durabilidade, consistência e sabor, mas que prejudica muito a nossa saúde, e será que eles usam na casa deles?*"
C. Momento em que alunos só usam questões sociais	"[...] *é necessário uma grande conscientização da população para o consumo de gorduras trans, porém sabemos que os produtos que apresentam* essa substância são mais baratos, do que os que têm *gordura cis, vivemos num país pobre onde o 'povão' é que consome mais, sendo assim é melhor comprar produtos que nos prejudicam do os que não, por conta do preço.*"
	"[...] *acho que cabe a gente verificar as informações nutricionais do alimento que vamos consumir, por exemplo antes de saber sobre isomeria e gorduras cis – trans nunca dei tanta importância quanto estou vendo agora, hoje mesmo fui comprar um achocolatado e olhei logo se não tinha gorduras trans, pois não quero mais consumir.*"

usando outros argumentos além dos científicos.

Vale ressaltar que os resultados desse 1º Ciclo desenvolvido tornaram-se uma ferramenta norteadora para orientar as aplicações dos ciclos *a posteriori*, assim como auxiliar todo o processo de categorização e análise.

Análise do 2º Ciclo

Conforme mencionado na discussão do quadro anterior, realizamos toda a análise guiados pelo 1º Ciclo. Dessa forma, durante o debate final do 2º ciclo, notamos que os estudantes, conforme resultados sumarizados no Quadro 2, na Categoria A, não apresentaram dificuldades em discutir o ponto de vista científico, demonstrando uma boa compreensão do conceito, todavia, não relacionaram com conhecimento tecnológicos e/ou sociais, apresentando uma preocupação em definir corretamente o conceito, constatando assim indícios de uma construção de aprendizagem. No entanto, verificamos que, durante o debate, os alunos do 1º ensino médio tiveram um pouco de omissão em discutir acerca da Categoria B, somente poucos responderam. Acreditamos que os alunos, por estarem ingressando no ensino médio, não tiveram muita maturidade em relatar o que aprenderam. Já em relação à Categoria C, os estudantes não apresentaram nenhuma dificuldade em discorrer sobre questões sociais sem relacionar com o conceito de funções orgânicas. Assim, observamos que alguns alunos apresentaram-se bastante hábeis, expondo suas opiniões sobre o tema. Acreditamos que isso se deva ao fato de esse assunto ser muito comentado diariamente na mídia e em outros meios de comunicação, mas sem abordagem CTS.

Quadro 2: Resultados obtidos na aplicação no 1º ensino médio.

Categoria	Exemplo de respostas
A. Momento em que alunos só usam os conceitos científicos	"[...] *as funções orgânicas estão ligadas as substâncias do lixo, do material que é feito bolsas de plástico, garrafa PET, PVC que é o policloreto de vinil, e também nos alimentos.*"
	"[...] *o polietileno é um tipo de função orgânica, porque é dele que é feito as bolsas de plástico, frasco de creme* [...]."
B. Momento em que alunos associam conceitos científicos com questões sociais e/ou tecnológicas	"[...] *muitos materiais orgânicos dos lixões, como alimentos, podem gerar gás metano.*"
	"*Os lixões recebem todos os tipos de lixo, por isso acho importante sabermos quais são as técnicas de industrialização, como o tempo de duração e como os produtos são feitos* [...], *por isso acho importante sabermos funções orgânicas.*"
C. Momento em que alunos só usam questões sociais	"[...] *é necessário uma conscientização de todos, para podemos implantar sistema de reaproveitamento, reciclagem e coleta seletiva, se não houver um trabalho em conjunto em que todos se ajudem, não vencemos a luta contra o lixo e a poluição.*"
	"[...] *fazer um projeto de reciclagem e coleta seletiva faz bem pra gente, isso contribui na nossa formação, agente pode produzir brinquedo de materiais reciclado e fazer doação pra quem num tem.*" [*sic*]

Quadro 3: Resultados obtidos na aplicação no 2º ensino médio

Categoria	Exemplo de respostas
A. Momento em que alunos só usam os conceitos científicos	"[...] *na formação do radical livre houve a quebra da ligação, deixando o elétron só, assim a função de um antioxidante é preencher a ausência do elétron.*"
	"[...] *o encadeamento de radicais livres provoca estresse oxidativo.*"
B. Momento em que alunos associam conceitos científicos com questões sociais e/ou tecnológicas	"[...] *os radicais livres não pode ser visto como ruim, pois pode ajudar na imunidade, na coagulação e cicatrização.*" [sic]
	"[...] *os radicais livres em pequena quantidade realmente faz isso, mas em excesso pode causar Alzheimer, estresse, problemas de memória que ocorrem com a oxidação das células em nossa organismo, que pode ser combatido por alimentos saudáveis.*"
C. Momento em que alunos só usam questões sociais	"[...] *é muito bom que empresas fabricarem produtos que sejam antioxidantes, todavia o mau comportamento humano de não apresentar uma boa prática de alimentação de saúde, de bem estar, que é o que provoca a oxidação.*"
	"[...] *o ser humano, para conter o excesso de oxidação tem que mudar alimentação, ser acompanhado por um profissional que lhe oriente, assim nós podemos combater a oxidação e a presença de radicais livres, é necessário apenas consciência.*"

Análise do 3º Ciclo

De acordo com os resultados expressos no Quadro 3, em relação à Categoria A, os alunos, em variados momentos, responderam com clareza sobre os conceitos científicos de radicais livres, ou seja, souberam discorrer explicitamente sobre o conceito sem citar fatores sociais e tecnológicos. Quanto à Categoria B, quase toda a turma soube apontar questões sociais e tecnológicas, agregando conceitos de reações orgânicas e radicais livres, evidenciando assim uma forte competência de contextualização. Na Categoria C, grande parte da turma exemplificou excelentes falas, destacando fatores sociais. No entanto, nessa categoria, os estudantes do 2º ano do ensino médio, nas suas afirmações, tomaram uma base científica/tecnológica para discutir a respeito de alguns problemas na sociedade, exemplificando ampla capacidade de assimilação e aplicação. Vale destacar que essa turma não apresentou nenhuma dificuldade em debater a relação entre as três categorias. Esta ratificou intenso interesse nos momentos da aplicação e demonstrou bastante compenetrada com o estudo.

Diante dos resultados apresentados e discutidos, pudemos verificar que a abordagem CTS para os conceitos de química orgânica foram importantes para a conscientização dos alunos acerca das diferentes problemáticas que envolveram questionamentos sobre gorduras *trans,* funções orgânicas, sob um olhar acerca do lixo, e radicais livres. Desse modo, contribuiu de forma legitimadora para formação cidadã dos alunos.

Também podemos relatar que todos os ciclos apresentaram fortes evoluções no desenvolvimento dos alunos sobre a ótica da abordagem CTS, mas podemos destacar que, em relação às categorias estabelecidas neste estudo, a Categoria C foi a que apresentou grande eficiência nas três séries em que foram realizadas a pesquisa. Percebemos que nessa categoria quase todos os alunos participaram, demonstrando opiniões, fazendo depoimentos de exemplos de sua realidade, exemplificando indignações acerca das deficiências de investimentos das entidades governamentais e privadas, como também a falta de conhecimento e conscientização da sociedade em relação aos temas trabalhados. Observamos também que, em relação à Categoria A, durante as aplicações da pesquisa nas três turmas, esta foi a segunda categoria que mais se destacou em relação à participação dos alunos, na qual demonstraram amplo interesse pelos assuntos abordados. É válido salientar que apenas o 3º ano do ensino médio estava estudando assuntos de química orgânica, porém isso não foi um obstáculo para que os estudantes se interessassem pelos temas, pelo contrário, mostraram-se muito dispostos em aprender novos conhecimentos, como também suas aplicações e inter-relações com o meio em que vivem. Já a Categoria B, apenas o 1º ano do ensino médio evidenciou dificuldade nessa categoria. Acreditamos que um dos motivos pode ter sido o receio de falar durante as discussões, falta de precisão ou insegurança em se posicionar sobre a temática. No entanto, o 2º e o 3º ano do ensino médio exemplificaram respostas intrínsecas à categoria, confirmando grande habilidade de contextualização e problematização.

Considerações finais

Por meio da abordagem, percebemos que houve uma evolução nas turmas em que o estudo foi aplicado, pois verificamos um grande crescimento na aprendizagem dos alunos, uma vez que grande parte deles soube debater e problematizar os assuntos abordados, fazendo inter-relações claras com questões científicas, sociais e tecnológicas. Dessa maneira, também podemos destacar que, apesar de os alunos participantes da pesquisa estarem presos a um modelo de ensino tradicionalista e descontextualizado, estes demonstraram grande interesse em aprender novos conceitos dentro da perspectiva CTS.

É importante também destacarmos que as categorias propostas neste trabalho apresentaram uma boa eficiência, pois a partir delas, pudemos situar as ideias construídas pelos

alunos ao longo das aulas. Assim, a partir dessas categorias, pudemos analisar a aprendizagem dos alunos. Apesar de a nossa pesquisa apenas considerar as falas dos momentos finais de cada ciclo, percebemos um grande crescimento na maneira com que os alunos expressavam suas ideias durante as discussões em aulas, pois estes conseguiam, em suas falas, fazer variadas relações entre os temas trabalhados e questões de caráter científico, social e tecnológico.

Outro ponto percebido é que, a partir de cada etapa aplicada nas diferentes turmas, notamos que os diferentes sujeitos, mesmo sem construírem pensamentos totalmente formais acerca dos temas trabalhados, souberam gerenciar suas ideias para aplicar em momentos que acharam propício, demonstrando a construção de conhecimentos contextualizados sob a ótica da abordagem CTS, mas isso só foi percebido a partir das três categorias propostas que permitiram tal avaliação.

Finalmente, por meio deste estudo, verificamos a necessidade de as escolas e os professores implantarem em seus currículos a utilização da abordagem CTS como uma metodologia de ensino que ajude a transformar pessoas em cidadãos que se preocupem em ampliar e aplicar o conhecimento científico, tecnológico e social a questões políticas, educacionais, culturais e econômicas.

Agradecimentos

À escola em que a pesquisa foi realizada, às turmas que participaram do estudo, ao PIBID/CAPES pelo financiamento da bolsa e à UFRPE/UAST.

Antônio Inácio Diniz Júnior (junyordiniz07@hotmail.com), licenciado em Química e mestrando em Ensino das Ciências (UFRPE), é bolsista da CAPES. Recife, PE – BR. **João Roberto Ratis Tenório da Silva** (joaotenorio@uast.ufrpe.br), licenciado em Química e mestre em Ensino das Ciências (UFRPE), doutorando em Psicologia Cognitiva pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), é professor assistente da UFRPE/UAST. Serra Talhada, PE – BR.

Referências

AMARAL, C.L.C.; XAVIER, E.S.; MACIEL, M.D. Abordagem das relações ciência/tecnologia/sociedade nos conteúdos de funções orgânicas em livros didáticos de química do ensino médio. *Investigações em Ensino de Ciências*. v. 14(1), p. 101-114, 2009.

ARENHART, M.; BALBINOT, E.L.; PORTELLA, E.A.; BLASI, T.C. A realidade das gorduras trans: conhecimento ou desconhecimento. *Disciplinarum Scientia*, Santa Maria, v. 10, n. 1, p. 59-68, 2009.

BALBINOT, E.L.; ARENHART, M.; BATISTA, C.P.; PROCHNOW, L.R.; BLASI, T.C. A interestificação como alternativa às implicações nutricionais negativas das gorduras *trans*. *Disciplinarum Scientia*, Santa Maria, v. 10, n. 1, p. 31-44, 2009.

BERNARDO, J.R.R.; VIANNA, D.M.; FONTOURA, H.A. A construção de uma proposta no enfoque Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente (CTSA). *Ciência & Ensino*, v. 1, n. especial, 2007.

BIANCHI, M.L.P.; ANTUNES, L.M.G. Radicais livres e os principais antioxidantes da dieta. *Rev. Nutr*., Campinas, 12(2): 123-130, 1999.

BUTH, L. *A química orgânica no ensino médio*: na sala de aula e nos livros didáticos. 2007. 150p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2007.

BRASIL. Ministério da Educação; Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *Orientações Curriculares do Ensino Médio*. Brasília: MEC; Semtec, 2006.

_____. Decreto Nº 7.219, de 24 de junho de 2010. Dispõe sobre o Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência - PIBID e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, n. 120, seção 1, p. 4-5, 2010.

_____. Portaria Normativa Nº 38, de 12 de dezembro de 2007. Dispõe sobre o Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência – PIBID. *Diário Oficial da União*, n. 239, seção 1, p. 39, 2007.

_____. *Portaria Nº 096*, de 18 de julho de 2013. O presidente da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), no uso das atribuições conferidas pelo Art. 26 do Decreto Nº 7.692 de março de 2012, e considerando a necessidade de aperfeiçoar e atualizar as normas do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência. Disponível em: <http://www.capes.gov.br/images/stories/download/legislacao/Portaria_096_18jul13_AprovaRegulamentoPIBID.pdf >. Acesso: 28 mar. 2013.

CAVALCANTI, J.A.; FREITAS, J.C.R.; MELO, A.C.N.; FREITAS FILHO, J.R. Agrotóxicos: uma temática para o ensino de química. *Química Nova na Escola*. v. 32, n. 1, p. 31-36, 2010.

FARIAS, F.M.C. *Química orgânica*. Disponível em: <http://web.ccead.puc-rio.br/condigital/mvsl/Sala%20de%20Leitura/conteudos/SL_quimica_organica.pdf>. Acesso em: 20 set. 2013.

FERREIRA, A.L.A.; MATSUBARA, L.S. Radicais livres: conceitos, doenças relacionadas, sistema de defesa e estresse oxidativo. *Rev. Ass. Med. Bras*. p. 61-68, 1997.

FERREIRA, M.; PINO, J.C. Estratégias para o ensino de química orgânica no nível médio: uma proposta curricular. *Acta Scientiae*, v. 11, n. 1, 2009.

LIMA, J.F.L.; PINA, M.S.L.; BARBOSA, R.M.N. e JÓFILI, Z.M.S. A contextualização no ensino de cinética química. *Química Nova na Escola*, v. 11, p. 26-29, 2000.

MARCONDES, M.E.R.; CARMO, M.P.; SUART, R.C.; SILVA, E.L.; SOUZA, F.L. SANTOS JR., J.B.S.; AKAHOSHI, L.H. Materiais instrucionais numa perspectiva CTSA: uma análise de unidade didáticas produzidas por professores de química em formação continuada. *Investigações em Ensino de Ciências*. v. 14(2), p. 281-298, 2009.

MARTINS, A.B.; MARIA, L.C.S.; AGUIAR, M.R.M.P. As drogas no ensino de química. *Química Nova na Escola*. v. 18, p. 18-21, 2003.

MARTINS, I.P. Problemas e perspectivas sobre a integração CTS no sistema educativo português. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 1, n. 1, 28-39, 2002.

MELO, M.R.; REIS, T.M. Experimentação com ênfase CTSA na formação inicial de professores de química. *Anais...* In: COLÓQUIO INTERNACIONAL, 5., 2011. Disponível em: <http://www.educonufs.com.br/vcoloquio/cdcoloquio/cdroom/eixo%206/>. Acesso em: 03 jan. 2013.

MENEZES, M.G.; BARBOSA, R.M.N.; JÓFILI, M.S.; MENEZES, A.P.A.B. Lixo, cidadania e ensino: entrelaçando caminhos. *Química Nova na Escola*. v. 22, p. 38-41, 2005.

MERÇOM, F. O que é uma gordura trans? *Química Nova na Escola*. v. 32, n.2, p. 78-83, 2010.

MORTIMER, E.F.; SANTOS, W.L.P. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem CTS (Ciência-Tecnologia-Sociedade) no contexto da educação brasileira. *Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciência*, v. 02, n. 2, 2002.

NUNES, S.M.T.; RETONDO, C.G.; EPOGLOU, A.; TEIXEIRA JR., J.G. O ensino CTS em educação: uma oficina para professores e alunos do curso de licenciatura em química da UFG. *Poiésis Pedagógica*, v. 7, p. 93-108, 2009.

PAZINATO, M.S.; BRAIBANTE, H.T.S.; BRAIBANTE, M.E.F.; TREVISAN, M.C.; PINHEIRO, N.A.M.; SILVEIRA, M.C.F.; BAZZO, W.A. Ciência, tecnologia e sociedade: a relevância do enfoque CTS para o contexto do ensino médio. *Ciência e Educação*, v. 13, n. 1, p. 71-84, 2007.

REBELLOO, G.A.F.; ARGYROS, M.M.; LEITE, W.L.L.; SANTOS, M.M.; BARROS, J.C.; SANTOS, P.M.L.; SILVA, J.F.M. Nanotecnologia, um tema para o ensino médio utilizando a abordagem CTSA. *Química Nova na Escola*. v. 34, n. 1, p. 3-9, 2012.

SANTOS, W.L.P.; SCHNETZLER, R.P. *Educação em química*: compromisso com a cidadania. Ijuí: Ed. Unijuí, 2010.

SILVA, G.S. Uma abordagem diferenciada para o ensino de funções orgânicas através da temática medicamentos. *Química Nova na Escola*. v. 34, n. 1, p. 21-25, 2012.

SILVA, F.C.; RIBEIRO, R.C.; CHAVES, A.C.L. Radicais livres e antioxidantes: concepções e expectativas dos professores do Ensino Médio. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 7., 2009. Florianópolis, 2009.

PERUZZO, F.M.; CANTO, E.L. *Química na abordagem do cotidiano*. São Paulo: Moderna, 2006.

SILVA, A.M. *Atualização do ensino de química*. Recife: [s.n.], 2012.

SIMÕES NETO, J.E. *Abordando o conceito de isomeria por meio de situações-problema no ensino superior de química*. 2009. 120 p. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências). Departamento de Educação, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2009.

STANZANI, E.L.; BROIETTI, F.C.D.; PASSOS, M.M. As contribuições do PIBID ao processo de formação inicial de professores de química. *Química Nova na Escola*, v. 34, n. 4, p. 210-219, 2012.

SOLOMONS, G.; FRYHLE, C. *Química orgânica*, v. 1. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2000.

USBERCO, J.; SALVADOR, E. *Química*. São Paulo: Saraiva, 2002.

Abstract: *Isomers, Functions Organic and Free Radicals: Analysis of Learning Students of Secondary Education According to Approach STS.* This paper analyses the learning of high school chemistry students from a public school in Pernambuco, based on STS approache. The project was developed of 2012 to 2013, with interventions of the Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência - PIBID/Química at Unidade Acadêmica de Serra Talhada, UFRPE's campus. The activities were developed in 3 cycles, being such applied in a degree of the high school. To analyses criteria were established 3 categories that consider the construction of ideas in different moments, since scientific and technologic applications to interventions in a social context. We found that despite students do not study chemistry in the 3 years of the high school, they demonstred an efficient learning, because they knew defend their ideas from scientific, technologic and social points of view, as also evidence contextualize and problematize habilities in differents day-by-day themes.
Keywords: Chemistry Teaching. CTS. Organic.

http://dx.doi.org/10.5935/0104-8899.20160011

Concepções sobre Substância: Relações entre Contextos de Origem e Possíveis Atribuições de Sentidos

João R. R. T. da Silva e Edenia M. R. do Amaral

Para um melhor entendimento do conceito de substância, consideramos que este deve ser ensinado com base nas concepções informais que os alunos apresentam. Algumas dessas concepções informais encontram sentido nos contextos em que se originam, sendo esta uma das razões para a persistência delas após a instrução formal. Ao apresentar os conceitos científicos, é importante discutir diferentes sentidos e significados associados a estes. Este artigo teve como objetivo analisar concepções de alunos e professores do ensino médio sobre o conceito de substância, identificando a natureza dessas ideias e o contexto ao qual elas podem estar associadas. Aplicamos um questionário a professores e alunos de química do ensino médio e, após a análise, verificamos diferentes modos de pensar o conceito de substância associados a diversos contextos de origem. Consequentemente, em situações de aprendizagem, os alunos não conseguem situar ideias científicas em relação às suas concepções informais.

▶ substância, concepções informais, contextos de origem ◀

Recebido em 25/12/2014, aceito em 14/06/2015

Segundo alguns autores (Silveira, 2003; Silva; Amaral, 2009; entre outros), o conceito de substância é considerado um dos mais importantes da química, pois permite a compreensão de muitos fenômenos. O presente artigo tem como objetivo analisar concepções de alunos e professores do ensino médio sobre o conceito de substância, buscando identificar a natureza dessas concepções e o contexto ao qual elas podem estar associadas e ser aplicadas. Com isso, pretendemos apontar alguns cuidados que devemos ter ao identificar concepções trazidas pelos alunos na discussão sobre o conceito de substância em sala de aula. Este artigo é um recorte de uma pesquisa mais ampla sobre compromissos epistemológicos e ontológicos implicados nas diversas formas de compreensão do conceito de substância, que resultou na estruturação de zonas de um perfil conceitual (Mortimer, 2000; Silva; Amaral, 2013).

