# química nova na escola

VOLUME 40

Nº 4, NOVEMBRO 2018

232 A Fotografia Científica no Ensino: Considerações e Possibilidades para as Aulas de Química
Marcia B. da Cunha

241 O Valor Pedagógico da Curiosidade Científica dos Estudantes
Petronildo B. da Silva, Patrícia S. Cavalcante, Marília G. Menezes, André G. Ferreira e Francislê N. de Souza

249 Corantes: Uma Abordagem com Enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) Usando Processos Oxidativos Avançados
Wendel M. Ferreira, Letícia B. da Rocha, Lenalda D. dos Santos, Bárbara L. S. R. Santos e Ângelo F. Pitanga

258 Aprendizagem Ativo-Colaborativo-Interativa: Inter-Relações e Experimentação Investigativa no Ensino de Eletroquímica
Tâmara N. P. Santos, Carlos H. Batista, Ana P. C. de Oliveira e Maria C. P. Cruz

267 O Uso de Mapas Conceituais no Ensino da Tabela Periódica: Um Relato de Experiência Vivenciado no PIBID
Neusa N. Fialho, Ricardo P. Vianna Filho e Magda R. Schmitt

276 Uma Sequência Investigativa Relacionada à Discussão do Conceito de Ácido e Base
Cleuzane R. Souza e Fernando C. Silva

287 As Videoaulas em Foco: Que Contribuições Podem Oferecer para a Aprendizagem de Ligações Químicas de Estudantes da Educação Básica?
Laila T. G. de Almeida, José D. Ayala e Ana L. de Quadros

297 Extração de Óleos Essenciais por Arraste a Vapor: Um Kit Experimental para o Ensino de Química
João A. Valentim e Elane C. Soares

302 O Uso de Multirrepresentação e Ciclos de Interação em uma Aula Virtual de Química
Emerich M. Sousa e João C. M. Paiva

química nova NA ESCOLA

ISSN 0104-8899
ISSN (on-line) 2175-2699
Novembro
2018
Vol. 40, Nº 4

Indexada no *Chemical Abstracts*

**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**

Telma Rie Doi Ducati

*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 -
Av. Prof. Lineu Prestes, 748, Bloco 3 superior, sala 371
05508-000 São Paulo - SP, Brasil
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*
Av. Prof. Lineu Prestes, 748
05508-000 São Paulo - SP, Brasil
Fone: (11) 3032-2299
Fax (11) 3814-3602
Endereço-e: qnesc@sbq.org.br

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

**Copyright ©2018 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.

**diagramação/capa**
Hermano Serviços de Editoração

# Sumário/Contents

## Espaço Aberto / Issues/Trends

232 A Fotografia Científica no Ensino: Considerações e Possibilidades para as Aulas de Química
*Scientific Photography in Teaching: Considerations and Possibilities for Chemistry Lessons*
Marcia B. da Cunha

241 O Valor Pedagógico da Curiosidade Científica dos Estudantes
*The Pedagogical Value of Scientific Curiosity of Students*
Petronildo B. da Silva, Patrícia S. Cavalcante, Marília G. Menezes, André G. Ferreira e Francislê N. de Souza

## Relatos de Sala de Aula / Chemistry in the Classroom

249 Corantes: Uma Abordagem com Enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) Usando Processos Oxidativos Avançados
*Dyes: an Approach With a Focus on Science, Technology and Society (STS) Using Advanced Oxidation Processes*
Wendel M. Ferreira, Letícia B. da Rocha, Lenalda D. dos Santos, Bárbara L. S. R. Santos e Ângelo F. Pitanga

258 Aprendizagem Ativo-Colaborativo-Interativa: Inter-Relações e Experimentação Investigativa no Ensino de Eletroquímica
*Active-Collaborative-Interactive Learning: Interrelations and Investigative Experimentation in Teaching Electrochemistry*
Tâmara N. P. Santos, Carlos H. Batista, Ana P. C. de Oliveira e Maria C. P. Cruz

267 O Uso de Mapas Conceituais no Ensino da Tabela Periódica: Um Relato de Experiência Vivenciado no PIBID
*The Use of Concept Maps in the Teaching of the Periodic Table: A PIBID Experience Report*
Neusa N. Fialho, Ricardo P. Vianna Filho e Magda R. Schmitt