O presente artigo tem como objetivo analisar concepções de alunos e professores do ensino médio sobre o conceito de substância, buscando identificar a natureza dessas concepções e o contexto ao qual elas podem estar associadas e ser aplicadas. Com isso, pretendemos apontar alguns cuidados que devemos ter ao identificar concepções trazidas pelos alunos na discussão sobre o conceito de substância em sala de aula.

Concepções informais e o processo de ensino-aprendizagem

Na literatura, diversos trabalhos (Veer; Valsiner, 1999; Pozo; Crespo, 1998; Nuñez; Ramalho, 2004; Carvalho et al., 2004; Cachapuz et al., 2005, entre outros) reforçam a ideia de que os alunos, quando chegam à sala de aula, apresentam suas próprias concepções. Pozo e Crespo (1998) afirmam que concepções informais não são simples informações que o indivíduo adquire no seu cotidiano. Essas ideias expressam valores culturais e sociais e podem ser consideradas como representações da realidade, fundamentadas em suas experiências mais diretas. Segundo os autores, tais representações se constituem em modelos explicativos de vários fenômenos que,

A seção "O Aluno em Foco" traz resultados de pesquisas sobre ideias informais dos estudantes, sugerindo formas de levar essas ideias em consideração no ensino-aprendizagem de conceitos científicos.

muitas vezes, diferem daqueles apresentados pela ciência. Desse modo, as concepções informais são consideradas alternativas em relação ao conhecimento científico por estarem fundamentadas em aspectos subjetivos do cotidiano e não na visão de conceitos científicos.

Na década de 1980, após o Movimento das Concepções Alternativas (MCA), levantamentos de concepções informais de alunos culminaram em diferentes propostas de estratégias de ensino que visavam a uma mudança conceitual. As concepções dos alunos deveriam ser substituídas pelo saber científico a partir da explicitação de contradições, problemas ou limitações presentes em suas ideias (Posner et al., 1982). No entanto, aplicações do modelo de mudança conceitual em sala de aula mostraram que as concepções informais dificilmente são abandonadas, pois são resistentes a mudanças (Mortimer, 1996; Pozo; Crespo, 1998).

O aluno dificilmente abandona suas concepções informais, mesmo depois de ter estudado e aplicado um conceito científico em algum momento da sua vida escolar. Podemos atribuir essa resistência ao fato de que ele parece não perceber a aplicabilidade de conceitos científicos em situações do dia a dia, enquanto que algumas de suas concepções informais são úteis em determinados contextos. No entanto, essas concepções se apresentam limitadas quando este está diante de situações em um contexto científico. Com isso, para alcançar uma aprendizagem mais significativa dos conceitos científicos, faz-se necessária maior atenção sobre as concepções que o estudante expressa em sala de aula.

O aluno dificilmente abandona suas concepções informais, mesmo depois de ter estudado e aplicado um conceito científico em algum momento da sua vida escolar. Podemos atribuir essa resistência ao fato de que ele parece não perceber a aplicabilidade de conceitos científicos em situações do dia a dia, enquanto que algumas de suas concepções informais são úteis em determinados contextos. No entanto, essas concepções se apresentam limitadas quando este está diante de situações em um contexto científico.

Em geral, o processo de construção do conhecimento científico em sala de aula sofre influência dos modelos explicativos já constituídos pelo aluno, e podemos considerar que ele aprende determinado conceito científico quando estabelece relações entre este e os conhecimentos anteriores (Pozo; Crespo, 1998). Ressaltando a importância de que o aprendiz tenha consciência da limitação de suas ideias informais frente a alguns fenômenos explicados pela ciência, Mortimer (1996) afirma que aprender ciência envolveria a iniciação do aluno em uma nova maneira de pensar e explicar o mundo natural, que é fundamentalmente diferente daquelas disponíveis no senso comum. Dessa forma, o processo de aprendizagem é associado à tomada de consciência do aluno sobre suas ideias informais frente ao conhecimento científico. Pozo e Crespo (1998) afirmam que concepções informais não devem ser consideradas como um problema ou obstáculo à aprendizagem. Afinal, um possível insucesso na aprendizagem pode ser relacionado à falta de articulação entre o conceito científico e as concepções informais, uma vez que isso pode representar uma desconexão entre a realidade do aluno e o conhecimento científico. Os autores recomendam uma atenção especial a essas concepções no processo de ensino para reconhecer que não se trata de algo arbitrário ou casual. Elas podem resultar em erro ou irregularidade se aplicadas em um contexto inadequado (como o científico), mas devemos considerá-las como resultado de uma aprendizagem informal ou implícita, que ocorre a partir das relações entre os indivíduos e/ou destes com o contexto cultural (Pozo; Crespo, 1998).

Coutinho, El-Hani e Mortimer (2005) consideram que a tomada de consciência pode se constituir como modelo explicativo para a aquisição de novos modos de pensar sobre um conceito científico, sem que o aluno abandone suas concepções informais, a partir da teoria do perfil conceitual. Segundo os autores, a tomada de consciência contribui para uma aprendizagem mais significativa do conceito. Isso ocorreria porque, ao tomar consciência de que existem diferentes modos de pensar o conceito, o aluno poderia estabelecer relações entre estes (Mortimer, 2000). Pode-se evidenciar a tomada de consciência quando um indivíduo explicita, de alguma forma, que a definição de um conceito sustentada por ele difere de outra definição que também compartilha. Dessa forma, um mesmo indivíduo pode apresentar diferentes modos de pensar sobre um único conceito (Coutinho; El-Hani; Mortimer, 2005).

A discussão sobre concepções informais apresentadas não é nova na pesquisa em ensino de ciências, mas os desdobramentos das reflexões feitas ainda são pouco visíveis no processo de ensino-aprendizagem. De uma forma geral, após o levantamento de ideias informais dos alunos, há dificuldades em considerar tais ideias na discussão dos conceitos científicos em sala de aula. Consideramos que tais dificuldades podem estar associadas ao fato de não conhecermos melhor a natureza dessas concepções e os contextos nos quais elas podem ter sentido. Dessa forma, propomos uma análise de ideias informais sobre o conceito de substância, buscando caracterizá-las quanto à sua natureza e origem, de forma a considerar essas concepções na discussão sobre o conceito químico de substância em sala de aula.

Concepções informais: características gerais

Pozo e Crespo (1998) apresentam algumas características gerais das concepções informais: são muito persistentes, mantendo-se mesmo depois de anos de instrução; podem ser generalizadas, sendo compartilhadas por pessoas de diversas culturas, idades e níveis educativos; apresentam um caráter mais implícito do que explícito – muitas vezes, os alunos tomam estas como base para desenvolver as suas ideias, mas não conseguem verbalizá-las; são relativamente coerentes;

e em alguns casos, guardam similaridade com concepções já superadas na própria história das disciplinas científicas.

Yip (1998 *apud* Coutinho, 2005) também apresenta algumas características das concepções informais a partir de uma categorização relativa à natureza e origem dessas concepções. Segundo o autor, as concepções informais podem ser adquiridas pelo aluno na experiência cotidiana e são trazidas para o espaço da sala de aula; podem se originar a partir de visões incompletas ou impróprias desenvolvidas pelo aluno durante o processo instrucional; ou podem configurar conceitos errôneos propagados por professores e por livros textos. Cachapuz, Praia e Jorge (2002) também discutem sobre a natureza das concepções informais e compartilham a ideia de que estas não são simples afirmações sobre a realidade. Segundo os autores, essas concepções não devem ser confundidas como interpretações momentâneas ou simples artefatos de um dado contexto, mas sim como modelos explicativos bem estruturados, podendo unificar mais do que um tipo de fenômeno e resultando de um esforço consciente de teorização. Esses autores também ressaltam a importância de o professor saber da existência dessas concepções e que elas não podem ser ignoradas.

[...] consideramos que representações equivocadas de alguns professores sobre conceitos científicos contribuem para reforçar concepções trazidas pelo aluno, dificultando o estabelecimento de relações entre os diferentes modos de compreensão sobre fenômenos e conceitos (Silva; Amaral, 2006).

Coutinho (2005) ressalta que a identificação de concepções informais é um passo importante no processo de ensino-aprendizagem, pois possibilita a construção de estratégias instrucionais que promovam a construção de significados para os conceitos científicos. Para Cachapuz, Praia e Jorge (2002), essas concepções devem deixar de ser consideradas como uma barreira para aprendizagem, ressaltando a necessidade de melhor conhecer os seus significados. Assim, o professor pode tratar adequadamente as ideias dos alunos quando estas emergem no processo de ensino-aprendizagem. Neste trabalho, consideramos que se o professor conhecer melhor sobre as concepções do aluno, bem como suas possíveis origens, poderá elaborar estratégias apropriadas para o ensino. Para isso, consideramos a proposta de Pozo e Crespo (1998) que aponta para diferentes origens de concepções informais – sensorial, escolar e/ou cultural.

Concepções de origem sensorial – concepções espontâneas

Segundo Pozo e Crespo (1998), muitas de nossas concepções se formam de modo espontâneo na tentativa de dar significados às atividades cotidianas. Os autores propõem cinco regras que caracterizam concepções como de origem sensorial. São regras associativas que exprimem um pensamento causal sobre o cotidiano:

1. Semelhança entre causa e efeito ou entre a realidade e o modelo – uma conclusão é tirada a partir da semelhança (dependência) entre a causa e o efeito de algum fenômeno, a partir da proximidade entre o indivíduo e o evento ou do fenômeno e algum modelo explicativo casual;
2. Proximidade espacial – o contato físico entre causa e efeito – o fenômeno causa um efeito direto na vida do indivíduo e se assemelha com algo que ele já conhece e sabe explicar;
3. Proximidade temporal entre causa e efeito devem se suceder de modo próximo, não só espacial, mas temporal;
4. Covariação qualitativa entre causa e efeito – as variáveis relevantes serão aquelas que se produzam sempre o efeito;
5. Covariação quantitativa entre causa e efeito – um incremento na causa produz um aumento proporcional de efeito e vice-versa.

Concepções de origem cultural – representações sociais

Os autores definem ideias informais de origem cultural como aquelas que se firmam no aluno a partir da interação não somente com o mundo material, mas com o contexto social e cultural. Normalmente são concepções compartilhadas por um grande número de pessoas e já estão arraigadas na sociedade, o que as tornam crenças sociais. Geralmente, essas ideias de origem cultural são difundidas pela mídia, por meio da qual a informação flui de forma dinâmica e menos organizada, sem filtro, criando no aluno a ilusão de aquisição de conhecimentos supostamente científicos.

Concepções de origem escolar: as concepções analógicas

Segundo Pozo e Crespo (1998), representações deformadas ou simplificadas de certos conceitos científicos conduzem a uma compreensão errônea, desviada, por parte do aluno que não reflete a informação ou interpretação apresentada. A consequência disso é que o aluno, ao invés de analisar os fenômenos do dia a dia com o saber científico, faz o caminho inverso e usa suas ideias prévias para interpretar fenômenos no contexto da ciência. Nessa direção, consideramos que representações equivocadas de alguns professores sobre conceitos científicos contribuem para reforçar concepções trazidas pelo aluno, dificultando o estabelecimento de relações entre os diferentes modos de compreensão sobre fenômenos e conceitos (Silva; Amaral, 2006).

A classificação proposta por Pozo e Crespo (1998) nos remete a uma análise sobre o contexto no qual algumas concepções informais ganham sentido. Consideramos que a existência de algumas dessas concepções se deve ao sentido dado a elas em contextos específicos. Dessa forma, no processo de ensino-aprendizagem, podem ser considerados diferentes modos de pensar sobre um conceito específico, considerando os diferentes contextos nos quais essas ideias se aplicam. A apresentação das ideias científicas ocorre como a ampliação de um perfil de concepções já existentes e a aprendizagem pode ser considerada como uma tomada de consciência sobre essas ideias, considerando os

seus diversos sentidos associados a contextos específicos (Amaral; Mortimer, 2004).

Partindo da discussão feita, buscamos compreender a natureza e a origem de concepções informais sobre substância apresentadas por alunos e professores, procurando os contextos nos quais essas concepções encontram sentido.

Concepções informais referentes ao conceito de substância

Na literatura, encontramos uma grande quantidade de concepções sobre o conceito de substância. Vogelezang (1987) investigou alunos de um curso introdutório de química em nível médio na Alemanha (IPN Chemistry Course) e verificou um interesse inicial destes na distinção entre coisa (objeto), quantidade de substância e substância. De acordo com o curso IPN, substância é definida como: "... aquilo que tem propriedades definidas" (Vogelezang, 1987, p. 522, tradução nossa). O sentido dessa observação está na confusão que alguns alunos fazem entre uma substância e uma quantidade dela ou até mesmo entre substância e coisa, devido a concepções usadas no dia a dia em que qualquer coisa é classificada como substância.

Araújo, Silva e Tunes (1994) investigaram como alunos do ensino médio de uma escola de São Paulo organizam o conceito de substância em relação a outros conceitos da química. No trabalho, os autores aplicaram um questionário a 374 estudantes que utilizaram dois materiais didáticos diferentes. Foram identificados 34 sistemas de conceitos diferentes nas respostas dos alunos. De maneira semelhante a Vogelezang (1987), os autores identificaram influências de conhecimentos do cotidiano no momento em que os alunos tentavam elucidar os conceitos científicos. Eles afirmam que, no dia a dia, os alunos usam a palavra substância como sinônimo de coisa, material ou elemento. Os autores atribuem a diversidade de critérios para classificação dos sistemas à influência dos conceitos do cotidiano.

Silva e Amaral (2009) realizaram um levantamento de concepções entre estudantes do ensino fundamental e também perceberam que estes usavam o termo substância como sinônimo de coisa, material e elemento.

Johnson (2000) identificou a dificuldade de alguns alunos em diferenciar substância e material. Por meio de entrevistas, o autor percebeu que, no início dos estudos de química, eles não conseguiam relacionar as propriedades com as substâncias. No entanto, isso não foi observado na maioria dos alunos. Segundo o autor, a grande maioria não teve dificuldades na diferenciação. Na identificação de substâncias, o autor identificou a problemática associada ao uso do termo substância pura.

Loverude (2002) investigou como alunos de física relacionam energia e matéria. O conceito em foco foi o de energia, porém, em seus resultados, ele mostra como alguns alunos entendem energia como uma substância, havendo um cruzamento entre esses conceitos. A pesquisa foi realizada com a participação de alunos de uma universidade pública dos Estados Unidos em dois cursos de formação de professores de ciências físicas. Loverude (2002) constatou em seus resultados que, para alguns problemas propostos, grande parte dos alunos atribuía o aumento de massa em materiais à transferência de energia.

Soares e Aguiar (2008) analisaram o uso dos conceitos de substância e elemento químico por alunos do 8º ano do nível fundamental de uma escola da rede particular de ensino. Os autores analisaram episódios extraídos de diferentes momentos de uma sequência didática e verificaram indícios de uma evolução nos usos desses conceitos por parte dos alunos. Apoiados em Vigotski e Bakhtin, Soares e Aguiar (2008) analisaram como e em que medida os alunos vão se apropriando desses conceitos em uma abordagem de ensino socioconstrutivista e constataram que eles utilizam operacionalmente as definições introduzidas precocemente e não usam os conceitos de modo adequado. A evolução foi observada a partir do momento em que os estudantes conseguiam usar de forma correta os conceitos de substância e elemento em determinadas situações apresentadas durante a sequência. No entanto, durante a intervenção, estes não conseguiam conceber a ideia de que um mesmo elemento químico pode constituir diferentes compostos.

Papageorgio e Sakka (2000) investigaram visões de professores de química acerca de conceitos fundamentais dessa disciplina: mistura, elemento químico, compostos, substância pura, solução, molécula e átomo. A amostra foi composta por 75 professores da educação básica de escolas na Trácia, Grécia. Segundo os autores, estudos na área mostram que professores possuem concepções inadequadas sobre ciência ou apresentam ideias que não são cientificamente aceitas. Eles ainda afirmam que essas visões inadequadas dos professores influenciam seu comportamento na sala de aula. Além disso, eles apontam que professores que possuem visões distorcidas sobre conceitos básicos da química são influenciados por elas no processo de ensino. Ao levantar concepções sobre o conceito de substância pura, os autores encontraram que este é entendido como uma substância sem mistura por 57% dos professores, mas eles alegam que, semelhante aos alunos, no dia a dia, os professores usam o adjetivo pura com outro sentido. Além disso, constataram que 20% dos professores fizeram relação do conceito de substância pura com elemento ou composto, porém, nos mapas conceituais, 17% estabeleceram relações entre esses conceitos de forma correta. Finalmente, 9% dos professores demonstraram que substância pura e composto são a mesma coisa.

Oliveira (1995) apresenta uma reflexão sobre os significados dados ao conceito de substância e as implicações no seu ensino. Usando a epistemologia de Bachelard (1996), o autor assegura alguns problemas existentes na conceituação de substância e os relaciona com obstáculos epistemológicos. Segundo o autor, desde Lavoisier, a química tem sido vista como a ciência que estuda as substâncias e suas propriedades. Entretanto, as bases da noção de propriedade substancial são mais antigas, remontando à alquimia, de acordo com os trabalhos de Bachelard (1996). Para o autor,

o espírito pré-científico considera que a substância tem um interior. Essa crença levou os alquimistas a tentar 'abrir' as substâncias na perspectiva de alcançar e desvelar qualidades ocultas. Substância, nesse caso, possui um significado mais filosófico e metafísico do que químico e material, sendo entendida como a essência da matéria. Para Oliveira (1995), esse significado metafísico substancializa as qualidades interiores da matéria e permanece nos dias atuais: "O substancialismo, ou seja, a ideia de que as propriedades substanciais são atributos inalienáveis, permanece na química pós-lavoiseriana" (p. 08).

Em seu artigo, Oliveira (1995) ainda apresenta uma discussão acerca das raízes epistemológicas dessas concepções, as quais ele classifica como realistas e substancialistas, e aponta que essas ideias permeiam a química atual. Esses aspectos históricos e epistemológicos apontados podem se constituir como outros aspectos a serem considerados na análise das concepções sobre substância.

Procedimentos metodológicos

Para este trabalho, elaboramos e aplicamos um questionário a 7 professores de química (alunos de um programa de pós-graduação em ensino de ciências) e a 25 alunos do 1º ano do ensino médio de uma escola da rede particular de ensino da cidade do Recife (PE). No questionário, 6 questões foram elaboradas buscando provocar uma definição de substância química por parte dos respondentes e solicitando a interpretação/explicação de situações (Viggiano; Mattos, 2007) a partir do uso desse conceito. Além disso, foram distribuídos alguns textos para exemplificação e identificação de substâncias. O questionário estava estruturado da seguinte forma: na primeira questão, pedimos a definição de substância, material e elemento; na segunda, apresentamos um texto sobre anemia, que tratava sobre o *déficit* de ferro e possíveis tratamentos, e solicitamos que identificassem algumas relações do texto com o conceito de substância; na terceira, mostramos alguns itens, tais como plástico, fogo, ar atmosférico, detergente líquido etc., e solicitamos que indicassem quais itens tratavam de substâncias; na quarta, mostramos um texto, extraído do Papiro de Estocolmo (Partington, 1989) e que tratava da preparação de esmeraldas, e solicitamos que identificassem substâncias descritas no texto; na quinta, solicitamos que apontassem quais representações simbólicas (fórmulas moleculares, estruturas de Lewis, modelos moleculares) representavam uma substância; finalmente, na sexta, apresentamos imagens de rótulos de alimentos e remédios e solicitamos a identificação de substâncias destes.

Os questionários aplicados aos professores e aos alunos foram analisados separadamente, considerando a resposta a cada questão e a emergência das concepções nas diferentes respostas de cada sujeito participante. Desse modo, identificamos sete categorias (modos de pensar) para os alunos e cinco para os professores. Em seguida, separamos as respostas em duas grandes categorias: concepções científicas e concepções informais. Focamos a análise nas concepções informais, tomando por base a categorização proposta por Pozo e Crespo (1998); identificamos concepções de origem sensorial, origem cultural e origem escolar; e buscamos estabelecer relações dessas categorias com contextos de emergência destas.

Resultados e discussão

Inicialmente, apresentaremos as concepções identificadas nas respostas dos alunos, discutindo possíveis origens para concepções informais segundo a classificação de Pozo e Crespo (1998). Para as concepções que classificamos como científicas, consideramos que, em geral, são oriundas da formação escolar e/ou acadêmica, ainda que possam ter sido constituídas em outros contextos que promovem discussão sobre temas científicos.

Respostas dos alunos

Entre as respostas dos alunos, identificamos sete modos de pensar relativos ao conceito de substância. Constatamos que um mesmo aluno pode apresentar mais de uma forma de pensar. Dessa forma, os percentuais que serão apresentados a seguir não necessariamente somam 100% (Quadro 1). Um ponto que dificultou nossa análise foi o grande número de ausências de respostas e/ou respostas incoerentes que não nos possibilitaram algum tipo de interpretação por falta de coerência ou concisão nas ideias.

A partir do Quadro 1, verificamos que grande parte dos alunos apresentou dificuldades em distinguir substância

Quadro 1: Frequência das formas de pensar em relação ao número de alunos.

Nº da categoria	Tipo de concepção	Percentual de alunos
1	Relaciona substância a elementos químicos – visão microscópica	52%
2	Não faz distinção entre substância e elemento químico ou material	60%
3	Aponta a utilidade ou importância das substâncias	20%
4	Associa substância com suas propriedades	4%
5	Define substância a partir dos estados físicos	4%
6	Relaciona substância como a ocorrência de fenômenos químicos	12%
7	Generaliza a percepção de substância (está presente em tudo)	4%

de elemento químico e material. Além disso, mesmo apresentando concepções científicas, algumas inconsistências são encontradas como a definição de que substância é um líquido. Nesse caso, mesmo apresentando uma definição cientificamente aceita com relação às propriedades, o aluno não considera a existência de substâncias sólidas ou gasosas. Também percebemos que, em certos momentos, eles conseguem expressar que elemento é uma unidade abstrata menor do que a substância. Em outros, entretanto, confundem ambos os conceitos. Isso pode ser indício de uma reprodução indiscriminada das definições dadas em sala de aula sobre o conceito de substância sem, contudo, refletir sobre estas.

Acreditamos que a identificação da provável origem das concepções alternativas ou informais, tomando como critério para a classificação a discussão de Pozo e Crespo (1998), pode nos dizer muito a respeito dos contextos associados a cada forma de pensar identificada.

Origem sensorial

Para classificar concepções nessa categoria, verificamos se os modos de pensar apresentados se enquadram em alguns dos aspectos que caracterizam cada tipo de origem como proposto por Pozo e Crespo (1998). Segundo o Quadro 1, consideramos as categorias 4 e 6 como sendo de origem sensorial: *Não faz distinção entre substância e elemento químico ou material* e *Relaciona substância com a ocorrência de fenômenos químicos*. De acordo com nossa análise, esses dois tipos de concepções atendem às regras: semelhança entre causa e efeito, proximidade espacial e covariação quantitativa. Verificamos essas características, por exemplo, na resposta em que um aluno afirma: "O_2 é uma substância porque nos faz respirar". Essa justificativa sugere o estabelecimento de uma relação de causa-efeito para a substância O_2 – o oxigênio só é uma substância (causa) porque faz o sujeito respirar (efeito). Em outra resposta, um aluno justifica a natureza da substância pela sua capacidade de reagir: "são substâncias químicas porque reagem com substância e sofrem combustão algumas [sic]" (relação de causa e efeito). Além disso, alguns alunos afirmaram em suas respostas que uma substância é aquilo que "já virou uma molécula, que se juntando com outras moléculas, formam materiais". Nesse exemplo, observamos que a proximidade espacial entre as moléculas justifica o fato de elas constituírem uma substância.

Em geral, verificamos que alguns tipos de concepções relacionam substância à ocorrência de algum tipo de transformação química e esta seria uma condição essencial para a sua identificação. Em outras concepções, substâncias são associadas a objetos que nos rodeiam e que apresentam utilidade e/ou têm alguma consequência direta em nossas vidas a partir do efeito que nos causam (essa utilidade direta aponta para a proximidade espacial e covariação quantitativa). Por exemplo, um remédio é uma substância química porque "ele diminui a nossa dor de cabeça". Com isso, variando a quantidade da substância, teremos diferentes efeitos.

Em geral, verificamos que alguns tipos de concepções relacionam substância à ocorrência de algum tipo de transformação química e esta seria uma condição essencial para a sua identificação. Em outras concepções, substâncias são associadas a objetos que nos rodeiam e que apresentam utilidade e/ou têm alguma consequência direta em nossas vidas a partir do efeito que nos causam (essa utilidade direta aponta para a proximidade espacial e covariação quantitativa).

Origem cultural

Apesar de termos consciência de que as concepções informais são formadas com alguma influência do contexto cultural, caracterizamos como concepções de origem cultural aquelas que apresentassem relação mais estreita com ideias do senso comum, sem o compromisso da relação causa e efeito que encontramos nas concepções de origem sensorial. Classificamos dois modos de pensar como de origem cultural: a concepção de que as substâncias são importantes para nossa vida (categoria 3) e a ideia muito comum e generalizada de que a substância está presente em tudo (categoria 7). Associada a essas concepções, é comum vir a ideia de que algo rotulado como químico tem alguma consequência em nossa vida. Essas ideias encontram eco em diferentes situações do cotidiano e em outros contextos sociais como, por exemplo, quando os indivíduos têm preferência por consumir produtos naturais a industrializados, justificando que os últimos têm química e podem nos fazer mal. Isso parece levar à ideia equivocada de que produtos naturais não possuem substâncias químicas.

Outra possibilidade de identificação desse tipo de concepção pode estar associada a uma ideia de que cada coisa ou material tem a sua essência, a sua substância própria, aquilo que justifica a sua finalidade. Por exemplo, em suas respostas, alguns alunos afirmam que substâncias "são compostos que estão presente em tudo [sic]". Aqui, identificamos uma restrição com relação ao conceito, considerando que não é feita menção a elementos químicos como constituintes de todas as substâncias. Com isso, essa resposta parece estar associada à ideia filosófica de que tudo tem a substância como essência ou ser. Esse tipo de generalização é frequente no contexto histórico e no senso comum, sendo compartilhada por diversos indivíduos.

Origem escolar

Concepções de origem escolar foram encontradas tanto nas respostas de alunos como nas de professores. Acreditamos que, como já discutimos anteriormente, tais ideias podem advir de situações diversas vivenciadas no processo de ensino-aprendizagem, muitas vezes, a partir da compreensão equivocada do que é discutido na sala de aula e/ou da reprodução irrefletida de conteúdos contidos nos livros didáticos. Por exemplo, quando o aluno define uma

substância pelo estado físico (categoria 5), isso sugere que há pouca compreensão do conceito, possivelmente associada a uma limitada discussão em sala de aula. Acreditamos que esse fato impossibilita a articulação do conceito com situações concretas e/ou fenômenos reais, o que contribuiria para ampliar a construção de significados para substância química como contraponto a concepções informais dos alunos. Em consequência, o aluno não situa ideias informais encontradas em outros contextos com relação àquelas apresentadas na sala de aula de química. Além disso, em geral, os livros didáticos de química se limitam a apresentar definições curtas que, muitas vezes, são reproduzidas pelo professor.

Com relação ao segundo modo de pensar incluído na origem escolar, surge a ideia de que substância é aquela que sofre mudanças de estado físico, visto que as condições de temperatura e pressão nas quais as substâncias sofrem as mudanças são consideradas como propriedades características destas, mas não se constituem como uma definição do conteúdo.

Respostas dos professores

O mesmo questionário foi aplicado a professores da educação básica com o objetivo de verificar modos de pensar que eles apresentam quanto ao conceito de substância. Identificamos alguns modos semelhantes àqueles encontrados nas respostas dos alunos. No Quadro 2, com percentual de respostas, são mostrados cinco modos de pensar que identificamos nas respostas dos professores.

Os resultados encontrados na análise das respostas dos professores diferem bastante dos resultados dos alunos. Observamos que a maioria dos professores expressou uma visão científica do conceito, mostrando que estes fazem uma boa distinção entre o senso comum e a visão científica.

Os resultados encontrados na análise das respostas dos professores diferem bastante dos resultados dos alunos. Observamos que a maioria dos professores expressou uma visão científica do conceito, mostrando que estes fazem uma boa distinção entre o senso comum e a visão científica. Entre as visões científicas encontradas, grande parte diferenciava elemento de substância e material e apresentava definições a partir da visão microscópica da matéria. Como concepções informais, identificamos apenas uma categoria – *Não faz distinção entre substância e materiais* (85,71%) –, à qual atribuímos uma origem sensorial. Considerando que essa concepção também foi encontrada nas respostas dos alunos, temos um forte indício de que esse tipo de concepção pode ser reforçada no contexto escolar. Além disso, também encontramos alguns professores que classificam as substâncias como homogêneas e heterogêneas, remetendo à ideia de mistura. Com isso, podemos apontar esta como uma possível razão pela qual esse modo de pensar é encontrado com alta frequência entre os alunos como apontado na literatura (Vogelezang, 1987; Papageorgio; Sakka, 200la; Soares; Aguiar, 2008, entre outros).

É importante ressaltar que o fato de alguns professores apresentarem concepções informais pode ser devido a uma reflexão limitada sobre o seu próprio conhecimento químico. Muitas vezes, isso ocorre devido à ausência de uma abordagem apropriada a esse conceito ao longo da formação, inclusive acadêmica. No contexto escolar, é importante que o professor tenha consciência de que os alunos apresentam essa diversidade de concepções informais, pois elas emergem em sala de aula e podem interferir no processo de ensino-aprendizagem. Se não forem bem discutidas, concepções informais podem ser criadas ou reforçadas no contexto escolar.

Concepções informais dos professores e alunos

Observamos que tanto os professores como os alunos apresentaram um pensamento heterogêneo com respeito ao conceito de substância, expressando diferentes modos de pensar. De acordo com os Quadros 1 e 2, percebemos que os alunos exprimiram um maior número de modos de pensar, que incluem maior variedade de ideias informais, enquanto que os professores expressaram diferentes modos de pensar o conceito em uma visão científica. Podemos visualizar melhor esse resultado quando classificamos as concepções em científicas e informais. Apenas um modo de pensar caracterizado como informal foi identificado entre os professores, enquanto que entre os alunos foram identificados dois tipos de concepções científicas como mostra o Quadro 3 em uma síntese dos resultados.

Consideramos como concepções científicas aquelas que circulam no contexto escolar e são compartilhadas, de alguma forma, pela comunidade científica, sem nos adentrarmos em uma discussão ontológica ou epistemológica. As outras concepções diferentes daquelas do primeiro grupo, foram classificadas como alternativas ao conhecimento científico, ou seja, concepções informais.

Quadro 2: Frequência das formas de pensar em relação ao número de professores.

Nº da categoria	Tipo de concepção	Percentual de professores
1	Relaciona substância a elementos químicos – visão microscópica	71,42%
2	Faz distinção entre substância e materiais (misturas)	57,14%
3	Define substância a partir da sua classificação (simples e composta)	14,28%
4	Não faz distinção entre substância e materiais (mistura)	85,71%
5	Relaciona substância com propriedades macroscópicas	57,14%

Quadro 3: Concepções científicas x Concepções informais.

CONCEPÇÕES CIENTÍFICAS	CONCEPÇÕES INFORMAIS		
	CATEGORIA	ORIGEM	IDENTIFICADO EM...
Relaciona substância a elementos químicos – visão microscópica	Não faz distinção entre substância e elemento químico ou material	Sensorial	Professores e alunos
Define substância a partir da sua classificação (simples e composta)	Aponta a utilidade ou importância das substâncias	Cultural	Alunos
Relaciona substância com propriedades macroscópicas - associa substância com suas propriedades	Define substância a partir dos estados físicos	Escolar	Alunos
Faz distinção entre substância e materiais (misturas)	Relaciona substância como a ocorrência de fenômenos químicos	Sensorial	Alunos
	Generaliza a percepção de substância (está presente em tudo)	Cultural	Alunos

A diferença entre os modos de pensar entre os dois grupos analisados pode nos dar indícios de que os professores apresentam uma compreensão científica mais ampla do conceito, diferentemente da ideia de dispersão de ideias que constatamos nas respostas dos alunos. Acreditamos que esses diversos modos de pensar de origem cultural e sensorial chegam à sala de aula porque essas concepções ganham sentido dentro dos contextos de origem, fazendo com que os alunos levem tais ideias para a sala de aula (talvez pela expectativa de que essas ideias conseguirão explicar os fenômenos também no contexto científico). Quando isso acontece, nem sempre é dado um tratamento adequado a essas concepções de forma a contribuir para a compreensão do conceito científico. Essa discussão nos remete à teoria do perfil conceitual (Mortimer, 2000; Silva; Amaral, 2013), em que são considerados os diversos modos de pensar de um indivíduo, que podem ganhar sentido em contextos específicos.

Considerações finais

A análise das concepções neste trabalho possibilitou a verificação de que o conceito de substância comporta vários modos de pensar tanto para alunos como para professores. Verificamos que esses vários modos de pensar o conceito de substância aparecem nas respostas de um mesmo aluno/professor, ratificando a heterogeneidade do pensamento para um único indivíduo.

Em geral, não há a consciência sobre essa diversidade de concepções e isso faz com que, nas situações de aprendizagem, o aluno não saiba situar as ideias científicas com relação às suas concepções informais, remetendo-as aos contextos específicos nos quais elas encontram sentido ou significado.

Por fim, percebemos que as ideias informais expressas pelo aluno, muitas vezes, são provenientes de uma discussão limitada na sala de aula (ou ausência dela), ou seja, como parte de um processo de reprodução irrefletida de um conhecimento que se legitima no contexto escolar, o que pode ser um fator constitutivo de ideias informais de origem escolar. Além disso, foi possível identificar entre os alunos concepções de origem sensorial e cultural.

Acreditamos que, diante dos resultados aqui expostos, devemos pensar em novas perspectivas para o ensino, não só do conceito de substância, mas de outros conceitos científicos. Primeiramente, seria importante que os professores estivessem atentos à heterogeneidade de modos de pensar dos alunos e às diferentes concepções que podem emergir na discussão em sala de aula. Uma vez reconhecendo essas concepções, seria também importante tentar articular tais ideias com o conhecimento científico, admitindo os sentidos que cada concepção pode adquirir em determinados contextos.

Diante do exposto, ressaltamos a importância de uma formação conceitual ampla por parte dos professores em seus cursos de formação inicial. Na sala de aula do ensino médio, o professor deverá estar pronto para trabalhar com a diversidade de concepções informais que os alunos apresentam, tendo atenção em discuti-las sem necessariamente buscar mudanças conceituais. Dessa forma, o processo de ensino-aprendizagem deverá ser visto como uma incorporação de novos significados àqueles já existentes nos alunos, fazendo com que estes tenham consciência do que se enquadra ou não em uma visão científica e dos sentidos atribuídos às devidas concepções em contextos específicos.

Agradecimentos

À CAPES, pelo financiamento, e aos professores e alunos que contribuíram para a pesquisa.

João Roberto Ratis Tenório da Silva (joaotenorio@uast.ufrpe.br), mestre em Ensino de Ciências (Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE), doutorando em Psicologia Cognitiva (UFPE), é professor assistente da UFRPE. Serra Talhada, PE – BR. **Edenia Maria Ribeiro do Amaral** (edsamaral@uol.com.br), doutora em Educação (UFMG), é professora adjunta do Departamento de Química (UFRPE). Recife, PE – BR.

Referências

AMARAL, E.M.R.; MORTIMER, E.F. Un perfil conceptual para entropia y espontaneidad: una caracterizacion de lãs formas de pensar y hablar en el aula de química. *Educacion química*, n. 3, 60-75, 2004.

ARAÚJO, D.X.; SILVA, R.R.; TUNES, E. O conceito de substância química apreendido por alunos do ensino médio. *Química Nova*, v. 01, n. 18, 80-90, 1994.

BACHELARD, G. *A formação do espírito científico*. Rio de Janeiro: Contraponto,1996.

CACHAPUZ, A. et al. (Orgs.). *A necessária renovação do ensino das ciências*. São Paulo: Cortez, 2005.

CACHAPUZ, A.; PRAIA, J.; JORGE, M. *Ciência, educação em ciência e ensino das ciências*. Lisboa: Ministério da Educação, 2002.

CARVALHO, A.M.P. Critérios estruturantes para o ensino das ciências. In: _____. (Org.). *Ensino de ciências* – unindo a pesquisa e a prática. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.

COUTINHO, F.A. *Construção de um perfil conceitual de vida*. 2005. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005.

COUTINHO, F.A.; MORTIMER, E.F.; EL-HANI, C.N. Construção de um perfil conceitual para o conceito biológico de vida. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 12, n. 1, p. 115-137, 2007.

JOHNSON, P. Children's understanding of substances, part 1: recognizing chemical change. *International Journal of Science Education*, 22: 7, 719-737, 2000.

LOVERUDE, M. Do students conceptualize energy as a material substance? *Physics Education Research Conference 2002*. Part of the PER Conference series Biose. Idaho, 2002.

MORTIMER, E.F. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos? *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 1, p. 20-39, 1996.

_____. *Linguagem e formação de conceitos no ensino de ciências*. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2000.

NÚÑEZ, I.B.; RAMALHO, B.L. (Org.). *Fundamentos do ensino-aprendizagem no novo ensino médio*: das ciências naturais e matemática. Porto Alegre: Sulina, 2004.

OLIVEIRA, R.J. O mito da substância. *Química Nova na Escola*. São Paulo, v. 1, n. 1, p. 8-11, 1995.

PAPAGEORGIOU, G.; SAKKA, D. Primary school teachers' views on fundamental chemical concepts. *Chemistry education*: research and practice in Europe. v. 1, n. 2, p. 237-247, 2000.

PARTINGTON, J.R. *A short history of chemistry*. 3. ed. New York: Dover, 1989.

POSNER, G.J.; STRIKE, K.A.; HEWSON, P.W.; GERTZOG, W.A. Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. *Science Education*, n. 66, v. 2, p. 211-227, 1982.

POZO, J.I.M.; CRESPO, M.A.G. *Aprender y enseñar ciência*: del conocimiento cotidiano al conocimiento científico. Madrid: Morata, 1998.

SILVA, J.R.R.T.; AMARAL, E.M.R. Proposta de abordagem para o ensino de reações químicas a partir da noção de perfil conceitual. In: ALBUQUERQUE, U.P.; VERAS, A.S.C.; FREIRE, F.J.; LIRA JR., M.A. (Orgs.). *Caminhos da ciência*. v. 1. Recife: EDUFRPE, 2006.

_____. Identificando diferentes formas de pensar sobre substância associadas a diferentes contextos In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO DE CIÊNCIAS, 7., 2009. *Anais...* Florianópolis, 2009.

_____. Proposta de um perfil conceitual para substância. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*. v. 13, n. 3, 2013.

SILVEIRA, M.P. *Uma análise epistemológica do conceito de substância em livros didáticos de 5ª a 8ª* séries do ensino fundamental. 2003. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

SOARES, N.; 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. 2, 2008.

VIGGIANO, E.; MATTOS, C.R. É possível definir contextos de uso de zonas de perfil conceitual com um questionário? In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO DE CIÊNCIAS, 6., 2007. *Atas...* Bauru: ABRAPEC, 2007.

VEER, R.V.D.; VALSINER, J. *Vygotsky*: uma síntese. São Paulo: Loyola, 1999.

VOGELEZANG, M.J. Development of the concept 'chemical substance' – some thoughts and arguments. *International Journal of Science Education*, 9:5, 519-528, 1987.

YIP, D.Y. Teachers' misconceptions on the circulatory system. *Journal of Biological Education*, 32, 1.

Para saber mais

BACHELARD, G. O não substancialismo: os pródromos de uma química não lavoisieriana. In: _____. *A filosofia do não*. São Paulo: Abril Cultural, 1984. (Coleção os pensadores).

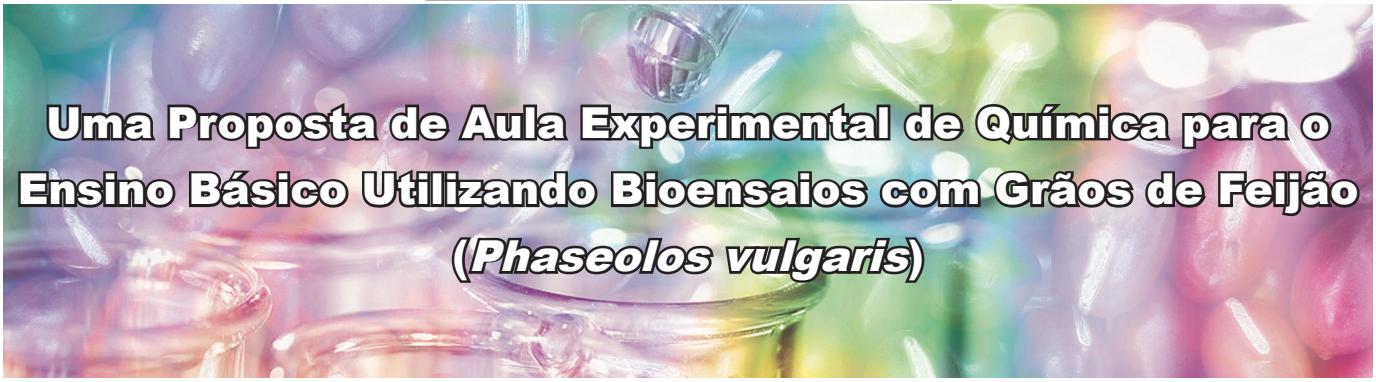
KATO, D.S.; KAWASAKI, C.S. O significado pedagógico da contextualização para o ensino de ciências: análise dos documentos curriculares oficiais e de professores. *Ciência & Educação*, v. 17, n. 1, 2011.