## Ensino de Química em Foco / Chemical Education in Focus

276 Uma Sequência Investigativa Relacionada à Discussão do Conceito de Ácido e Base
*An Inquiry-Based Sequence Related to the Discussion of Acid and Base Concepts*
Cleuzane R. Souza e Fernando C. Silva

287 As Videoaulas em Foco: Que Contribuições Podem Oferecer para a Aprendizagem de Ligações Químicas de Estudantes da Educação Básica?
*Video Classes in Focus: What Contributions Can they Offer to the Learning of Chemical Bonds by Elementary Education Students?*
Laila T. G. de Almeida, José D. Ayala e Ana L. de Quadros

## Experimentação no Ensino de Química / Practical Chemistry Experiments

297 Extração de Óleos Essenciais por Arraste a Vapor: Um Kit Experimental para o Ensino de Química
*Extraction of Essential Oils by Steam Distillation: An Experimental Kit for Chemistry Teaching*
João A. Valentim e Elane C. Soares

## Cadernos de Pesquisa / Research Letters

302 O Uso de Multirrepresentação e Ciclos de Interação em uma Aula Virtual de Química
*The Use of Multirepresentation and Interaction Cycles in a Virtual Chemistry Class*
Emerich M. Sousa e João C. M. Paiva

http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160135

# Em Defesa da *Escola COM Dignidade*

De acordo com dados do Censo Escolar 2017, divulgados em janeiro último, cerca de 10% das escolas brasileiras de ensino fundamental não contam com pelo menos um dos recursos básicos de infraestrutura: rede de água, energia elétrica ou rede de esgoto. Em 28% das escolas, a destinação dada ao lixo é a queima. Apenas 54% das escolas de ensino fundamental contam com biblioteca ou sala de leitura; 47% têm laboratório de informática; e 34% não dispõem de acesso à internet. A rede de escolas de ensino médio é bem menor e está em melhor situação. Ainda assim, cerca de 54% das escolas de ensino médio não contam com laboratório de ciências; 12% não têm biblioteca ou sala de leitura; e 23% não dispõem de quadra de esportes.

No que se refere aos docentes que atuam no ensino médio, 35% dos professores de química não têm formação na área; entre os professores de física, cerca de 55% não têm formação específica nesse campo da ciência.[1]

Assim sendo, gostaríamos de sugerir a nossos legisladores e formuladores de políticas públicas que passem a defender projetos que enfrentem os reais problemas das escolas brasileiras: Escola COM Rede de Água, Luz e Esgoto; Escola COM Biblioteca; Escola COM Sala de Informática e Internet; Escola COM Laboratório de Ciências; Escola COM Quadra de Esportes; Escola COM Professores Adequadamente Capacitados e Dignamente Remunerados.

No Brasil atual, os valores mais elementares de convivência em sociedade têm sido atacados. Pretende-se abolir a diversidade humana em favor de uma suposta "normalidade" baseada em fundamentalismo religioso, ignorando-se a separação entre Estado e religião. Ao contrário do que esses fundamentalistas gostariam, as pessoas são diferentes, e as múltiplas manifestações de identidade não deixarão de existir mesmo se deixarmos de falar sobre elas. Sob a máscara de uma falsa "neutralidade" da escola, pretende-se impedir que os estudantes utilizem o que aprendem na escola para mais bem compreenderem suas próprias vidas, mantendo uma antipedagógica separação entre o conhecimento escolar e o mundo a sua volta. Para isso, os arautos do obscurantismo se valem de um discurso sedutor para muitos, igualando e confundindo a ciência com a religião, a educação formal com os valores familiares, o pensamento crítico e reflexivo com a doutrinação, a censura com a neutralidade. Assim se desvia a atenção dos problemas que realmente prejudicam a educação brasileira.