LAMBACH, M.; MARQUES, C.A. O conceito de substância: uma construção histórica a partir de diversos estilos de pensamento. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO DE CIÊNCIAS, 8., 2011. *Atas...* Campinas, 2011.

Abstract: *Conceptions on Substance: Relations Between Contexts of Origin ond Possible Meanings.* For a better understanding on substance, we consider that this concept could be taught based on informal conceptions. Some informal conceptions get meaning in their origins contexts, this is one reason for that they persist even after formal instruction. In science lessons, it is important to discuss different conceptions associated to scientific concepts. This paper aimed to analyse student and teacher's conceptions on substance, identifying the nature and associated contexts for these conceptions. We applied a questionnaire to chemistry teachers and students and, after analysis of answers, we found a diversity of ways of thinking the concept of substance associated to different contexts of origin. Consequently, in learning situations, students are not able to understand scientific ideas in relation to informal conceptions.

Keywords: substance, informal conceptions, origin contexts.

 http://dx.doi.org/10.5935/0104-8899.20160012



Uma Proposta de Aula Experimental de Química para o Ensino Básico Utilizando Bioensaios com Grãos de Feijão (*Phaseolos vulgaris*)

Genicleide L. Sousa e Anderson S. M. Simões

O objetivo deste artigo é propor uma aula experimental de química para o ensino básico com abordagem interdisciplinar, sendo possível a construção de um experimento de baixo custo e de simples execução para trabalhar os conteúdos da química de modo interdisciplinar e enfatizando os conceitos fundamentais para a inserção da educação ambiental no cotidiano dos discentes. O bioensaio desenvolvido teve como objetivo verificar a toxicidade de soluções aquosas de detergentes em diferentes concentrações, e os efeitos foram avaliados em relação à inibição da germinação do grão de feijão (*Phaseolos vulgaris*). Nos testes realizados, foram obtidos resultados similares, sendo verificado que, para todas as soluções de detergente utilizadas, houve uma inibição na germinação dos grãos de feijão, comprovando o efeito tóxico da solução-teste.

▶ ensino de química, educação ambiental, bioensaios de toxicidade ◀

Recebido em 29/06/2014, aceito em 30/01/2015

Os problemas ambientais têm sido amplamente discutidos nos últimos tempos pelos diversos segmentos da sociedade. A interferência humana vem causando sérios impactos ao meio ambiente, fazendo com que a poluição da água, do solo e da atmosfera seja discutida na comunidade acadêmica e na educação básica (Mozeto; Jardim, 2002).

São muitos os fatores da destruição contínua do meio ambiente, sendo de extrema importância a inserção da educação ambiental na escola tanto no ensino fundamental quanto no ensino médio, de modo a promover uma conscientização ambiental nos discentes (Freitas, 2009). Na realidade em que eles estão inseridos, há uma exigência para que o aluno tenha competência de avaliar, julgar e adotar uma postura pela qual seja responsável e possa ser responsabilizado (Lima, 2013).

[...] o presente trabalho desenvolveu uma metodologia alternativa para o ensino de química na educação básica, de forma que o conteúdo da disciplina seja abordado de modo interdisciplinar, enfatizando os conceitos fundamentais para a inserção da educação ambiental no cotidiano dos discentes.

Dessa forma, a realização de aulas experimentais utilizadas na educação básica, de modo demonstrativo ou com roteiros preestabelecidos (Massena; Guzzi Filho; Sá, 2013), pode ser uma estratégia eficiente na contextualização do ensino e no desenvolvimento de um discente estimulado e preocupado com a sociedade (Guimarães, 2009).

O ensino tradicional é muito criticado por colocar o discente como sujeito passivo na aprendizagem, transformando-o em um simples receptor de informações repassadas pelo professor (Guimarães, 2009). A inserção de atividades práticas no ensino de química tenta desmistificar o ensino e ampliar o contato do estudante com os fenômenos químicos, permitindo a este a construção de seus próprios conhecimentos por meio de suas próprias observações, lógicas e linguagens (Santos; Marques; Santos, 2010).

Na perspectiva de inserir essa problemática no ensino, o presente trabalho desenvolveu uma metodologia alternativa para o ensino de química na educação básica, de forma que o conteúdo da disciplina seja abordado de modo interdisciplinar, enfatizando os conceitos fundamentais para a inserção da educação ambiental no cotidiano dos discentes.

A seção "Experimentação no ensino de Química" descreve experimentos cuja implementação e interpretação contribuem para a construção de conceitos científicos por parte dos alunos. Os materiais e reagentes usados são facilmente encontráveis, permitindo a realização dos experimentos em qualquer escola.

Segundo Matsunaga (2006), entre a educação ambiental e a química, existe uma relação intrínseca, visto que, para entender a problemática ambiental e propor soluções, precisam-se investigar as causas e a química pode ser utilizada na explicação dos danos provocados ao meio ambiente e nas tentativas de solucioná-los, considerando o ambiente da sala de aula um espaço favorável a essa conscientização.

O experimento proposto é um bioensaio utilizando grãos de feijão (*Phaseolos vulgaris*) como organismo-teste, e a sugestão é avaliar os efeitos tóxicos causados a estes quando expostos a soluções de detergente em diferentes concentrações.

Dessa forma, utilizar situações para análise dos impactos ambientais é uma característica da interdisciplinaridade da educação ambiental, contribuindo para o ensino e despertando nos discentes a consciência da importância da química (Vaistsman; Vaistsman, 2006).

Contaminantes ou poluidores emergentes são substâncias tóxicas cujos resultados ou a presença no ambiente são ainda pouco conhecidos. O termo emergente é relativo à aflição que essas substâncias têm ocasionado à luz dos novos saberes obtidos a respeito dos seus impactos verdadeiros e potencialidades à saúde humana e do meio ambiente (Moreira; Gonçalves, 2011).

Os possíveis contaminantes emergentes abarcam um grande número de produtos utilizados no cotidiano da sociedade, seja de aplicação doméstica ou industrial. Estudos recentes apontam preocupação para alguns tipos de contaminantes, tais como: detergentes perfluorados e produtos farmacêuticos. Apesar do conhecimento sobre os riscos que sua presença causa ao meio ambiente, ainda não existem dados satisfatórios para garantir seus impactos, apesar de alguns pesquisadores relatarem que a exposição a esses contaminantes podem promover alterações no desenvolvimento, crescimento, reprodução e conduta dos seres vivos (Barceló; López, 2007).

Os detergentes domésticos são surfactantes tensoativos, os quais são compostos que apresentam comportamento anfifílico, isto é, têm duas áreas, hidrofóbica e hidrofílica. A área hidrofóbica é formada por cadeias alquílicas ou alquilfenílicas, contendo de 10 a 18 átomos de carbono. A parte hidrofílica é composta por grupos iônicos ou não iônicos ligados à cadeia carbônica. Diante dos problemas ambientais, os tensoativos aniônicos vêm sendo um componente monitorado, principalmente o alquilbenzeno sulfonato linear (LAS), devido ao seu elevado consumo mundial (Penteado; El Seoud; Carvalho, 2006).

Para analisar os possíveis danos, são realizados ensaios de toxicidade que, segundo Azevedo e Chasin (2003 *apud* Maluf, 2008), são testes laboratoriais que analisam, sob condições específicas e controladas, os efeitos causados aos organismos-teste por meio da exposição destes às várias concentrações da substância potencialmente tóxica.

Os testes de toxicidade podem ser classificados em dois tipos: agudo ou crônico (Costa et al., 2008). Fundamentam-se na exposição de organismos-teste, por certo tempo, a substâncias em diversas concentrações, objetivando analisar as implicações sobre comportamento, crescimento, bem como mutações ou morte (Vaz, 2004 *apud* Fantin et al., 2009). O resultado dos ensaios depende da qualidade do organismo-teste, por isso, é indicado selecionar os mais sensíveis dentro dos grupos de organismos biológicos (Fantin et al., 2009).

Entre os diversos organismos que podem ser utilizados em bioensaios, as plantas têm mostrado ótimos resultados devido à sua sensibilidade. Uma vez que são facilmente armazenadas e apresentam simplicidade no seu desenvolvimento, as sementes de plantas podem ser consideradas bons organismos-teste, tendo em vista que geralmente germinam de modo rápido, sofrendo alterações fisiológicas que as tornam bem suscetíveis a interferências ambientais (Wang; Freemark, 1995).

A utilização dos grãos de feijão fundamenta-se em estudos que destacam vantagens em utilizar as plantas como organismo-teste para bioensaios como, por exemplo, a viabilidade econômica, por serem testes de baixo custo; a facilidade de perceber como os organismos reagem aos efeitos tóxicos; e por apresentarem conexão com os bioensaios que têm animais como organismo-teste, sendo possível fundamentar os resultados de ensaios com plantas para outros seres vivos (Fiskesjö, 1985).

O experimento desenvolvido devido à simplicidade na execução torna-se uma ferramenta útil para um ensino de química interdisciplinar, considerando que a germinação do feijão está presente no cotidiano do aluno e pode ser estudada correlacionando conceitos da química e da biologia, entre outras áreas do saber.

Metodologia

- Materiais utilizados

Detergente comum; recipiente de medida com volume de 500 mL; seringa sem agulha; copos plásticos descartáveis; garrafas plásticas descartáveis; grãos de feijão (*Phaseolos vulgaris*); algodão; água.

- Montagem do experimento

Preparar as soluções aquosas por dissolução de detergente comum em água da torneira em cinco concentrações diferentes: 0,2%, 0,4%, 0,6%, 0,8% e 1,0% (v/v). Transferir o detergente com o auxílio de uma seringa para um copo de medida e completar com água até o volume necessário à concentração desejada para solução. Acondicionar as soluções preparadas em temperatura ambiente em recipientes plásticos (garrafas plásticas descartáveis) (Figura 1a). Como solução controle negativo, utilizar água da torneira.

Rotular os copos plásticos descartáveis com a concentração da solução de detergente; colocar um chumaço de algodão comercial em cada copo; posteriormente umedecer com 3 mL da solução-teste; e semear com um grão de feijão (*Phaseolos vulgaris*). Realizar os testes em triplicata para cada concentração da solução-teste e para a solução controle negativo (água da torneira) (Figura 1b).

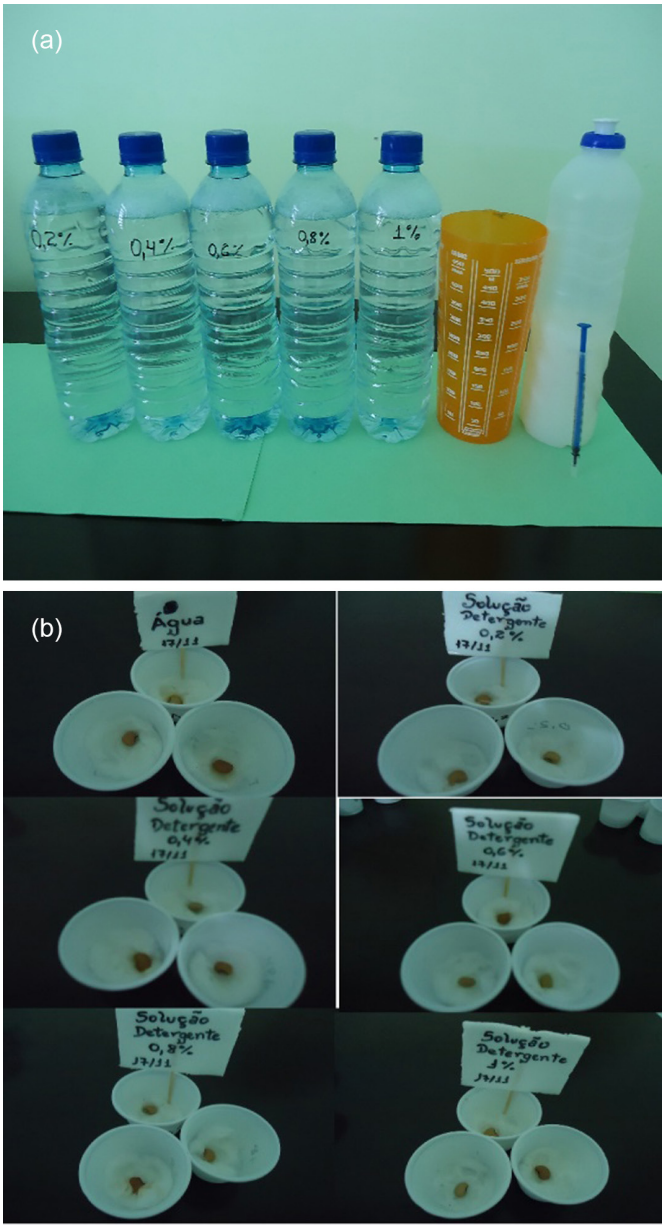


Figura 1: Montagem do experimento: (a) preparação da solução-teste; (b) semeadura dos grãos.

Manter os recipientes com grãos de feijão em local arejado, expostos à luz solar, durante um período de sete dias. Nesse período, acompanhar o desenvolvimento da germinação dos grãos e, quando necessário, umedecer o algodão com a solução-teste de forma que esteja sempre úmido e ter cuidado para não encharcá-lo. Em cada copo plástico descartável utilizado, colocar apenas um grão para evitar competição entre os grãos, já que o espaço dentro do copo é reduzido.

Resultados e discussões

Os resultados dos ensaios de toxicidade com o grão de feijão foram semelhantes na maioria dos tratamentos com a solução-teste, sendo visível o efeito tóxico da solução aquosa de detergente na germinação do grão, o que indica a toxicidade das soluções analisadas.

No 1º dia, os grãos de feijão foram embebidos e expostos à luz solar para que começasse o desenvolvimento. Ao final do 3º dia, na maior parte das amostras, houve a quebra do tegumento (casca do grão) e eclosão do grão (Figura 2a). Durante o 3º e o 5º dia, algumas amostras já exibiam as radículas, sendo que, nas amostras de soluções-teste de qualquer concentração, pôde-se observar que apresentavam indícios de toxicidade, pois na ponta de suas radículas era visível uma coloração escura (Figura 2b).

Entre o 5º e 7º dia de experimento, foi observado que os grãos de feijão, para todas as concentrações da solução-teste estudadas, tiveram suas radículas atrofiadas até chegarem à morte, sendo observada a inibição do desenvolvimento da raiz e do hipocótilo, não sendo concretizada sua germinação (Figura 3).

Apesar de os efeitos tóxicos terem sido observados para todas as concentrações analisadas, aconteceu uma situação anômala na realização do ensaio das séries de amostras da solução-teste na concentração de 0,2% e 0,4%, já que um grão de feijão não eclodiu em cada série, podendo apresentar como causa a qualidade do grão, que internamente pode apresentar alguma deficiência, impossível de ser detectada visualmente.

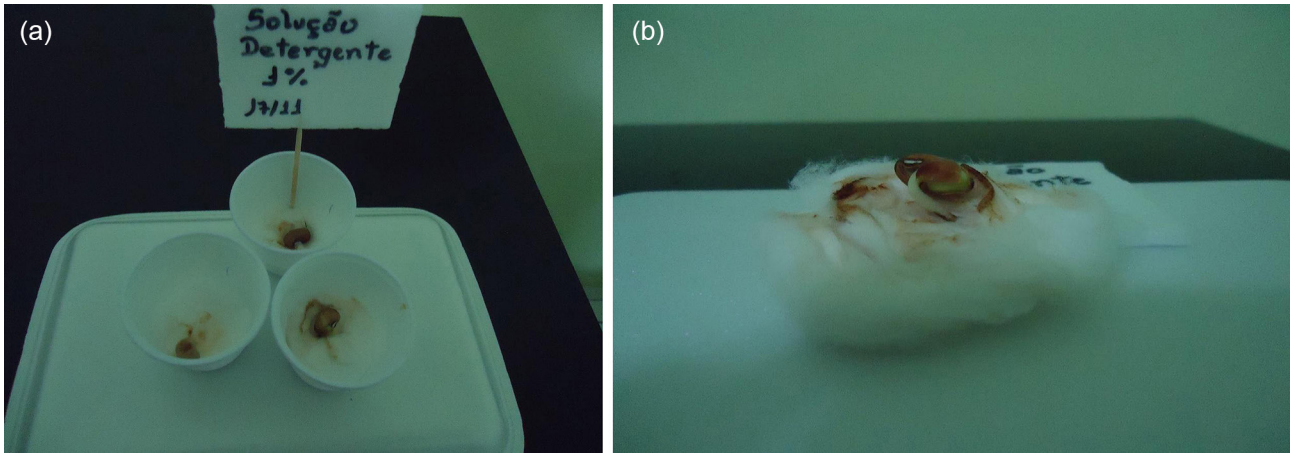


Figura 2: Etapas da germinação: (a) eclosão do grão de feijão (*Phaseolos vulgaris*) no 3º dia do experimento; (b) indícios de toxicidade nas radículas do grão de feijão (*Phaseolos vulgaris*) no 5º dia do experimento.

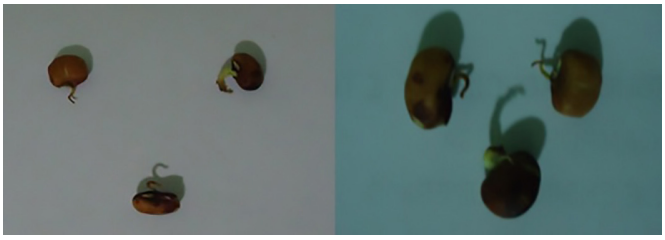


Figura 3: Etapas da germinação: atrofiamento e morte dos grãos no 7º dia de experimento.

Segundo Bewley e Black (1994 *apud* Fantin; Perez, 2004), a etapa inicial da germinação ocorre com a embebição da semente. Tal etapa está relacionada com a característica química do grão, com as propriedades do tegumento, com as condições de temperatura a que está submetido e com a qualidade da água.

O detergente utilizado é composto pelo tensoativo aniônico LAS, que é constituído de homólogos e isômeros de posição de cadeias alquiladas lineares, variando de C_{10} a C_{16} com predominância de C_{10} a C_{13} (Figura 4), apresentando uma estrutura que pode afetar a biodegradação de LAS (Penteado; El Seoud; Carvalho, 2006).

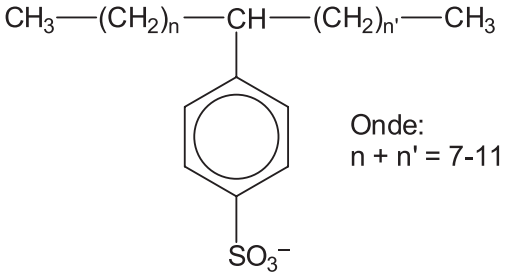


Figura 4: Estrutura molecular do LAS.

Dessa forma, os detergentes domésticos possuem esses compostos que, ao entrar em contato com a radícula, diminui a capacidade de absorção de nutrientes a partir das raízes, afetando o desenvolvimento normal da planta. A presença de fosfatos e nitratos nos detergentes pode ser fator que afeta a germinação do grão, considerando que, em excesso, estes podem ser tóxicos.

No tratamento dos grãos com a água da torneira como solução controle, foi verificado que os grãos utilizados em todos os experimentos germinaram completamente (Figura 5).

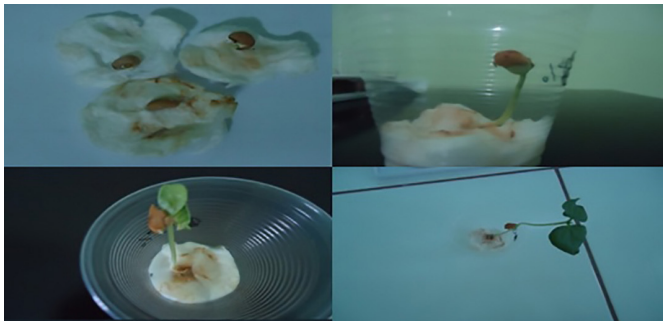


Figura 5: Germinação do grão de feijão (*Phaseolos vulgaris*) com água de torneira como solução controle.

Conclusões

Os resultados obtidos no bioensaio com grãos de feijão (*Phaseolos vulgaris*) possibilitaram verificar os efeitos tóxicos que o detergente pode causar aos seres vivos e, apesar de ser um teste com materiais alternativos, mostrou-se adequado para a avaliação da toxicidade da amostra estudada.

Incorporando os conceitos de química e situações do cotidiano, é possível elaborar experimentos didáticos relevantes e interdisciplinares, sem ser necessário o uso de laboratórios e vidrarias, apenas utilizando materiais encontrados na residência do discente.

A partir da metodologia desenvolvida, foi possível produzir um roteiro para uma aula prática que poderá ser utilizada no ensino médio e/ou fundamental e que contribuirá para os discentes com os conhecimentos sobre o impacto da poluição ao meio ambiente, com a construção de uma consciência para a educação ambiental e correlacionando conceitos da química e da biologia.

Genicleide Limeira de Sousa (genicleide2@hotmail.com), graduada em licenciatura em Química (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba – IFPB), é assistente em Administração do IFPB. Sousa, PB – BR. **Anderson Savio de Medeiros Simões** (anderson_savio@hotmail.com), graduado em Farmácia e Química (Universidade Federal da Paraíba – UFP), mestre e doutor em Química (UFP), é professor adjunto nível I da Faculdade Anglo Americano JP e professor efetivo nível D do IFPB. Sousa, PB – BR.

Referências

BARCELÓ, D.; LÓPEZ, M.J. Contaminación y calidad química del agua: el problema de los contaminantes emergentes. *Panel Científico-Técnico de seguimiento de la política de aguas*. Instituto de Investigaciones Químicas y Ambientales-CSIC, 2007.

FANTI, S.C.; PEREZ, J.G.A. Processo germinativo de sementes de paineira sob estresses hídrico e salino. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 39, p. 903-909, 2004.

COSTA, C.R. et al. A toxicidade em ambientes aquáticos: discussão e métodos de avaliação. *Química Nova*, v. 31, n. 7, p. 1820-1830, 2008.

FANTIN, A.C.M.; FREITAS, D.P.C.; FAGNANI, G.F.; LAPA, T.C.M.A. Teste de sensibilidade em sementes de rúcula (*Eruca sativa*) e alface (*Lactuca sp*) em contato com diferentes concentrações do pesticida glifosato. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE MEIO AMBIENTE DA AUGM, 6., 2009, São Carlos. *Anais...* Disponível em: <http://www.ambiente-augm.ufscar.br/uploads/A3-050.pdf>. Acesso em: 17 set. 2013.

FISKESJÖ, G. The Allium test as a standard in environmental monitoring. *Hereditas*, v. 102, n. 1, p. 99-112, 1985.

FREITAS, G.P. *Poluição dos solos na educação ambiental como tema transversal no ensino de química*. 2009. 39 p. Monografia (Graduação) - Licenciatura Plena em Química), Centro de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2009.

GUIMARÃES, C.C. Experimentação no ensino de química: caminhos e descaminhos rumo à aprendizagem significativa. *Química Nova na Escola*, v. 31, n. 3, p. 198-202, ago. 2009.

LIMA, J.O.G. Do período colonial aos nossos dias: uma breve história do ensino de química no brasil. *Revista Espaço Acadêmico*, UEM, v. 12, p. 71-79, 2013.

MALUF, C. *Avaliação toxicológica da água do córrego da subbacia da UFSC utilizando Daphnia magna como organismos-teste*. 2008. 61 p. Monografia (Graduação) – Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

MASSENA, E.P.; GUZZI FILHO, N.J.; SA, L.P. Produção de casos para o ensino de química: uma experiência na formação inicial de professores. *Química Nova*, v. 36, n. 7, p. 1066-1072, 2013.

MATSUNAGA, R.T. *Educação ambiental no ensino de química*: criando trilhas em uma escola pública do DF. 2006. 184 p. Dissertação (Mestrado) - Ensino de Ciências, Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

MOREIRA, J.C.; GONÇALVES, E.S. *Contaminantes emergentes*. 2011. Disponível em: <http://www.abq.org.br/rqi/2013/738/RQI-738-pagina4-Contaminantes-Emergentes.pdf>. Acesso em: 07 jan. 2014.

MOZETO, A.A.; JARDIM, W.F. A química ambiental no Brasil. *Química Nova*, v. 25, Supl.1, p. 7-11, 2002.

PENTEADO, J.C.P.; EL SEOUD, O.A.; CARVALHO, L.R.F. Alquilbenzeno sulfonato linear: uma abordagem ambiental e analítica. *Química Nova*, v 29, n. 5, p. 1038-1046, 2006.

SANTOS, W.F.; MARQUES, D.I.D.; SANTOS, M.S.F. Formação continuada de professores de química: práticas experimentais e jogos lúdicos como alternativa metodológicas. In: ENCONTRO DE EXTANSÃO DA UFPB, 12., 2010. *Anais*... Bananeiras: UFPB, 2010.

VAITSMAN, E.P.; VAITSMAN, D.S. *Química & meio ambiente*: ensino contextualizado. Rio de Janeiro: Interciência, 2006.

WANG, W.; FREEMARK, K. The use of plants for environmental monitoring and assessment. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 30, p. 289-301, 1995.

Abstract: *A Proposal of Experimental Chemistry Class for Basic Education Using Bioassays with Grains of Bean* (Phaseolos vulgaris). The purpose of this article is to propose an experimental class of chemistry to basic education, with an interdisciplinary approach, making it possible to build a low-cost experiment and simple execution, to work the Chemical content in an interdisciplinary mode, emphasizing the fundamental concepts for the integration of environmental education in the daily life of the students. The bioassay developed aimed to verify the toxicity of aqueous solutions of detergents in different concentrations and effects were assessed in relation to the inhibition of the germination of bean (*Phaseolos vulgaris*). In tests conducted similar results were obtained, it was verified that for all detergent solutions used, there was an inhibition on the germination of the grains of beans proving the toxic effect of test solution.
Keywords: Teaching of Chemistry; Environmental Education; Toxicity bioassays.

A Experimentação na Docência de Formadores da Área de Ensino de Química

The experimentation in teaching trainers of the chemistry teaching area

Fábio Peres Gonçalves e Carlos Alberto Marques

Resumo: Investigou-se, com formadores de professores atuantes em componentes curriculares da área de ensino de química, como a docência na licenciatura em química pode contribuir para a aprendizagem sobre a experimentação no ensino de ciências. Pretende-se colaborar na caracterização de possibilidades metodológicas para a abordagem da experimentação, na qualidade de um conteúdo da formação inicial de professores de ciências da natureza. A pesquisa se fundamentou, em parte, em pressupostos do educador brasileiro Paulo Freire, dos quais se originaram categorias *a priori* de análise. Foram realizadas entrevistas semiestruturadas com cinco formadores de professores atuantes em componentes curriculares da área de ensino química de diferentes cursos de licenciatura em química brasileiros. A análise das informações qualitativas foi conduzida pelos procedimentos da análise textual discursiva. Com isso, apontou-se, por exemplo, a presença de situações-limite que influenciam no processo de disseminação e apropriação de assuntos relacionados às atividades experimentais na formação inicial de professores de química. De modo que se faz relevante a problematização da experimentação em tal processo formativo como forma de enfrentar as situações-limite. Sinaliza-se também a necessidade de problematizar contradições nos conhecimentos e nas ações dos participantes da formação inicial, quais sejam, formadores das componentes curriculares de conteúdos específicos e integradoras e licenciandos. Face ao exposto nas análises, destaca-se que o relatado pelos formadores aponta, em certa medida, maneiras de abordar as atividades experimentais e que pode colaborar para favorecer a problematização das atividades experimentais na formação inicial de professores de química.

Palavras-chave: experimentação, formação de professores de química, docência na educação superior, Paulo Freire

Abstract: It was investigated, along with trainers of teachers working in curriculum components of chemistry teaching area, how the teaching degree in chemistry can contribute to learning about experimentation. It is intended to assist in the characterization of the methodological possibilities to the experimentation approach, in the quality of content in the initial training of natural science teachers. The research was based partly on assumptions of the Brazilian educator Paulo Freire which originated *a priori* categories of analysis. Semi-structured interviews were conducted with five trainers of teachers working in curriculum components of chemistry teaching area from different degree courses in chemistry. The analysis of qualitative information was conducted by the procedures of discursive textual analysis. With this was pointed out, for example, the presence of limit-situations that influence in the dissemination process and ownership of issues related to experimental activities in the initial chemistry teacher training. So is relevant the questioning of the trial in such a formative process as a way to cope with limit-situations. It also signals the need to discuss contradictions in knowledge and actions of participants in the initial teacher training, namely, trainers of the curriculum components of specific and integrated undergraduate with the content. Given the above in the analysis, stands out that what was reported by trainer's points, in a certain way, ways to approach the experimental activities and that may contribute to foster the problematization of the trial in the initial chemistry teacher training.

Keywords: experimentation, chemistry teacher training, teaching in higher education, Paulo Freire.

Fábio Peres Gonçalves (fabio.pg@ufsc.br), licenciado em Química (Universidade Federal do Rio Grande – FURG), mestre e doutor pela Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica (PPGECT) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), é docente do Departamento de Química e do PPGECT da UFSC. Florianópolis, SC – BR. **Carlos Alberto Marques** (carlos.marques@ufsc.br), licenciado, bacharel e mestre em Química (UFSC), doutor em Ricerche in Scienze Chimiche (Universita degli Studi di Venezia – Itália), é docente do Departamento de Metodologia de Ensino e do PPGECT da UFSC. Florianópolis, SC – BR.
Recebido em 17/12/2014, aceito 09/12/2015

Pesquisas em ensino de ciências têm contribuído para caracterizar, direta ou indiretamente, compreensões sobre experimentação de participantes de cursos de educação superior em ciências da natureza (Antúnez; Pérez; Petrucci, 2008; Grandini; Grandini, 2004; Hirvonen; Viiri, 2002; Afonso; Leite, 2000). Esses trabalhos auxiliam, por exemplo, na construção de um quadro teórico das compreensões de licenciandos e formadores acerca do papel das atividades experimentais no ensino. Depreende-se dos resultados das investigações que as visões concernentes às atividades experimentais se encontram arraigadas em um entendimento empírico-indutivista de ciência. Assim, a obtenção de tal quadro teórico pode colaborar para que os formadores possam prever conhecimentos dos seus alunos relativos à experimentação e estruturar atividades que possibilitem problematizar tais conhecimentos. Em outras palavras, essas investigações podem favorecer melhor abordagem didática dos formadores em torno das atividades experimentais no ensino de ciências.

De outra parte, a experimentação na qualidade de um conteúdo da formação docente tem sido inexplorada em relevantes obras sobre atividades experimentais no ensino de ciências como aquelas organizadas por Psillos e Niedderer (2002) e Wellington (1998). Analogamente, ressalta-se o caráter incipiente da pesquisa em torno da docência na educação superior em química/ciências da natureza e do desenvolvimento profissional dos formadores de professores de ciências da natureza nos contextos brasileiro (Francisco; Queiroz, 2008; Brzezinski, 2006; Schnetzler, 2002) e internacional (Campanario, 2003). Ainda assim, evidencia-se que a prática de formadores de professores atuantes em componentes curriculares da área de ensino de química, por exemplo, busca enfrentar aqueles entendimentos empírico-indutivistas em torno da experimentação (Silva; Schnetzler, 2005) amplamente apontados pela literatura. Por outro lado, há indicativos de que as compreensões de professores da educação superior das áreas de ciências da natureza no que concerne à ciência, ao ensino e à aprendizagem carecem de coerência epistemológica entre si (Martínez; Benarroch, 2013; Benarroch; Marin, 2011).

Diante do exposto, considera-se importante elucidar práticas de formadores de professores de ciências da natureza em torno da experimentação no ensino, na qualidade de um conteúdo da formação docente. A caracterização e a problematização dessas práticas pode ser um modo de colaborar para a abordagem das atividades experimentais na formação inicial de professores. Para tanto, desenvolveu-se uma investigação com a seguinte questão de pesquisa: de acordo com formadores de professores atuantes em componentes curriculares da área de ensino de química (metodologia de ensino de química, prática de ensino de química etc.), como a docência na licenciatura em química pode contribuir para a aprendizagem sobre a experimentação no ensino de ciências? Cabe registrar explicitamente no que esta pesquisa não se constitui, isto é, em uma análise de compreensões de formadores de professores acerca da experimentação no ensino de ciências, uma vez que isso já vem sendo vastamente discutido na literatura e não contribuiria para renovar o cenário da pesquisa a respeito das atividades experimentais, aspecto necessário como sinalizam Hofstein e Mamlok-Naaman (2007). De outra parte, avalia-se que a pesquisa sobre as atividades experimentais no contexto da formação inicial de professores de química/ciências da natureza pode colaborar para a emergência de novos resultados e problemas associados à temática da experimentação. A investigação se fundamentou parcialmente em pressupostos progressistas de educação, apresentados a seguir.

A formação docente no ensino de ciências interpretada por uma perspectiva progressista de educação

De acordo com Delizoicov (2008), desde a década de 1980, pesquisadores em ensino de ciências têm desenvolvido trabalhos com base nas ideias do reconhecido educador brasileiro Paulo Freire. É possível encontrar na literatura atual diferentes articulações entre a perspectiva de educação defendida por este e o ensino de ciências (Santos, 2009; Gehlen; Auth; Auler, 2008; Auler et al., 2005). Chama-se a atenção também para as recentes articulações do pensamento do educador com a educação superior. Exemplos disso podem ser encontrados na *Revista Lusófona de Educação* que, em 2013, lançou uma edição especial sobre o assunto.

Em relação à formação docente, particularmente, destaca-se que entendê-la sob um viés progressista de educação implica não reduzir os professores a meros aplicadores de propostas de ensino alheias e descontextualizadas como defendem as premissas da racionalidade técnica (Schnetzler, 2002). Esse viés incentiva o efetivo envolvimento docente na produção das propostas de ensino e reconhece o professor como sujeito não neutro que, ao participar de processos de formação, traz conhecimentos que ajudam a dar significados aos objetos de estudo.

Uma das possibilidades de superar as premissas da racionalidade técnica pode ser a adoção da pesquisa como princípio formativo. A relação entre ensino e pesquisa é assinalada de forma positiva por Freire (1996), que reconhece na pesquisa um modo de intervenção educativa ao docente e ao discente, incluindo situações em que ocorre a participação direta dos investigados no processo de pesquisa:

> *Dizer que a participação direta, a ingerência dos grupos* [...] *no processo de pesquisa altera a "pureza" dos resultados implica na defesa da redução daqueles grupos a puros objetos da ação pesquisadora* [...] *a pesquisa como ato de conhecimento, tem como sujeitos cognoscentes, de um lado, os pesquisadores profissionais, de outro, os grupos* [...] *e, como objeto a ser desvelado, a realidade concreta.* (Freire, 1981, p. 35)

A investigação com princípio formativo inclui uma característica importante em um processo educativo que se entende dialógico, isto é, tem na problematização a origem do conhecimento, e sua presença é essencial seja em uma pesquisa, seja em qualquer outro ato educativo. Não obstante, é necessário analisar como se caracteriza uma problematização. Não se trata de problemas com o potencial de gerar, de forma obrigatória, conhecimento academicamente original. Nas palavras de 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)*. (Freire, 1977, p. 82-83)

Nessa perspectiva, o formador não mistifica a profissão para seus aprendizes, mas a problematiza enquanto os ensina (Freire; Shor, 1986). Por isso, não cabe enaltecer a experimentação como se ela fosse, por si só, a solução dos problemas do ensino de ciências. No entanto, como assinalado por Freire e Shor (1986), determinadas características nos processos formativos, a exemplo da hierarquização política do conhecimento, podem contribuir minimamente para a problematização. Uma característica própria da racionalidade técnica é valorizar, no percurso formativo, a predominância das componentes curriculares de conteúdo específico (química orgânica, química inorgânica etc.) em relação às componentes curriculares pedagógicas/integradoras (didática das ciências, metodologia do ensino de química etc.). Além do mais, nessa perspectiva, as componentes curriculares da área de ensino se concentram mais no final do curso, com a função de incentivar, dentre outras, a aplicação descontextualizada de técnicas de ensino. Nessas condições, a racionalidade técnica favorece a hierarquia política do conhecimento na formação inicial de professores e colabora, sobremaneira, no estabelecimento e na permanência de vários problemas no desenvolvimento profissional docente, como o fato de cultivar uma prática pedagógica praticamente isenta de reflexões fundamentadas. Ou seja, pode-se afirmar que essas características da formação inicial são situações-limite que precisam ser problematizadas com a finalidade de se vislumbrar um inédito viável (Freire, 2005). Acerca das situações-limite, Freire (2005, p. 104-105) argumenta que:

> [...] *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*.

No contexto da pesquisa em ensino de ciências, Coelho (2005), por exemplo, destaca que a falta de laboratórios ao inibir a promoção de atividades experimentais pode ser caracterizada como uma situação-limite. A autora, ao mesmo tempo, sinaliza formas de enfrentá-la – exploração de materiais alternativos etc. –, o que se caracteriza como o inédito viável: aquilo que está além das situações-limite (Freire, 2005).

Em suma, de acordo com um viés progressista, a formação de professores precisa investir, em parte, na problematização que, além de favorecer a apreensão do conhecimento discente, deve fomentar a necessidade de apropriação de um conhecimento (Delizoicov, 2005) que possa contribuir para o enfrentamento de situações-limite. No entanto, a presença desses aspectos na docência dos formadores e dos professores da educação básica não é uma questão trivial.

Caminhos metodológicos

Foram desenvolvidas entrevistas semiestruturadas com cinco formadores de professores de química atuantes em componentes curriculares integradoras e cinco de conteúdo específico. Os roteiros para as entrevistas semiestruturadas com os formadores das componentes curriculares de conteúdos específicos e das integradoras foram diferentes. Os resultados vinculados à análise das entrevistas com os formadores de conteúdo específico foram publicados preliminarmente sob o mesmo referencial teórico (Gonçalves; Marques, 2013). O critério para convidá-los a participar da investigação foi o fato de terem publicado, como autor e/ou coautor, pelo menos dois artigos com propostas de experimento na seção *Educação* do periódico *Química Nova*, publicação da Sociedade Brasileira de Química. A análise dessas propostas de atividades experimentais para a educação superior em química constituiu etapa prévia da pesquisa (Gonçalves; Marques, 2011; 2012b). Mais especificamente foram analisados, por meio de artigos com propostas de experimentos de química para a educação superior, discursos pedagógicos, epistemológicos e ambientais relativos à experimentação presentes entre docentes de química atuantes nesse nível educacional. A opção por docentes com autoria e/ou coautoria ocorreu devido ao fato de se buscar sujeitos interessados na dimensão pedagógica da experimentação. Desse modo, foram identificados 38 docentes que publicaram duas ou mais vezes como autor/coautor, de modo que os 5 pesquisados representam 13% do total.

Para convidar os formadores das componentes curriculares integradoras, adotou-se um critério similar, isto é, terem algum tipo de publicação a respeito da experimentação no ensino de ciências (artigo completo em anais de eventos, artigo em revista, livro ou capítulo de livro, livro didático, palestras,

conferências e mesas redondas) como autor/coautor ou, ainda, a orientação de teses e/ou dissertações relativas ao tema. As informações sobre as publicações dos docentes foram obtidas com o auxílio da *Plataforma Lattes* do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Não foi possível utilizar como critério de convite para esses formadores a publicação de propostas de experimento na *Química Nova*, pois não publicaram artigos de tal natureza no periódico em questão ou de fundamentação teórica acerca da experimentação no ensino de ciências com intensidade semelhante a dos formadores das componentes curriculares de conteúdo específico. Estes estiveram na autoria de 102 artigos com propostas de atividades experimentais na seção *Educação* da *Química Nova* no período analisado. Por outro lado, foi inexpressiva a autoria de propostas de atividades experimentais na referida seção por parte dos formadores das componentes curriculares integradoras, o que poderia colaborar para a identificação dos entrevistados se fosse utilizado como critério para convite desses profissionais a publicação dos mencionados artigos no periódico.