Censurar a atividade docente é, de fato, negar o caráter público da escola, é negar a educação como dever do Estado, previsto em nossa Constituição Federal tão vilipendiada nos últimos anos. É parte de um processo mais geral, de negação do próprio papel do Estado na sociedade. Conquistas fundamentais da civilização, como a noção de Direitos Humanos, também são negadas e valoradas negativamente. Assistimos a um retorno à "lei das selvas", pela qual os mais fortes (ou os mais bem adaptados ao ambiente) – no caso, os detentores de maior capital financeiro – sobrevivem, enquanto os mais fracos (ou menos adaptados) estão fadados a se esconder, ao medo diuturno, ao risco da extinção iminente. Por que estamos renunciando à nossa humanidade e abraçando a animalidade? Infelizmente, a maioria de nós, humanos brasileiros deste início de século XXI, sequer entenderá a pergunta, e seguiremos sem resposta.

Enquanto ainda podemos ensinar um pouco das ciências da Natureza – outra construção da civilização para dar sentido ao mundo em que vivemos, e para nos ajudar a sobreviver nele –, este número de *Química Nova na Escola* traz preciosas contribuições para aqueles que se dedicam à educação em química. Reflexões muito úteis sobre o significado da curiosidade no contexto didático, que podem contribuir para o desenvolvimento de um ensino que seja mais significativo para os estudantes, estão presentes no artigo "O valor pedagógico da curiosidade científica dos estudantes". Três artigos constituem bons exemplos da articulação entre teoria e prática, incluindo sugestões de métodos e técnicas experimentais acessíveis aos professores: "A fotografia científica no ensino: considerações e possibilidades para as aulas de química"; "Corantes: uma abordagem com enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) usando Processos Oxidativos Avançados"; e "Extração de óleos essenciais por arraste a vapor: um kit experimental para o ensino de química". Além da experimentação, o ensino e a aprendizagem podem receber relevantes contribuições das tecnologias da informação e da comunicação, cada vez mais presentes no cotidiano. Dois artigos nesta edição exploram diferentes aspectos dessas tecnologias, conforme o leitor poderá observar em "As videoaulas em foco: que contribuições podem oferecer para a aprendizagem de ligações químicas de estudantes da Educação Básica?", e também em "O uso de multirrepresentação e ciclos de interação em uma aula virtual de química". Uma vertente atual do ensino de ciências, relativa à investigação no contexto didático, comparece em dois artigos, que abordam o ensino de conceitos químicos fundamentais: "Uma sequência investigativa relacionada à discussão do conceito de ácido e base"; e "Aprendizagem ativo-colaborativo-interativa: inter-relações e experimentação investigativa no ensino de eletroquímica". Finalmente, esta edição traz também um artigo que utiliza mapas conceituais e uma estratégia lúdica para o estudo da classificação dos elementos químicos: "O uso de mapas conceituais no ensino da Tabela Periódica: um relato de experiência vivenciado no PIBID". Lembramos que, no ano que vem, celebram-se 150 anos da publicação da primeira Tabela Periódica de Mendeleev. Que essa data comemorativa sirva de inspiração a nossos leitores para desenvolver abordagens criativas e inovadoras para o ensino da Tabela Periódica – não para sua memorização, mas para o efetivo entendimento de seu significado e das informações ali contidas. Artigos a respeito serão, como sempre, muito bem vindos!

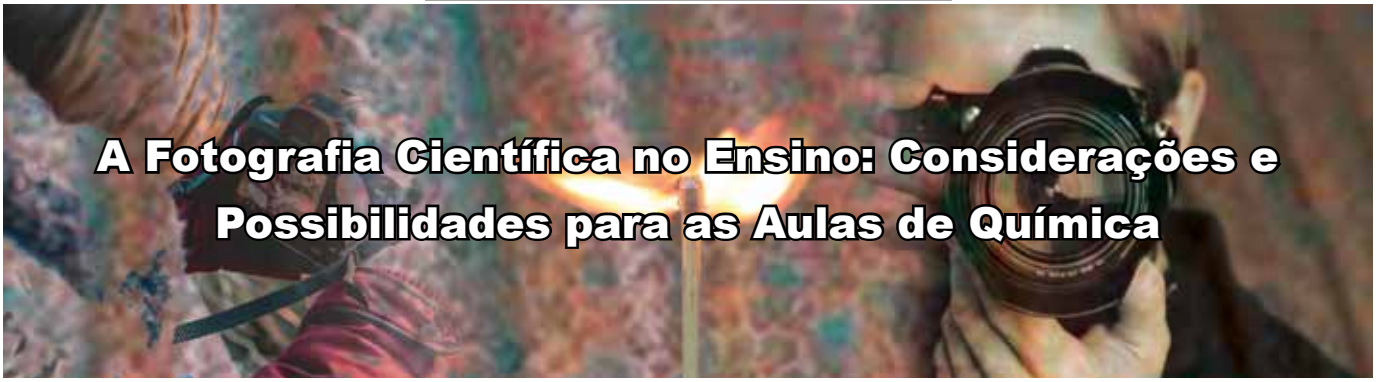
Boa leitura!