Tanto no caso dos formadores das componentes curriculares integradoras quanto dos que lecionam em componentes de conteúdo específico, utilizou-se como critério para o convite o fato de suas publicações abrangerem os últimos 10 anos, considerando a data de início desta investigação. O critério de publicação se justifica pela intenção de buscar sujeitos que possuam vivência e problematizem o que se pretende conhecer (Silva; Schnetzler, 2005). Soma-se a isso o fato de esses sujeitos, em diferentes instâncias, serem difusores de discursos que, pelo menos em parte, refletem a produção da investigação em ensino de ciências acerca da experimentação. Em vista desses critérios, os professores se caracterizaram por pertencer a diferentes instituições de educação superior no Brasil. O número de docentes das componentes curriculares integradoras convidados para participar das entrevistas se baseou no número de docentes das componentes de conteúdo específico. Todos os formadores das componentes curriculares integradoras eram doutores e pesquisadores em ensino de química, sendo que três lecionavam em instituições públicas e dois, em privadas. Como já destacado, os resultados relativos à análise das entrevistas com os formadores de conteúdo específico foram publicados previamente, de modo que neste trabalho se apresenta a análise das entrevistas com os formadores das componentes curriculares integradoras. Esses profissionais atuam em diferentes componentes curriculares da área de ensino de química (estágio em química, metodologia do ensino de química etc.) de cursos de licenciatura em química. É preciso ressaltar que, na diversidade dos referidos cursos existentes no Brasil, nem sempre componentes curriculares da área de ensino de química têm formadores com doutorado nas áreas de ensino de química/ciências ou educação e que possuam a graduação em licenciatura em química ou áreas afins. Não é raro encontrar pedagogos com doutorado em educação ou bacharéis em química com doutorado na mesma área como docentes responsáveis pelas componentes curriculares da área de ensino de química. No entanto, esse não foi perfil dos entrevistados. Diante do exposto, pode-se concluir que formadores presentes nas licenciaturas em química podem ter uma formação bastante variada. Em síntese, além dos licenciandos, outros sujeitos das licenciaturas em química são os formadores das componentes curriculares de conteúdos específicos, das integradoras e das pedagógicas e que, portanto, têm diferentes origens de formação. Na análise das entrevistas amiúde, faz-se referência a esses sujeitos.

A análise qualitativa das informações obtidas nas entrevistas foi orientada pelos procedimentos da análise textual discursiva (Moraes; Galiazzi, 2007) que possui três etapas: unitarização, categorização e comunicação. Na primeira etapa, ocorreu a fragmentação dos textos, originados da transcrição das entrevistas, em unidades de significado. A categorização é um processo de natureza classificatória em que as unidades de significado são agrupadas de acordo com suas semelhanças semânticas. Nesta pesquisa, utiliza-se um processo de análise misto (Moraes; Galiazzi, 2007), isto é, com categorias emergentes e *a priori*. As categorias *a priori* estão baseadas especialmente na perspectiva progressista de educação adotada e as categorias emergentes dialogam de forma mais intensa com outros interlocutores para além daqueles da perspectiva progressista de educação assumida. A comunicação decorre da etapa de categorização a partir da qual se produz o metatexto com ênfase descritiva e interpretativa. Nos trechos transcritos das entrevistas, os professores estão representados por letras do alfabeto e números que os diferenciam (P1... P5).

A análise textual discursiva se encontra em harmonia com os pressupostos do viés dialógico e problematizador de educação expressado anteriormente, pois considera, por exemplo, que as aprendizagens elaboradas nas análises podem vir a se constituir em uma intervenção nos discursos e realidades relacionados aos textos analisados (Moraes; Galiazzi, 2007). É o que se tem denominado de *qualidade política* da análise textual discursiva, assumida nos objetivos desta investigação e igualmente presente na perspectiva progressista de educação adotada. Na literatura, encontram-se outras possibilidades de aproximação entre a análise textual discursiva e o referencial dialógico e problematizador de Paulo Freire (Torres et al., 2008).

A seguir, são apresentadas as categorias de análise: situações-limite; contradições acerca da experimentação; o espaço de atuação do professor e do químico; o respeito ao conhecimento inicial dos licenciandos sobre a experimentação; o movimento contra-hegemônico em relação aos experimentos ilustrativos; a abordagem da experimentação relacionada com a história e a epistemologia da ciência; e conhecimentos sobre a experimentação: permanências e transformações. Reitera-se que os resultados apresentados aqui são complementares aos da análise das entrevistas com os formadores das componentes curriculares de conteúdo específico, feita à luz do viés progressista de educação explicitado (Gonçalves; Marques, 2013).

Nessa referência, é possível encontrar uma discussão mais ampla acerca do referencial teórico ligado ao viés dialógico e problematizador de Paulo Freire associado à formação docente e às atividades experimentais e, em outro trabalho (Gonçalves; Marques, 2012a), estende-se a apresentação do referencial dos procedimentos analíticos, no qual se analisaram os processos de apropriação do discurso sobre a experimentação no ensino dos formadores atuantes em componentes curriculares de conteúdo específico e as propostas de professores de componentes curriculares integradoras relativas ao como abordar as atividades experimentais na qualidade de um conteúdo da formação inicial. Outras informações metodológicas podem ser obtidas nesses trabalhos.

Análise das informações qualitativas

A seguir, são apresentadas as categorias de análise. A categoria situações-limite apresenta as subcategorias *a coletividade e a cumplicidade reprimidas* e *as estruturas institucionais*. Situações-limite se constituem na categoria *a priori* e as demais se caracterizaram como categorias emergentes.

Situações-limite: a coletividade e a cumplicidade reprimidas

Os formadores reconheceram a ausência de um trabalho coletivo e de cumplicidade entre os diferentes sujeitos da licenciatura no que concerne à abordagem das atividades experimentais no ensino de ciências e, por conseguinte, implicações dessa ausência em tal abordagem. Interpreta-se justamente, como uma situação-limite, a falta de cumplicidade entre esses profissionais acerca da experimentação: *"A gente consegue um diálogo bom na área de ensino* [...]*, sabe os enfoques que os nossos colegas trabalham nas disciplinas deles com relação a isso. Com relação a outras disciplinas* [conteúdos específicos]*, não tem diálogo* [...]*"* (P5). Está implícito na abordagem do formador que uma aprendizagem efetiva acerca das atividades experimentais poderia envolver não somente a atuação de formadores de componentes curriculares integradoras como também daqueles de componentes curriculares de conteúdo específico, visto que a metodologia que orienta os experimentos desenvolvidos pelos últimos pode ser exemplar para os professores de química da educação básica. Como diz Freire (1996), a corporeificação da palavra pelo exemplo é um aspecto necessário na prática educativa. Isso não significa atribuir aos professores das componentes curriculares de conteúdo específico a responsabilidade absoluta pelo problema da aprendizagem sobre a experimentação.

Os próprios formadores admitem que a forma como as instituições de educação superior se organizam favorece a inexistência e a resistência ao trabalho coletivo: *"*[...] *vejo que há dificuldade ainda, e isso talvez passe pela falta de diálogo, que é difícil fazer diálogo com grupos da área específica* [...]. *As reuniões são reuniões administrativas"* (P4). A insuficiência de reuniões de natureza pedagógica – em geral, são administrativas – nas instituições de educação superior é identificada no fragmento e desvela o cenário de raras oportunidades para a aprendizagem de assuntos relativos à docência como a experimentação. O modo de as instituições se organizarem propicia o trabalho individualizado dos formadores e a *impermeabilidade* às inovações e discussões a respeito das atividades experimentais. A forma de organização institucional também se constitui, por si só, como discutiremos posteriormente, em uma situação-limite em relação à docência e à experimentação no ensino. Cada professor é responsável pela componente curricular que leciona e, nas instituições públicas, pelo menos, parece haver certo tipo de cultura do silêncio (Freire; Shor, 1986), na qual raramente se problematizam de forma sistematizada as práticas docentes. Ainda que haja processos de formação docente em instituições de educação superior para professores ingressantes, de acordo com investigação desenvolvida por Bazzo (2007), há indicativos de falta de comprometimento desses sujeitos com tais processos, bem como de resistência por os interpretarem como uma imposição institucional. O exposto pela autora sugere que, embora o apoio das instituições de educação superior seja essencial, é preciso envolver os professores nos diferentes momentos da formação docente como coautores e não meros receptores. Apesar de críticas à racionalidade técnica, não se pode excluir a possibilidade de esta ainda orientar a formação oferecida aos docentes da educação superior.

Determinados professores e alunos dão a entender que compartilham uma visão de ensino e aprendizagem. Isso se evidencia quando os formadores procuram colocar em xeque, por meio de práticas inovadoras, as compreensões dos licenciandos acerca da experimentação:

> *"*[...] *as minhas atividades de experimentação* [...]*, elas tinham muito a questão do aluno dizer, do aluno falar, não é? Mas, era muito difícil* [...] *pro sujeito entender o que eu tava querendo* [...]*. Eu não sei se o que a gente fala tem repercussão na sala de aula* [...]*."* (P1)

O desenvolvimento de experimentos pelos formadores pode provocar resistências nos alunos devido ao fato de essas atividades, em certas ocasiões, romperem com uma proposta já conhecida. O mesmo formador acrescenta: *"Mas eles* [licenciandos] *estão distantes da discussão da educação* [...]*, é como eles estão olhando para um lado, e a gente quer mostrar o outro* [...]*. Tão lá olhando pro lado da lista de exercício* [...] *de Química Geral* [...]*"* (P1). A racionalidade técnica, traduzida no modelo 3+1 de formação inicial – componentes de curriculares de conteúdo específico se concentram nos três primeiros anos da licenciatura e as pedagógicas e integradoras, no último ano –, tem efeitos sobre o modo como os licenciandos entendem os conhecimentos, pois valorizam, de acordo com o pesquisado,

os conhecimentos de química em detrimento daqueles da área de ensino. Todavia, o depoimento é do docente de um curso em dissonância com o modelo 3+1. Portanto, há um indicativo de morosidade entre os licenciandos em romper, da mesma forma que a estrutura curricular do curso no qual estão inseridos, com os pressupostos da racionalidade técnica. De outra parte, a morosidade pode ser explicada pelo fato de que, mesmo sob reformulação curricular que ultrapassa o modelo de 3+1, a licenciatura em química continua com formadores que acreditam em uma hierarquia excludente em termos de conhecimento, de modo que não há um abandono total das premissas da racionalidade técnica, e os graduandos permanecem influenciados por tais premissas. Tal situação pode ser interpretada à luz do que expõem Freire e Shor (1986), ou seja, existe uma hierarquia política do conhecimento. Na formação de professores, há conhecimentos pouco valorizados em detrimento de outros. Um dos poucos valorizados no contexto da racionalidade técnica é aquele associado à área de ensino de química. Pode-se afirmar que essas características da formação inicial são, por si só, situações-limite que precisam ser problematizadas a fim de se vislumbrar um inédito viável (Freire, 2005).

O mesmo formador identifica a inexistência de uma cumplicidade efetiva entre o docente da educação superior e o da escola:

> *"Eu tô tentando articular o professor da escola com o licenciando pra virem aqui juntos trabalhar* [no grupo de formação permanente]. *Mas, é muito separado* [...]*, o aluno chega lá, o professor não tá nem preparado pra entender o que está sendo posto* [sobre experimentação] [...]. *Muitas vezes, o professor pede uma determinada prática pro aluno assim: '- Ah, tô trabalhando isso, funções, faz uma prática'* [...] *Aquela velha questão: '- faz uma prática motivadora'."* (P1)

O processo de ensino e aprendizagem das atividades experimentais em interação com a escola é uma condição importante, embora possua uma limitação, qual seja, o fato de os professores das escolas – nas quais os licenciandos interagirão – não compartilharem visões acerca das atividades experimentais com os formadores, aspecto presumível diante da problemática da formação de professores. O formador localiza inclusive uma compreensão comum dentre os docentes: a crença na experimentação como motivadora (Hodson, 1994). É um indício de que na aproximação entre a instituição de educação superior e a escola é relevante ocorrer a problematização também do entendimento de professores da educação básica a respeito do papel da experimentação. Por outro lado, há uma probabilidade de essa problematização encontrar situações-limite para sua concretização. Independentemente disso, é indispensável formar licenciandos suficientemente críticos para apreender as limitações das práticas e dos discursos dos professores com os quais interagem ao longo da formação inicial. Acrescenta-se a possibilidade de a simples presença dos licenciandos na escola contribuir, de alguma forma, para a aprendizagem dos professores. Tal possibilidade não elimina a necessidade da problematização das atividades experimentais na formação docente.

Os investigados identificaram, portanto, aspectos – entendidos como situações-limite – relacionados com a coletividade e a cumplicidade, os quais podem influenciar no processo de aprendizagem acerca das atividades experimentais no ensino de ciências. Um dos aspectos destacados é o não compartilhamento de visões sobre a experimentação entre os formadores das componentes curriculares de conteúdo específico e das integradoras. Esses últimos sinalizam que os licenciandos podem não ser cúmplices de suas práticas pedagógicas, cujo escopo é inovar as atividades experimentais. A cumplicidade entre formadores e professores das escolas na abordagem da experimentação com os licenciandos também foi apontada como um aspecto problemático. O enfrentamento desses aspectos, que constituem uma situação-limite, parece estar associado com a problematização das atividades experimentais no processo de desenvolvimento profissional dos próprios formadores atuantes em componentes curriculares de conteúdos específicos (Gonçalves; Marques, 2013). Sumarizando, tanto a problematização das atividades experimentais quanto dos constituintes da situação-limite aqui delineada são ações importantes para os processos formativos.

Situações-limite: as estruturas institucionais

As estruturas institucionais – da escola e das instituições de educação superior formadoras de professores –, especialmente em suas dimensões física e organizacional, foram citadas como problemas que podem estar ligados a conteúdos abordados sobre a experimentação, bem como ao modo de ensiná-los e aprendê-los. A carência de recursos materiais nas escolas é um aspecto considerado na proposição de materiais alternativos para a realização de experimentos:

> *"*[...] *a gente trabalha muito é o recurso* [...]*, materiais a serem utilizados, que podem ser materiais simples* [...]. *Pra ver como eles podem realizar experimento sem ter na escola materiais* [...]. *Ou* [...] *são laboratórios empoeirados, fechados* [...]*, o professor pode fazer isso, não precisa fazer no laboratório."* (P4)

A falta de laboratórios suficientemente estruturados nas escolas brasileiras é uma das situações-limite para os professores desenvolverem experimentos (Coelho, 2005). Os chamados materiais alternativos podem contribuir para vislumbrar o inédito viável, isto é, a promoção de atividades experimentais nas escolas. Sabe-se que houve diversas tentativas históricas de inserção do laboratório didático no currículo escolar nacional,

mas que fracassaram, possivelmente porque desconsideraram aspectos como as condições de trabalho do professor e seus conhecimentos acerca da experimentação – em geral, pouco fundamentados nas produções acadêmicas atuais na área de ensino de ciências.

Conforme a análise das entrevistas com os formadores das componentes curriculares de conteúdo específico, estes também incentivam a utilização de tais materiais em suas aulas (Gonçalves; Marques, 2013). De certo modo, a estrutura física das escolas exerce influência na abordagem da experimentação de ambos os formadores. Contudo, há discrepâncias no modo de entender esse assunto por parte dos professores que ensinam química e daqueles das integradoras. Isso pode estar associado ao modo de organização interna da instituição que desfavorece a aproximação entre os profissionais como já sinalizado anteriormente.

Outra característica organizacional das instituições de educação superior que contribui para o cenário problemático da experimentação é o fato de os docentes de componentes curriculares de química não estarem obrigatoriamente em consonância com a proposta curricular do curso: *"*[...] *a gente tem uma coordenação que coordena o curso, mas ela não interfere na sua atuação em sala de aula. Então, quem define como é que deve ser a disciplina de química analítica quantitativa é a área de química analítica* [...]*"* (P5). Entendemos que o problema explicitado está relacionado a outro, qual seja, a docência como um território privado (Zabalza, 2004). Assim, a experimentação é ensinada como cada professor compreende que deva ser, inclusive aqueles das componentes curriculares integradoras. Em suma, a organização institucional colabora para a não realização de um trabalho mais coletivo em torno da abordagem das atividades experimentais.

Depreende-se do exposto que tanto a estrutura da escola quanto das instituições de educação superior, sobretudo suas dimensões física e organizacional, têm influências múltiplas no processo de ensino e aprendizagem da experimentação. Essas estruturas foram interpretadas como uma situação-limite e precisam ser problematizadas.

Contradições acerca da experimentação

Os formadores das componentes curriculares integradoras, em parte, apreendem e abordam contradições relacionadas à visão de experimentação dos licenciandos e demais participantes da licenciatura em química. Um exemplo é o entendimento da experimentação como a solução dos problemas do ensino de ciências, mas que não é desenvolvida nem quando há laboratório:

> *"Eu tenho* [...] *tentado problematizar a teoria dos alunos sobre a experimentação. Esse é meu conteúdo básico. Problematizar essa ideia que eles têm de que a experimentação vai resolver os problemas da escola e, ao mesmo tempo, eles não conseguem fazer na escola* [...]. *Nem quando tem um super laboratório* [...]. *Tem escolas com um laboratório excelente que nunca foi usado* [...]*."* (P1)

A situação relatada pelo formador sugere que não é a presença ou a ausência de laboratórios nas escolas, por si só, o fator determinante da realização de experimentos. A contradição revelada pelos licenciandos e professores da escola pode estar relacionada a situações-limite, como as precárias condições de trabalho dos docentes brasileiros, para além da ausência ou não de laboratório. Não parece, portanto, que a contradição mencionada seja de responsabilidade única daqueles que deveriam realizar os experimentos. Outro formador compartilha dessa compreensão:

> *"*[...] *eles não acreditam, mas é a única forma que eles sabem* [...]*, é aquela coisa assim, pode ser até que eu não acredite do ponto de vista lógico* [...]*. Eu não acredito que o roteiro é a melhor forma, mas é a única forma que eu conheço. E aí é aquela coisa do professor que repete práticas vivenciadas. Isso é muito forte, a gente sabe, principalmente no início ele repete* ipsis litteris *as práticas que ele vivenciou. Raros são aqueles que conseguem* [...] *não repetir, entendeu?"* (P3)

O professor justifica o contraditório conhecimento inicial de seus alunos ao criticarem os experimentos realizados com base em roteiros estruturados pelos formadores das componentes curriculares de conteúdo específico e, ao mesmo tempo, proporem atividades experimentais semelhantes no estágio ou ainda na docência. Não parece um absurdo absoluto supor que problemas no currículo da formação inicial de professores de química somem em favor dessa contradição. Tais problemas, como a influência da racionalidade técnica, constituem-se em situações-limite desfavoráveis às aprendizagens dos licenciandos sobre conteúdos relativos à experimentação, uma vez que essas aprendizagens seriam frutos de uma efetiva interlocução com a literatura e a escola. A desarmonia entre a proposição dos formadores das componentes curriculares integradoras com os experimentos realizados em componentes curriculares de química na formação inicial é um assunto abordado por um dos pesquisados:

> *"*[...] *nós convivemos com essas contradições* [...] *inclusive tem, às vezes, doutor* [...] *que ele desenvolve pesquisa* [...]*. Mas, quando ele tá em sala de aula, ele é extremamente tradicional. E eu costumo trazer esse fato pra sala de aula.* [...] *E aí eu até chego a afirmar, às vezes,* [...]*: - é tão estranho que um doutor que trabalha com pesquisa,* [...] *que ele reconstrói o seu próprio conhecimento pesquisando, não ouvindo alguém dizer, mas fazendo,*

> *experimentando, lendo, pesquisando. E quando ele vai à sala de aula, ele só vai lá falar. Ele não leva essa consciência que ele tem de como se constrói conhecimento com a pesquisa pra sala de aula.* (P4)

A contradição identificada pelo formador e estudada com os licenciandos pode auxiliar na problematização das atividades experimentais às quais foram submetidos como alunos, e também na análise de analogias entre a experimentação na ciência e em sala de aula, no intuito de localizar na maneira de realizar experimentos na ciência, aspectos importantes para propiciar a aprendizagem discente no laboratório didático. Como destaca Delizoicov (2000), as discussões epistemológicas promovidas pelos formadores podem fomentar uma análise crítica dos licenciandos em relação às aulas às quais são submetidos na graduação. O olhar epistemológico na análise é essencial para não incorrer em analogias inadequadas, tal como aquela cristalizada em materiais didáticos e que associam um método científico infalível aos experimentos a serem desenvolvidos nos laboratórios didáticos. Os docentes podem realizar, às vezes, analogias entre o trabalho no laboratório de pesquisa e o laboratório didático como destaca, de forma implícita, o pesquisado: *"Aquele professor que trabalha com muitos projetos de pesquisa e tudo, já tem uma visão mais aberta, porque tá habituado a interagir com aluno em projetos"* (P4). Os próprios formadores das componentes curriculares de conteúdo específico, por isso, poderiam vivenciar formações que explorassem analogias entre o seu trabalho como cientista e docente. Reafirma-se, contudo, a necessidade de não confundir, nas analogias sugeridas, as funções pedagógicas e epistêmicas da experimentação.