*Paulo Alves Porto*
*Salete Linhares Queiroz*
*Editores de QNEsc*

## Nota

[1]Fonte: http://download.inep.gov.br/educacao_basica/censo_escolar/notas_estatisticas/2018/notas_estatisticas_Censo_Escolar_2017.pdf, acessado em Novembro 2018.

http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160129



# A Fotografia Científica no Ensino: Considerações e Possibilidades para as Aulas de Química

**Marcia Borin da Cunha**

A fotografia, na sua caracterização de linguagem não verbal, é amplamente utilizada na sociedade moderna e muito mais ainda na contemporânea sob diversas maneiras, dentre elas, manifestações artístico-culturais, propagandas, divulgação da ciência e na área da pesquisa científica. Neste último caso é conhecida como "fotografia científica". No ensino regular de Ciências/Química, a fotografia pode ser utilizada como meio eficaz para a observação e, também, para o registro de fenômenos. Neste artigo, a proposta é analisar a fotografia científica em dois usos distintos: a fotografia científica observatória e a macrofotografia didática. Em ambos os casos, no entanto, a denominaremos, neste trabalho, como "Fotografia Científica Didática". Para tanto, o artigo sugere atividades didáticas que podem ser realizadas em aulas de Química, considerando que a escola disponha pelo menos de tecnologias como *smartphones*, *tablets* e máquinas fotográficas digitais.

▶ fotografia científica didática, recurso didático, observação científica ◀

Recebido em 28/11/2017, aceito em 13/04/2018



O ano oficial da produção da primeira fotografia na história da humanidade é 1839, na Europa, entretanto já havia estudos anteriores a essa data sobre o processo de registro de imagens por ação da luz, estudos esses iniciados bem antes, no século XVI. Há registros que, no livro "De Rebus Metallicis", de 1566, do alquimista Fabriozios (1537-1619), já eram observados o enegrecimento de "lunacornata" (nome com que era conhecido o cloreto de prata), quando este se encontrava sob a ação da luz (Bernardo, 2007). Também em 1727 o médico e químico Schulze verificou que o cloreto de prata era sensível à ação da luz, tendo conseguido registrar imagens temporárias. Um tempo depois, Scheele (1742-1786), em 1777, no seu livro "Chemische Abhandlung von der Luft und dem Feue" (Tratamento químico de ar e fogo), faz referência à propriedade de o cloreto de prata enegrecer quando exposto à luz solar.

Efetivamente, porém, Louis Jacques Mandé Daguerre e Joseph-Nicéphore Niépce, na França, entre os anos de 1815 e 1840, foram os primeiros a registrar uma imagem persistente por meio de uma reação fotoquímica. Assim, em 7 de janeiro de 1839, Daguerre apresentou o processo para o registro fotográfico, que consistia de uma placa de cobre coberta com prata polida e sensibilizada, exposta à luz e tratada quimicamente (Peres, 2013). Essa foi uma etapa importante, entretanto, a câmera fotográfica só se tornou popular quando, por volta de 1888 (49 anos após o registro do processo fotográfico), a empresa Kodak® desenvolveu um aparelho com que qualquer pessoa (sem conhecimento avançado) poderia fotografar. Desde então, as câmeras escuras sofreram avanços tecnológicos, possibilitando maior facilidade quanto ao seu uso, ao baixo tempo para a revelação das fotografias, melhor qualidade e acessibilidade. Atualmente, além das câmeras fotográficas digitais e profissionais, é possível registrar fotografias com *tablets* e *smartphones*.

Apesar de a fotografia ter revolucionado o modo de conceber o mundo, por meio da produção e da reprodução de uma linguagem visual não verbal paralelamente à linguagem verbal (oral ou gráfica), esta, logo após o seu surgimento, não deixou de ser alvo de críticas por parte dos artistas.

Apesar de a fotografia ter revolucionado o modo de conceber o mundo, por meio da produção e da reprodução de uma linguagem visual não verbal paralelamente à linguagem verbal (oral ou gráfica), esta, logo após o seu surgimento, não deixou de ser alvo de críticas por parte dos artistas. É,

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

entretanto, justamente esse fato que fez dela o meio mais popular de produção de imagens, ou seja, era um meio acessível para a "eternização" de imagens.

> *O caráter mágico das imagens é essencial para a compreensão das suas mensagens. Imagens são códigos que traduzem eventos em situações, processos em cenas. Não que as imagens eternalizem eventos; elas substituem eventos por cenas. E tal poder mágico, inerente à estruturação plana da imagem, domina a dialética interna da imagem, própria a toda mediação, e nela se manifesta de forma incomparável* (Flusser, 1985, p. 7).

## Fotografia Científica

A fotografia, quando tomada como modo de registro dos quefazeres da ciência, acompanha a sua história. No livro de Costa e Jardim (2014), sobre os 110 anos da fotografia científica em Portugal, as autoras apresentam que, já em 1851, na Grande Exposição de Londres, foram exibidas várias fotografias científicas, como uma fotografia da Lua, de John Adams Whipple. Também as autoras citam que, em 1889, na Exposição de Paris, o príncipe Alberto, de Mônaco, apresentou o resultado da exploração de oceanos, exibindo fotografias e instrumentos oceanográficos. Esses e outros exemplos demonstram que a utilização da fotografia para registro científico não é nada recente. Eis então que surge o seguinte questionamento: — *Como podemos definir fotografia científica?* Em resposta, pode-se dizer que, de modo geral, a fotografia científica é caracterizada pela aquisição e utilização de imagens no processo de produção científica e de sua divulgação. Para Belz: "[...] a fotografia científica trata sobre o registro fotográfico de temas que são muito pequenos, muito distantes, muito rápidos ou muito difíceis de ver a olho nu, registro de aspectos físicos e ecológicos de ambientes naturais e seres vivos e para registros antropológicos" (Belz, 2011, s.p.).

Ainda, para esse autor, a ciência tem como princípio o entendimento da realidade e está fundamentada em métodos de observação e de registro de fatos e de fenômenos, observáveis ou não, mas que podem ser medidos e calculados. Assim, a fotografia é um meio extremamente útil para a demonstração do objeto de estudo, bem como para o registro de fatos e o acompanhamento de fenômenos.

Em áreas de conhecimento como a medicina e a biologia, a fotografia é amplamente utilizada para o registro de dados da ciência, de provas e de evidências. São imagens técnicas que funcionam tal qual o lápis e o caderno de anotações do cientista, que existia desde tempos mais remotos e em que o cientista fazia anotações e desenhos. Atualmente, com o uso de computadores, todo esse processo de registro tornou-se diferenciado, o que inclui introduzir a fotografia como modo de apontamento de etapas e de processos. Além disso, as imagens produzidas na ciência e pela ciência servem como instrumento para a divulgação científica, pois a fotografia é um meio de informação apropriado; nela está presente o conhecimento científico associado às possibilidades de interação subjetiva de sua construção, ou à sua captura. A reprodução de uma "realidade" daquele momento em que a fotografia acontece representa também o tempo e o espaço de todo o acontecimento em um instante específico, que é uma escolha daquele que fotografa. O fotógrafo então utiliza de sua sensibilidade e percepção acurada para transformar um evento/fenômeno em um registro único e que fará mais sentido ao ser acoplado às informações científicas. Também em laboratórios bem equipados é possível o registro fotográfico utilizando-se tecnologias específicas, como microscópicos óticos, lentes macro e outros.