Se os formadores das componentes curriculares de conteúdo específico – que, em geral, vivenciam/vivenciaram a pesquisa em laboratório – não desenvolvem experimentos com base em discussões contemporâneas da didática das ciências, é preciso refletir sobre os motivos que levam os licenciandos de iniciação científica em química a aprenderem positivamente sobre as atividades experimentais por meio de tal introdução. Nessa direção, um dos formadores relata a crença de um licenciando na iniciação científica como importante para a sua aprendizagem a respeito da experimentação:

> *"*[...] *um dos meus alunos falou* [...] *que ele conseguia dar conta de entender o conceito, porque ele tinha feito iniciação científica* [...] *e que isso tinha sido muito importante pra ele, porque aí ele conseguia ver a aula prática não só enquanto uma receita, mas enquanto um caderninho de protocolo* [...]. *Onde ele fazia não dava certo, ele fazia de novo, não dava certo, ele trocava os reagentes, ele trocava as quantidades. Ou seja, essa vivência de laboratório deu a ele uma visão epistemológica mais apropriada."* (P3)

A caracterização do formador é, em certa medida, contraditória com o cenário exposto pelos investigados. Ou seja, se os docentes das componentes curriculares de química que vivenciaram e/ou vivenciam mais intensamente o laboratório de pesquisa não obrigatoriamente realizam analogias adequadas entre o seu trabalho como pesquisador e o de professor, é preciso refletir sobre o porquê da vivência no laboratório de pesquisa proporcionar aos estudantes de iniciação científica uma analogia adequada. Sobretudo, pelo fato de os orientadores serem professores nos laboratórios de ensino cujas abordagens, às vezes, podem contribuir minimamente para a aprendizagem. Essas considerações não significam uma negação, em absoluto, da possibilidade apontada pelo formador. Admite-se que os alunos de iniciação científica podem fazer as analogias, até as inadequadas. No entanto, existe a probabilidade de as aprendizagens relativas à experimentação também serem catalisadas por uma abordagem nas componentes curriculares integradoras de exploração de analogias entre os experimentos científicos – seja na iniciação científica ou em outros cenários de pesquisa – e os didáticos, mas não obrigatoriamente pela iniciação científica. Contrariamente, pode-se desconsiderar o papel do conhecimento sistematizado, produzido pelas pesquisas em ensino de ciências, para apropriação e análise crítica a respeito da experimentação. A valorização demasiada da iniciação científica – não é o caso do investigado – poderia remeter à ideia de que se aprende principalmente pela prática.

Enfim, os docentes das componentes curriculares integradoras ressaltaram a relevância de abordar contradições relacionadas à experimentação. Uma contradição está associada com o fato de os professores acreditarem na experimentação, apesar de não as realizarem mesmo quando há laboratórios nas escolas. Outra contradição é a proposição de experimentos pelos licenciandos semelhantes àqueles desenvolvidos pelos docentes dos cursos de graduação, ainda que, às vezes, os critiquem. Essas atividades também são tomadas pelos investigados como constituintes de uma contradição devido ao modo como são promovidas, isto é, se nos laboratórios de pesquisa parece haver uma aprendizagem mais efetiva, não se pode afirmar que isso ocorra nos laboratórios de ensino, caso contrário, a experimentação não seria um problema de pesquisa. Há mais uma contradição de acordo com investigados: a crença na iniciação científica como favorecedora de aprendizagens positivas sobre a experimentação, embora isso não aconteça com os docentes das componentes curriculares de química que vivenciam a pesquisa (Gonçalves; Marques, 2013). Parece salutar apreender essas contradições na formação docente e no desenvolvimento profissional dos formadores com vistas a problematizá-las.

O espaço de atuação do professor e do químico

As justificativas em relação ao que selecionar ou excluir da abordagem sobre a experimentação no ensino de química

apareceram de forma mais tácita na fala dos docentes. Um critério mencionado foi o futuro contexto de atuação dos licenciandos e, nesse caso, foram consideradas as limitações de infraestrutura das escolas:

> *"Teve outra discussão que nós tivemos* [...]. *O nome era 'experimentos em microescala'* [...]*, mas isso nunca me cativou* [...]*, pra fazer em microescala, tu precisas equipamento* [...]*, o equipamento, de repente, é tão caro quanto o equipamento grande* [...]*."* (P1)

O formador aponta o problema de recursos na escola como um fator limitante para desenvolver experimentos em microescala e, por conseguinte, não aborda essa modalidade de atividade experimental entre os licenciandos. Na compreensão do docente, é um artefato que não auxilia o enfrentamento do problema relativo à não realização de atividades experimentais na educação básica, apesar da sua importância na redução de resíduos. O argumento utilizado para não usar experimentos em microescala é o mesmo que justifica a escolha pelos materiais alternativos e o incentivo na formação inicial ao seu emprego.

Os espaços da escola e de ação do químico, isto é, o laboratório como um lugar de produção de conhecimentos, também justificariam a abordagem de outros assuntos sobre a experimentação:

> *"E a gente vai trabalhar com eles muito na perspectiva de experimentação pro ensino médio* [...]*, eles devem saber preparar um experimento, eles devem saber avaliar um roteiro experimental, avaliar a periculosidade* [...]. *Avaliar a questão de resíduos que hoje se coloca como tão importante* [...]*, o enfoque é: como é que você, enquanto professor, realiza experimentação na escola, seja no laboratório ou na sala de aula?* [...] *Qual é o objetivo da experimentação naquele contexto?"* (P5)

No fragmento, aparece a abordagem de questões mais contemporâneas na discussão a respeito da experimentação no ensino de química, quais sejam, a preocupação com o tratamento de resíduos e a periculosidade dos experimentos no ambiente escolar, as quais podem estar associadas com o fomento à formação de atitudes e valores vinculados a questões ambientais (Silva; Machado, 2008). Ainda a respeito do laboratório, outro formador expõe:

> *"*[...] *a química tem enquanto o seu contexto de profissão, de validação* [...] *a experimentação* [...]*, você pode usar este mote aí pra trazer por vários outros motivos. Ah, porque ela ajuda na criação de um contexto argumentativo, pra que a aula* [...] *Saia do lugar, não fique sem uma base empírica, vamos dizer assim. Acho que essa coisa da base empírica ainda é muito forte e é muito necessária* [...]*."* (P3)

No fragmento, chama-se a atenção para a relevância da dimensão empírica que, segundo epistemólogos contemporâneos como Bachelard (1996), cumpre um papel importante na construção do conhecimento químico. Assim, supõe-se que o processo de ensino e aprendizagem da química ocorra de forma semelhante. Fica implícita a compreensão de que a produção de conhecimento nos laboratórios – e não exclusivamente neles – se insere em um contexto argumentativo. Tal contexto precisaria, da mesma forma, estar presente nos laboratórios didáticos de modo a favorecer a aprendizagem. Logo, o critério apontado pelo formador não significa dizer que, para aprender ciência por meio de experimentos, é necessário utilizar os mesmos métodos ou percorrer os mesmos caminhos dos cientistas.

A escola na qualidade de espaço de atuação dos professores de química, portanto, influencia na seleção dos formadores sobre o que ensinar a respeito da experimentação no ensino de química. A infraestrutura da escola, por exemplo, tem implicações na proposição dos materiais utilizados nos experimentos. O laboratório, na condição de espaço de produção do conhecimento químico, foi igualmente apontado como critério para escolher os conteúdos relativos à experimentação.

O respeito ao conhecimento inicial dos licenciandos sobre a experimentação

Os professores das componentes curriculares integradoras relataram ações que expressam suas intenções de apreender tenazmente o conhecimento dos licenciandos acerca da experimentação. Esse conhecimento inicial também justifica a escolha por determinados conteúdos relativos às atividades experimentais em detrimento de outros. Tal critério de eleição apareceu, na maioria dos casos, implicitamente no discurso dos formadores. Foi recursiva a sinalização de uma abordagem de caráter epistemológico devido aos conhecimentos dos licenciandos:

> *"*[...] *existem as ciências como a química que historicamente foram feitas mediante a participação de laboratório.* [...] *as pessoas já sabem que* [...]*, de certa forma, os químicos constroem esse conhecimento em laboratório,* [...] *provavelmente com uma visão muito ingênua ainda de que o cientista vai lá descobrir essas verdades já inscritas na natureza antes* [...]. *Eu não quero com isso dizer que nós tenhamos que manter aquela visão* [...] *ingênua de que o cientista encontrou essas verdades que estavam já antes* [...]. *Então, não fazer essa discussão que eu chamo de epistemológica* [...] *é incorrer na possibilidade de depois o futuro professor chegar à escola e quem sabe já desenvolver um experimento com os*

> *estudantes, esperando que eles também descubram aquilo que o químico já descobriu* [...]*."* (P2)

Como mencionamos, a explicitação do conhecimento discente é um ato imperativo em uma prática docente dialógica e problematizadora (Freire, 1996). Embora o formador possa prever as visões discentes sobre a experimentação, é importante proporcionar um momento no qual os alunos exponham seus entendimentos em torno do assunto, a fim de que sejam problematizados no grande grupo. Essa problematização pode contribuir para criar entre os estudantes a necessidade de apropriação de um conhecimento inédito para eles (Delizoicov, 2005) que, de acordo com o fragmento acima, estaria relacionado com questões epistemológicas da experimentação.

Outra discussão de cunho epistemológico se baseia no conhecimento inicial dos alunos a respeito da relação entre teoria e prática:

> *"*[...] *no início, a linguagem dos nossos alunos é essa, fazer uma experiência* [...] *pra ilustrar, depois da teoria. Então, a gente sempre discute essa questão: que significado tem fazer um experimento depois da teoria* [...]*. Pra fazer com que os alunos deixem de serem ingênuos em relação a esse aspecto* [...]*."* (P4)

A importância de abordar as diferentes compreensões epistemológicas sobre a relação entre teoria e prática se assenta nas facetas que a experimentação pode assumir. Ou seja, há aquela, assinalada pelo formador, na qual a experimentação tem a função de ilustrar uma teoria estudada previamente ou, no outro extremo, a que acredita na experiência sensível como fonte do conhecimento. Ambas as formas de entender as atividades experimentais parecem estar presentes entre docentes de química da educação superior (Gonçalves; Marques, 2013). A apreensão dessa contradição entre os licenciandos poderia constituir um tema a ser abordado na formação inicial de professores.

Enfim, os conhecimentos iniciais dos estudantes da licenciatura quanto à experimentação são um dos pontos de partida para os formadores selecionarem os assuntos relativos a esse conteúdo. O enfoque epistemológico defendido pelos formadores, por exemplo, fundamenta-se nas visões dos licenciandos a respeito do papel das atividades experimentais. Com base no viés freiriano, ressalta-se a importância de se problematizar o conhecimento deles com vistas a favorecer a aprendizagem em torno da experimentação.

O movimento contra-hegemônico em relação aos experimentos ilustrativos

Identificaram-se indicativos de abordagens que visam combater entendimentos sobre as atividades experimentais como simples modo de ilustrar a teoria estudada previamente. Essas abordagens não são recentes segundo parte dos formadores. Por exemplo, a abordagem dos experimentos por redescoberta já possuía a intenção de ultrapassar a perspectiva puramente ilustrativa:

> *"Teve uma fase que eu talvez não tivesse tanta consciência sobre algumas questões* [...]*. A gente trabalhou muito com esta ideia da redescoberta* [...] *sempre esta ideia de um ensino ativo, que o aluno fosse o agente, que ele fosse o sujeito do processo* [...]*. Até a gente tomar consciência de que isso era um pouco ingênuo* [...]*."* (P4)

O formador traz à tona a influência dos difundidos projetos de educação científica estadunidenses e ingleses na abordagem da experimentação no cenário brasileiro de formação de professores de química e das demais áreas das ciências da natureza, de modo geral. A crença na redescoberta dos conhecimentos da ciência por intermédio da experimentação era uma voz pujante em tais projetos mundialmente disseminados. Com influência da visão de Bachelard (1996) acerca da construção do conhecimento científico, afirma-se que a redescoberta, como uma proposta para desenvolver experimentos, constitua-se, talvez, em uma espécie de erro epistemológico. Com a intenção de incutir e transformar as atividades experimentais no ensino de ciências de forma que valorizassem a participação dos estudantes como sujeitos cognoscentes, os formadores contribuíram na difusão de entendimentos problemáticos sobre o papel da experimentação.

Propostas mais contemporâneas são abordadas pelos docentes das componentes curriculares integradoras:

> "*Uma coisa que eu tenho usado muito com eles* [são sítios da Internet] *e tem muitos bancos de experimentos, tem as experimentotecas, o* [centro de divulgação X] *também tem experimentoteca. Então, esses alunos copiam essas coisas, trazem essas práticas e a gente discute. Como é que a gente pode adequar? Como é que eu posso acoplar isso com resolução de problema* [...]*?"* (P3)

A articulação entre experimentos e atividades de resolução de problemas é uma das possibilidades de se distanciar dos chamados experimentos ilustrativos, e há certa diversidade de proposições na literatura relativa a experimentos por meio de resolução de problemas (Hofstein et al., 2005; Reigosa Castro; Jiménez Aleixandre, 2000; Gil Pérez et al., 1999). A ferramenta computacional tem sido apontada como uma aliada nessa articulação, visto que pode colaborar em diversos aspectos, a saber: monitoramento e controle dos experimentos; estudo ou investigação de um número maior de fenômenos em comparação às atividades experimentais de bancada; e utilização de técnicas inacessíveis se não fosse a

presença do computador (Hodson, 1998). A experimentação na perspectiva da resolução de problemas pode contribuir, ao contrário dos experimentos puramente ilustrativos, para os estudantes realizarem previsões e analisarem resultados. Soma-se a isso o fato de poder favorecer a disseminação do entendimento de que a(s) resposta(s) a uma pergunta pode(m) ser obtida(s) por meio de diferentes métodos etc. Todavia, chama-se a atenção para a necessidade de não caracterizar de forma reducionista a resolução de problemas, uma vez que tal resolução, em geral, não se restringe ao desenvolvimento de atividades experimentais.

Outro formador expressa um exemplo de abordagem que se aproxima do exposto por uma perspectiva dialógica e problematizadora de educação:

> "[...] *procuramos trabalhar a experimentação sempre vinculada a fenômenos próximos do aluno, que tenha significado pra vida do aluno, e nós procuramos trabalhar sempre com uma problematização* [...]. *Problematizar a realidade* [...] *que o aluno presencia* [...] *e, ao mesmo tempo, problematizar o conhecimento do aluno. Quer dizer, problematizar a interpretação que o aluno faz da realidade* [...]. *Trabalhar com objeto de conhecimento que tenha significado pro sujeito, que tenha relação com o cotidiano e numa abordagem sempre de problematização* [...]." (P4)

Subjacente à proposta citada pelo investigado, parece estar a preocupação em desenvolver um experimento acerca de determinado assunto associado à realidade discente. De certa forma, aqui reside o objetivo de determinadas perspectivas de resolução de problemas frente à necessidade de promover problemas autênticos, isto é, aqueles que se caracterizam, dentre outros aspectos, por serem de um contexto próximo dos alunos (Reigosa Castro; Jiménez Aleixandre, 2000). Não se desconsidera a polissemia presente em expressões como "contexto próximo dos alunos" ou "cotidiano", termo utilizado pelo pesquisado. Em um viés dialógico e problematizador, tais expressões estão vinculadas à realidade local dos sujeitos, que seria o ponto de partida até se chegar a um contexto mais global (Freire, 2005). De outra parte, esse viés procura, como mencionou o formador, "problematizar a interpretação que o aluno faz da realidade" – realidade no sentido exposto acima. Isso não se constitui em um consenso na multiplicidade de propostas de atividades experimentais associadas à resolução de problemas tratada na literatura, e tampouco parece ser um ponto de discussão pelo menos em grande parte dos trabalhos relativos a essa modalidade de experimento. No relato, aparece ainda a apreensão do conhecimento discente como uma condição essencial, pois o que se pretende é problematizar, simultaneamente, os conhecimentos dos estudantes concernentes à realidade e à própria realidade.

Portanto, ao longo dos anos, os formadores procuraram, de diferentes formas, transcender a ideia da experimentação como um simples modo de ilustrar os conhecimentos teóricos estudados previamente. As sugestões de experimentos por redescoberta já eram uma tentativa contra a hegemonia dos experimentos ilustrativos ou de pura comprovação. Recentemente, a associação entre experimentos e atividades de resolução de problemas foi impulsionada com a divulgação de trabalhos na literatura, mas que não obrigatoriamente estão em sintonia absoluta com um viés educacional dialógico e problematizador de educação.

A abordagem da experimentação relacionada com a história e a epistemologia da ciência

Os formadores citaram que parte dos conteúdos abordados se relaciona com a história e a epistemologia da ciência. A discussão de entendimentos de ciências vinculados à experimentação, a partir de um viés epistemológico, é uma das ações docentes:

> *"O que a gente tem abordado* [...] *é, por exemplo, concepção de ciências, não é? Tentando tirar esse caráter da verificação na experimentação, tentando fazer experimentação mais dialógica."* (P1)

A tese de que as ideias dos estudantes sobre a natureza da ciência podem influenciar sua atuação na realização dos experimentos tem sido tratada na literatura (Leach, 2002a), e nisso se assenta a importância de que os formadores as apreendam e discutam. Gil Pérez et al. (2001) reforçam que as visões problemáticas dos professores a respeito do trabalho científico não se reduzem a empírico-indutivista. Os autores apontam também: a rígida (algorítmica, exata, infalível etc.); a aproblemática e a-histórica; a exclusivamente analítica; a acumulativa de crescimento linear dos conhecimentos; a individualista e elitista da ciência; e a descontextualizada, socialmente neutra da ciência. Com exceção dos entendimentos empírico-indutivista e aproblemático e a-histórico, os demais não foram explicitamente sinalizados como objeto de discussão pelos formadores, o que obviamente não minimiza a relevância de suas discussões em torno de tais visões.

Sobre a natureza do debate a respeito de um entendimento empírico-indutivista, um formador expõe:

> *"Mas a discussão epistemológica do uso da experimentação, se ela tem o foco empírico, o quanto ela é indutivista, o quanto suas conclusões são indutivistas ou não, que tipo de tratamento eu posso não indutivista conferir a uma atividade prática, isso, na verdade, está inserido nos artigos* [...]. *Como é que eu posso criar uma atividade de laboratório e não*

ser puramente empirista [...]. *Quem vem primeiro* [...] *A teoria ou a atividade experimental?"* (P3)

No relato, evidencia-se a discussão epistemológica sobre a origem do conhecimento. Nesse sentido, é importante registrar o que defende a epistemologia contemporânea. Ou seja, se a gênese do conhecimento não é a experiência sensível, como pressupõe o empirismo, também não parece adequado atribuí-la exclusivamente à razão, visto que não se desconsidera o papel que o empírico possui na construção do conhecimento (Bachelard, 1996). Valorizar o papel do empírico na construção do conhecimento em dissonância com o empirismo, como é a posição assumida pelo formador, não significa necessariamente se alijar de outras visões problemáticas do trabalho científico e da experimentação como apontado anteriormente.

Outro formador sinaliza a discussão sobre a não neutralidade na observação do experimento:

> *"Sempre procurar desenvolver, por parte deles, esse entendimento de que o conhecimento em sala de aula com experimento, ele não é feito, assim, de forma empiricista-indutivista, a partir da observação sensorial, e eu vou enxergar a teoria lá* [...]. *A teoria que eu digo é pensando nos modelos teóricos* [...]." (P2)

A necessidade de apropriação de conhecimentos científicos para observar cientificamente é advertida por representantes da moderna filosofia da ciência, a exemplo de Hanson (1975). No entanto, a não apropriação desses conhecimentos não faz da observação um processo neutro. Caso contrário, acreditar-se-ia nos sujeitos como tábulas rasas e, por conseguinte, em dados puros oriundos da experiência sensível.

Uma abordagem histórica da experimentação também foi indicada pelos formadores: *"A questão da experiência também como uma perspectiva histórica* [...]*, Discutindo o papel da experiência no desenvolvimento da própria química como ciência, desde a alquimia, enfim, como foi importante a experimentação"* (P4). Abordar a experimentação sob o olhar da história da ciência é um modo de não a reduzir a um recurso didático. Na problematização da natureza epistemológica dos experimentos, é relevante situá-los na totalidade do trabalho científico, a fim de que se ensine a respeito do trabalho dos cientistas hoje e no passado, inclusive acerca das transformações na linguagem científica ao longo dos anos e como a experimentação contribuiu para tal (Sutton, 2002). O apoio da abordagem histórica da experimentação na epistemologia contemporânea é importante para não incorrer em interpretações pouco coerentes das práticas científicas.

Assim, os formadores expressaram as discussões epistemológicas que promovem no estudo da experimentação. O combate à visão empírico-indutivista é amplamente exercitado, mas não ficou explícito o enfrentamento a outras visões problemáticas quanto à construção do conhecimento científico, em geral, e à experimentação, em particular. Uma abordagem histórica das atividades experimentais foi igualmente citada como importante.