Belz (2011, s.p.), em seu artigo disponível *on-line*, define alguns tipos de fotografia científica, dentre elas a fotomacrografia, a fotomicrografia, a termografia, a fotografia de infravermelho, a fotografia de ultravioleta, a fotografia de fluorescência, a fotografia de alta velocidade, a fotografia Schlieren, a fotografia morfométrica, a fotografia documental, a fotografia observatória e a fotografia subaquática. Muitos desses tipos de fotografia científica exigem recursos tecnológicos de valor monetário elevado e que dificilmente farão parte da escola. Considerando estes aspectos, para o presente artigo trataremos somente da fotomacrografia, da fotografia documental e da fotografia observatória, por considerar que esses tipos podem ser utilizados nos diferentes níveis de ensino.

- *Fotomacrografia ou macrofotografia:* envolve o uso de lentes macro para fotografar objetos diminutos, ou ampliar detalhes de difícil observação a olho nu. Esse tipo de fotografia exige lentes específicas para máquina fotográfica e grande habilidade do fotógrafo para manipular a profundidade de campo e corrigir distorções. Embora essa técnica exija recursos de alto custo, quando pensamos no ensino de ciências é possível realizar esse tipo de fotografia com lentes alternativas, as quais pretendemos apresentar neste artigo. Para o ensino de Ciências/Química denominamos esse tipo de fotografia como macrofotografia e a utilizamos para registrar a ampliação de estruturas químicas ou o registro ampliado de fenômenos nem sempre visíveis a olho nu.
- *Fotografia documental*: utilizada para registrar aspectos ecológicos e comportamentais de seres vivos no ambiente natural, com a mínima interferência do fotógrafo. No ensino de ciências é possível o planejamento de atividades em ambiente aberto para o registro de aspectos de interesse ao estudo de determinados temas, como, por exemplo, meio ambiente, solo, astros etc.
- *Fotografia observatória:* utilização de imagens reais para registro de fatos em determinados ambientes ou registro histórico. Em relação à fotografia observatória, nós a consideramos como um meio de registro ambiental de qualquer natureza, assim como o registro de fenômenos químicos e físicos observáveis dentro e fora de laboratórios.

Além desses tipos de fotografia científica (com possibilidade para o ensino de ciências), podemos dizer que, no

ensino de ciências escolar, o registro de atividades práticas e experimentais pode ser aprimorado por meio da fotografia. Assim, apontamos aqui elementos para definir o que consideramos **Fotografia Científica Didática**.

## A Fotografia Científica Didática

Denominamos Fotografia Científica Didática toda a fotografia utilizada para atividades ligadas ao ensino de um conteúdo escolar. Nesse sentido, os aspectos da fotografia científica e os aspectos didático-pedagógicos de um determinado estudo estarão intimamente ligados.

Quando olhamos mais atentamente uma fotografia, vale dizer, quando os estudiosos se propõem a "ler" imagens fotográficas, então eles se permitem resgatar a memória e a história presente nela, o que possibilita "olhar" de outra maneira a realidade, pois essa observação faz o "leitor" da fotografia associar essa imagem a outras imagens mentais, levando-o a reconstituir o passado, revivendo (de certa forma) emoções e situações que foram por ele vivenciadas anteriormente.

Compreender o porquê de um estudante capturar determinada cena, objeto ou pessoa pode ser uma boa ferramenta de trabalho para o professor, pois a percepção é resultante de um mecanismo mental que tem a sua origem nas ideias, nas percepções anteriores, na história de vida etc.



A fotografia e a memória se confundem e a interpretação de uma imagem depende de um diálogo que se estabelece entre fotógrafo-fotografia-observador. Dessa forma, toda fotografia necessita que quem a fotografou nos fale sobre ela, ou seja, como foi produzida (técnica), que intenção havia para tal registro. Uma imagem sem que se fale dela é um espaço aberto a interpretações que nem sempre condizem com o que está registrado. Assim, portanto, quando ocorre essa conversação sobre a fotografia, o diálogo estabelecido fornece elementos importantes para a análise, elementos que vão além do meramente imaginado. Posto isso, podemos dizer que a utilização da Fotografia Científica Didática é uma ferramenta para discussão de percepções entre aquele que fez o registro (percepção real) e aquele que observa o resultado do registro (percepção imaginada).