Conhecimentos sobre a experimentação: permanências e transformações

Os formadores comentaram a respeito das aprendizagens dos licenciandos em relação à experimentação no ensino de química. Na compreensão de parte dos formadores, tal aprendizagem é caracterizada por uma morosidade: *"*[licenciandos] *atuam nessa perspectiva* [da comprovação]*, porque é muito forte, precisa de um trabalho de muito tempo para que isso possa ser mexido* [...]*"* (P1). O comentário do formador sugere uma reflexão acerca da contribuição da formação inicial na aprendizagem dos licenciandos concernente à experimentação e de outros assuntos pertinentes à docência. Apesar de os licenciandos não abandonarem seus conhecimentos iniciais, é imperativa a apropriação de conhecimentos novos a partir da interpretação de uma perspectiva progressista de educação. Isso está mais explícito em outro relato:

> *"Eles chegam com essa visão e eu não sei até que ponto a gente consegue mudá-las. Em alguns casos, a gente percebe isso de uma forma bem clara. Em outros, a gente vê que não atinge muito, porque o aluno* [...] *ele vê que a gente tem um discurso, se a gente cobra isso numa avaliação, numa forma de agir, ele responde do jeito que sabe que a gente quer ouvir. Mas isso não quer dizer, muitas vezes, que ele vai mudar a visão dele ou que ele vai mudar a prática* [...]*."* (P5)

A apropriação de novos conhecimentos não implica o abandono de outros conhecimentos, por isso, tal abandono não deveria se constituir no objetivo do formador, e sim a apropriação do conhecimento sistematizado. Como expõe Freire (1977), somente a ingenuidade tecnicista desconsidera a permanência dos antigos conhecimentos no processo de apropriação de novos. Ao se contrapor tacitamente a uma visão que se aproxima de um relativismo – uma vez que, ao considerar a permanência de conhecimentos relacionados ao senso comum, não defende que estes tenham, obrigatoriamente, o mesmo potencial que aqueles sistematizados no enfrentamento de problemas –, o conhecido educador brasileiro assinala a importância da transformação dos conhecimentos. Portanto, a ideia de não abandono não significa a opção por um entendimento exclusivamente continuísta do processo de construção do conhecimento (Freire, 1977). Outro formador percebe as permanências e as transformações de forma mais explícita:

> *"Aquele aluno que passou todo o tempo apenas fazendo 'feijão com arroz', ele normalmente é mais*

> *limitado* [...]. *Aquele que realmente se envolve, que vai, que faz, que participa, que discute, que reflete, ele é diferenciado* [...]. *E como nós trabalhamos com* [essa proposta] *desde o terceiro nível, quando eles chegam ao estágio, eles já chegam diferenciados* [...]*, já chegam com uma autonomia maior, já querendo fazer atividade diferenciada. Por que antigamente o que acontecia? Eles chegavam ao estágio e não tinham passado por tudo isso."* (P4)

A transformação dos conhecimentos discentes a respeito da experimentação pode estar associada, segundo sugere implicitamente o investigado, com a reforma curricular na licenciatura, de modo que os licenciandos possam interagir com a escola mais intensamente durante a formação inicial. Isso se opõe aos cursos orientados mais fortemente pela racionalidade técnica, cuja interação com a escola ocorre na fase terminal; o que atribui à prática um papel secundário na formação.

O que se espera que os licenciandos aprendam sobre a experimentação e a avaliação dessa aprendizagem são assuntos pertinentemente apontados: *"Eu não vejo que, com a formação inicial, eles já tenham feito a ruptura definitiva com essa concepção primeira* [...]. *Mas eles iniciam a vivência dessa reflexão* [...]. *É um objeto de aprendizagem* [...] *experimentação no ensino da química"* (P2). Explicita-se a dificuldade de avaliar as aprendizagens referentes à experimentação. A ideia de que não há abandono não significa um consentimento à pura permanência dos conhecimentos iniciais, pois implicaria a aceitação de uma visão antidialógica, tal como aquela que impõe os conhecimentos sistematizados sem considerar o conhecimento inicial (Delizoicov, 1991).

Portanto, os formadores parecem entender a aprendizagem dos licenciandos quanto à experimentação como um processo com permanências e transformações. Reconhecem que os graduandos não abandonam seus conhecimentos iniciais acerca da experimentação, assim como há aprendizagens endossadas nas contribuições contemporâneas relativas ao assunto. Promover a problematização dos conhecimentos acerca das atividades experimentais significa romper com a ideia de que a pura permanência dos conhecimentos iniciais relativos ao tema é algo admissível nos processos de formação docente.

Conclusões

Com base no exposto, os formadores participantes da pesquisa sinalizaram importantes elementos como pontos de reflexão, os quais estão além da necessidade de enfrentar as visões empiristas relativas à experimentação presentes entre os docentes de ciências da natureza, como tem sido reivindicado, de forma recorrente, pelas pesquisas acerca das atividades experimentais (Leach, 2002b) ou sobre a prática pedagógica dos formadores de componentes curriculares integradoras (Silva; Schnetzler, 2005). Os comentários dos formadores acerca da experimentação, sobretudo em torno dos conhecimentos dos licenciandos – e até dos professores da educação básica –, reforçam a necessidade da problematização das atividades experimentais na formação de professores e no ensino de ciências. Algo que precisa ocorrer também no desenvolvimento profissional dos formadores de professores de ciências, especialmente daqueles que lecionam em componentes curriculares de conteúdo específico. As contribuições desse desenvolvimento profissional para a aprendizagem sobre a natureza pedagógica da experimentação precisam ser investigadas como forma de sinalizar modos mais efetivos de enfrentar o problema aqui caracterizado.

A presença de contradições nos conhecimentos ou nas ações dos participantes dos cursos de licenciatura em ciências da natureza acerca da experimentação aponta uma perspectiva diferente para a atuação didática dos formadores de professores – e também para a pesquisa –, descentralizando a atenção da apreensão de entendimentos dos sujeitos em torno do papel ou dos objetivos das atividades experimentais, dimensão largamente investigada. Às vezes, as contradições podem ser indicativas de limitações no conhecimento dos sujeitos e, por isso, precisam ser problematizadas, de modo que a apreensão das contradições relativas às atividades experimentais ganhe maior destaque nos processos formativos. As contradições podem estar vinculadas a situações significativas que contribuem para contextualizar o que é estudado acerca da experimentação. Sobre a noção de permanência e transformações relativas aos conhecimentos sobre experimentação dos licenciandos em química, os resultados da pesquisa sinalizam a necessidade de melhor compreender como evoluem os conhecimentos desses sujeitos acerca da questão.

Ainda que as situações-limite caracterizadas tenham relação com as influências da racionalidade técnica sobre a formação de professores, é preciso compreendê-las como constituintes de um complexo processo que transcende tais influências. Elas são dimensões concretas e históricas de determinada realidade e sua superação em direção a um inédito viável envolve um processo formativo que não está dado, apesar dos indicativos dos formadores e de outros trabalhos presentes na literatura. O referencial progressista explorado para investigar a temática da experimentação articulada com a formação docente favoreceu a compreensão de determinados problemas relacionados com situações-limite de uma forma não negativa, visto que, nesse referencial, as situações-limite não são barreiras insuperáveis. Deriva disso uma das possíveis implicações dessa pesquisa que poderia ser o investimento em investigações que pudessem colaborar na elucidação do inédito viável em relação à apropriação da experimentação no ensino, na qualidade de um conteúdo do desenvolvimento profissional dos formadores de professores de química – sejam eles atuantes em componentes curriculares de conteúdos específicos ou integradoras –, bem como das suas práticas docentes. Por outro lado, reforça-se que as situações-limite aqui apontadas, somadas aquelas caracterizadas em

Gonçalves e Marques (2013), são importantes de serem problematizadas com os formadores de professores de química, de maneira a favorecer o vislumbramento do inédito viável.

Parte dos relatos dos formadores indicou que, às vezes, o estudo das atividades experimentais na formação inicial de professores está em sintonia com os pressupostos de uma perspectiva progressista, sobretudo quando se busca dialogar com o conhecimento inicial dos licenciandos. Assim, considera-se que o depoimento dos formadores sinalizou, em alguma medida, modos de desenvolver uma formação docente em harmonia com uma perspectiva progressista, de modo a favorecer a problematização da experimentação na qualidade de um conteúdo da formação inicial de professores de química/ciências da natureza. A problematização reconhece as aprendizagens em torno do referido conteúdo como um processo que envolve permanências e transformações, rompendo com visões tecnicistas do processo de apropriação do conhecimento. Nisso fica implícita a importância de se investigar de forma mais detalhada como os licenciandos se apropriam de conhecimentos sobre a experimentação. Cumpre notar, entretanto, a presença de determinados silêncios entre os formadores, uma vez que não mencionaram, por exemplo, o estudo da experimentação na perspectiva da chamada educação inclusiva – experimentos para estudantes cegos, surdos etc. Isso pode ser um indicativo de temáticas para as pesquisas e a atuação dos formadores, imperativas, diga-se de passagem, no atual cenário.

Referências

AFONSO, A.S.; LEITE, L. Concepções de professores de ciências físico-químicas sobre a utilização de atividades laboratoriais. *Revista Portuguesa de Educação*, v.13, n.1, p. 185-208, 2000.

ANTÚNEZ, G.C.; PÉREZ, S.M.; PETRUCCI, D. Concepciones de los docentes universitarios sobre los trabajos prácticos de laboratorio. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 8, n. 1, p. 1-17, 2008.

AULER, D.; MUENCHEN, C.; FORGIARINI, M.S.; GEHLEN, S.T.; GRIEBELER, A.; SANTINI, E.L.; STRIEDER, R.B.; VEDOOTO SCHENEIDER C. Transporte particular x coletivo: intervenção curricular pautada por interações entre ciência-tecnologia-sociedade. *Enseñanza de las Ciencias*, n. extra, p. 1-5, 2005.

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

BAZZO, V. L. *Constituição da profissionalidade docente na educação superior*: desafios e possibilidades. 2007. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

BENARROCH, A.; MARÍN, N. Relaciones entre creencias sobre enseñanza, aprendizaje y conocimiento de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 29, n.2, p. 289-304, 2011.

BRZEZINSKI, I. *Formação de profissionais da educação* (1997-2002). Brasília: Ministério da Educação; INEP, 2006.

CAMPANARIO, J.M. Contra algunas concepciones y prejuicios comunes de los profesores universitarios de Ciencias sobre la didáctica de las Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 21, n. 2, 319-328, 2003.

COELHO, J.C. *A chuva ácida na perspectiva de tema social*: um estudo com professores de Química em Criciúma (SC). 2005. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

DELIZOICOV, D. *Conhecimento, tensões e transições.* 1991. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991.

_____. Formação inicial de professores de Física. *Educação em Foco*, v. 5, n. 1, p. 73-84, 2000.

_____. Problemas e problematizações. In: PIETROCOLA, M. (Org.). *Ensino de física*: conteúdo, metodologia e epistemologia em uma concepção integradora. Florianópolis: Ed. UFSC, 2005, p. 125-150.

_____. 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, 2008.

FRANCISCO, C.A.; QUEIROZ, S.L. A produção do conhecimento sobre ensino de química nas Reuniões Anuais da Sociedade Brasileira de Química: uma revisão. *Química Nova*, v. 31, n. 8, p. 2100-2110, 2008.

FREIRE, P. *Extensão ou comunicação?* Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1977.

_____. Criando métodos de pesquisa alternativa: aprendendo a fazê-la melhor através da ação. In: BRANDÃO, C.R. (Org.). *Pesquisa participante.* 4. ed. São Paulo: Brasiliense, 1981, p. 34-41.

_____. *Pedagogia da autonomia:* saberes necessários à prática educativa. 30. ed. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

_____. *Pedagogia do oprimido.* 40. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2005.

FREIRE, P.; SHOR, I. *Medo e ousadia:* o cotidiano do professor. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1986.

GEHLEN, S.T.; AUTH, M.A.; AULER, D. Contribuições de Freire e Vygotsky no contexto de propostas curriculares para a Educação em Ciências. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 7, n. 1, p. 63-85, 2008.

GIL PÉREZ, D.; FURIÓ MÁS, C.; VALDÉS, P.; SALINAS, J.; MARTÍNEZ-TORREGROSA, J.; GUISOLA, J.; GONZÁLES, E.; DUMAS-CARRÉ, A.; GOFFARD, M.; CARVALHO, A.M.P. ¿Tiene sentido seguir distinguiendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz y papel y realización de prácticas de laboratorio? *Enseñanza de las Ciencias*, v. 17, n. 2, p. 311-320, 1999.

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

GONÇALVES, F. P.; MARQUES, C. A Problematización de las actividades experimentales en la formación y la práctica docente de los formadores de profesores de Química. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 31, n. 3, p. 67-86, 2013.

GONÇALVES, F.P.; MARQUES, C.A. A circulação inter e intracoletiva de conhecimento acerca das atividades experimentais no desenvolvimento profissional e na docência de formadores de

professores de química. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 17, n. 2, p. 467-488, 2012a.

_____. A problematização das atividades experimentais na educação superior em química: uma pesquisa com produções textuais docentes - parte II. *Química Nova*, v. 35, n. 4, p. 837-843, 2012b.

_____. A problematização das atividades experimentais na educação superior em química: uma pesquisa com produções textuais docentes. *Química Nova*, v. 34, n. 5, p. 899-904, 2011.

GRANDINI, N.A.; GRANDINI, C.R. Os objetivos do laboratório didático na visão dos alunos do curso de licenciatura em física da UNESP-Bauru. *Revista Brasileira de Ensino de Física,* v. 26, n. 3, p. 251-256, 2004.

HANSON, N.R. Observação e interpretação. In: NAGEL, E.; MORGENBESSER, S. *Filosofia da ciência*. São Paulo: Cultrix, 1975, p. 127-138.

HIRVONEN, P.E.; VIIRI, J. Physics student teachers' ideas about the objectives of practical work. *Science & Education,* v. 11, n. 3, p. 305-316, 2002.

HODSON, D. Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 12, n. 3, p. 299-313, 1994.

_____. Is This really what scientists do seeking a more authentic science and beyond the school laboratory. In: WELLINGTON, J. *Practical work in school science: which way now?* London: Routledge, 1998, p. 93-108.

HOFSTEIN, A.; NAVON, O.; KIPNIS, M.; NAAMAN-MAMLOK, R. Developing student' ability to ask more and better questions resulting from inquiri-type chemistry laboratories. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 42, n. 7, p. 791-806, 2005.

HOFSTEIN, A.; MAMLOK-NAAMAN, R. The laboratory in science education: the state of the art. *Chemistry Education Research and Practice*, v. 8, n. 2, p. 105-107, 2007.

LEACH, J. Student's understanding of the nature of science and its influence on labwork. In: PSILLOS, D.; NIEDDERER, H. (Org.). *Teaching and learning in the science laboratory*. Dordrecht: Kluwer, 2002a, p. 41-48.

LEACH, J. The use of secondary data in teaching about data analysis in a first year undergraduate biochemistry course. In: PSILLOS, D.; NIEDDERER, H. (Org.). *Teaching and learning in the science laboratory*. Dordrecht: Kluwer, 2002b, p. 165-178.

MARTÍNEZ, J.J.B.; BENARROCH, A.B. Coherencia epistemológica entre ciencia, aprendizaje y enseñanza de profesores universitarios colombianos. Comparación de resultados con profesores chilenos y españoles. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 31, n. 2, p. 55-74, 2013.

MORAES, R.; GALIAZZI, M.C. *Análise textual discursiva*. Ijuí: Ed. Unijuí, 2007.

PSILLOS, D.; NIEDDERER, H. (Org.). *Teaching and learning in the science laboratory*. Dordrecht: Kluwer, 2002.

REIGOSA CASTRO, C.E.; JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M.P. La cultura científica en la resolución de problemas en el laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 18, n. 2, p. 275-284, 2000.

SANTOS, W.L.P. Scientific literacy: a freirean perspective as a radical view of humanistic science education. *Science Education*, v. 93, n. 2, p. 361-382, 2009.

SCHNETZLER, R.P. Pesquisa em ensino de química no Brasil: conquistas e perspectivas. *Química Nova*, v. 25(S1), p. 14-24, 2002.

SILVA, R.M.G.; SCHNETZLER, R.P. Constituição de professores universitários de disciplinas sobre o ensino de Química. *Química Nova*, v. 28, n. 6, p. 1123-1133, 2005.

SILVA, R.R.; MACHADO, P.F.L. A experimentação no ensino médio de química: a necessária busca da consciência ético-ambiental no uso e descarte de produtos químicos – um estudo de caso. *Ciência & Educação*, v. 14, n. 2, p. 233-249, 2008.

SUTTON, C. Los profesores de ciencias como profesores de lenguaje. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 21, n. 1, p. 21-25, 2002.

TORRES, J.R.; GEHLEN, S.; MUENCHEN, C.; GONÇALVES, F.P.; LINDEMANN, R.H.; GONÇALVES, F.J.F. Ressignificação curricular: contribuições da investigação temática e da análise textual discursiva. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 8, n. 2, p. 1-13, 2008.

WELLINGTON, J. (Org.) *Practical work in school science: which way now?* London: Routledge, 1998.

ZABALZA, M.A. *O ensino universitário:* seu cenário e seus protagonistas. Porto Alegre: Artmed, 2004.

Gostaríamos de agradecer os assessores que colaboraram, ao longo de 2015, emitindo pareceres sobre os artigos submetidos para publicação em Química Nova na Escola:

Acácio Alexandre Pagan
Adriana Vitorino Rossi
Agnaldo Arroio
Aguinaldo Robinson de Souza
Agustina Echeverria
Alice Ribeiro Casimiro Lopes
Alzir Azevedo Batista
Ana Cláudia Kasseboehmer
Ana Luiza Quadros
Andréa Horta Machado
Anelise Maria Regiani
Anna Maria Canavarro Benite
Antonio Aprigio da Silva Curvelo
Antonio Francisco Carrelhas Cachapuz
Antonio R. Fiorucci
Ariane Baffa Lourenço
Artur de Jesus Motheo
Bayardo B. Torres
Carlos Alberto Lombardi Filgueiras
Carmen Fernandez
Carmen Silvia da Silva Sá
Cristhiane Carneiro Cunha Flôr
Daniel Perdigão-Nass
Daniela Franco Carvalho Jacobucci
Daniela Gonçalves de Abreu
Edemar Benedetti Filho
Edênia Maria Ribeiro do Amaral
Ederio Dino Bidoia
Edson José Wartha
Eduardo Bessa Azevedo
Eduardo Galembeck
Elaine Pavini Cintra
Elisa Prestes Massena
Eloi Teixeira César
Emília C. de O. Lima
Eva T. Boff
Fabiana Roberta Gonçalves e Silva
Fabiele Cristiane Dias Broietti
Fabio Augusto Rodrigues e Silva
Fábio Merçon
Fábio Peres Gonçalves
Fernanda Franzolin
Flávia C. G. C. Vasconcelos
Flávia Maria Teixeira Santos
Francis Musa Boakari
Francislê Neri Souza
Guaracira Gouvêa
Guilherme Andrade Marson
Guimes Rodrigues Filho
Hélio de Mattos Alves
Henrique E. Toma
Irene Teresinha Santos Garcia
Jackson Gois da Silva
Jane Raquel Silva de Oliveira
Joao Rufino Freitas Filho
Joaquim F. M. da Silva
José Claúdio Del Pino
José Guilherme da Silva Lopes
José Luis de P. B. Silva
José Otavio Baldinato
Julio Carlos Afonso
Julio Cezar Foschini Lisbôa
Káthia Maria Honório
Leonardo de Araújo e Mota
Luciana Massi
Luciana Nobre de Abreu Ferreira
Luciana Passos Sá
Lucilene Dornelles Mello
Luiz Augusto Rezende
Luiz H. Ferreira
Mara Elisa Fortes Braibante
Marcelo Brito Carneiro Leão
Marcelo Firmino de Oliveira
Marcelo Giordan
Marcelo Lambach
Marcelo Leandro Eichler
Marcia Borin Cunha
Márcia Gorette Lima da Silva
Márcia H. M. Ferraz
Marco Antonio Bueno Filho
Marcos Aires de Brito
Maria Celina Piazza Recena
Maria Helena Roxo Beltran
Mariana Helena Chaves
Marlon Soares
Martha Marandino
Maurício dos Santos Matos
Mauro Bertotti
Moisés Alves Oliveira
Nilmara Braga Mozzer
Nyuara A. S. Mesquita
Orlando Fatibello-Filho
Otávio Aloisio Maldaner
Ourides Santin Filho
Patrícia F. L. Machado
Paulo A. Netz
Paulo A. Porto
Paulo Rogerio Miranda Correia
Per Christian Braathen
Rafael Cava Mori
Reginaldo Alberto Meloni
Rejane Maria Ghisolfi Silva
Renato José Oliveira
Roberto Ribeiro da Silva
Rochele de Quadros Loguercio
Romero Tavares da Silva
Romeu C. Rocha-Filho
Rosária Justi
Rose Mary Latini
Rosebelly Nunes Marques
Rosenira Serpa da Cruz
Salete Linhares Queiroz
Sérgio Henrique Bezerra de Sousa Leal
Sergio R A Leite
Tania Denise Miskinis Salgado
Tathiane Milaré
Tatiana Galieta
Vania Gomes Zuin
Waldmir Nascimento de Araujo Neto
Wilmo Ernesto Francisco Junior