A fotografia pode servir como alicerce para investigar a percepção de um observador, assim como também pode ser um instrumento de aprimoramento da habilidade perceptiva. Compreender o porquê de um estudante capturar determinada cena, objeto ou pessoa pode ser uma boa ferramenta de trabalho para o professor, pois a percepção é resultante de um mecanismo mental que tem a sua origem nas ideias, nas percepções anteriores, na história de vida etc. As ideias que o estudante tem sobre um determinado objeto ou situação, aquilo que mais lhe chama a atenção, são elementos ligadas ao conhecimento de mundo que esse estudante possui e, portanto, são importantes para os processos de ensino aprendizagem.

> [...] *o uso da máquina fotográfica pode servir como ferramenta para investigar a percepção do observador que está por trás da tela, pode vir a saber por que ele capturou determinada imagem, objeto ou pessoa, se deve a uma percepção individual e própria, daquilo que lhe chama a atenção* (Faria e Cunha, 2016, p. 58).

Por outro lado, professores estão constantemente em busca de recursos e de ferramentas didáticas que possam contribuir para o processo de ensino aprendizagem de modo a despertar o interesse e a atenção dos estudantes, bem como possibilitar uma melhor compreensão conceitual. Concomitante a isso, percebemos que tecnologias, como celulares do tipo *smartphones*, *tablets* e outros estão cada vez mais presentes no cotidiano de crianças e de adolescentes e, nesse sentido, é relevante aproveitá-los no contexto escolar, já que ter acesso a esses recursos se tornou algo comum.

Deixar a câmera na mão de estudantes para "aprender" ciências pode ter grande contribuição no processo de construção do conhecimento, pois:

> [...] *as ideias que os estudantes têm acerca de si mesmos como aprendizes científicos influenciam mais em seus esforços para aprender Ciência que aquelas ideias de aprender Ciência de uma maneira formalizada e distante. Por isso, o importante então é abordar o estudo de práticas por meio das quais os estudantes constroem seu conhecimento* (Lotero, 2014, p. 257, tradução nossa).

Assim consideramos que o ato de fotografar e seu produto – a fotografia – são recursos de ensino com boas possibilidades didáticas e que podem ser utilizados na maioria das escolas e das salas de aula do nosso país. É nesse contexto que apresentamos, a seguir, alguns elementos da Fotografia Científica Didática para o ensino de Química.

## Fotografia no Ensino de Química

Para Spencer, a contribuição da fotografia nas ciências é a sequência qualificada de informação que não há como se obter de nenhuma outra forma, pois a fotografia nos atribui uma espécie de olho sintético – "uma retina imparcial e infalível" capaz de converter, em registros visíveis, fenômenos, objetos e lugares cuja existência, de outra forma, não haveríamos conhecido nem dela suspeitado (Spencer, 1980 *apud* Borges *et al.*, 2010).

Esse "olho sintético" pode ser um bom aliado para o registro da observação e tem importância para o desenvolvimento da ciência na escola. Segundo Afonso (2008), a observação "[...] envolve a descrição e a identificação de propriedades dos objetos e fenômenos e das semelhanças e

diferenças entre essas propriedades e ainda a descrição de mudanças observáveis nas propriedades desses objetos e fenômenos" (Afonso, 2008, p. 76, tradução nossa).

Nós, em nosso cotidiano, estamos acostumados a observar as coisas sem percebê-las, pois, grosso modo, não estamos habituados a processar os detalhes dos objetos observados. Observar, no sentido científico, é uma habilidade que deve ser desenvolvida ao longo do processo escolar, em diversas disciplinas, mas, em especial, nas disciplinas de Ciências e Química. Em geral, visualizamos o conjunto, o todo das coisas, e isso dificulta o detalhamento do objeto ou do fenômeno. Entretanto, a observação no ensino de ciências deve ser distinta de simplesmente ver ou olhar para algo rotineiramente.

Sobre o processo de observar, temos que considerar que a observação não está isenta de conhecimentos anteriores, pois nossa mente não é um espaço em branco: "Nós vemos o mundo através das lentes teóricas constituídas a partir do conhecimento anterior" (Praia *et al.*, 2002, p. 136).

Afonso (2008) ressalta que nossas observações não são neutras, mas indubitavelmente influenciadas por aquilo que já sabemos, pela cultura a que pertencemos, por expectativas que criamos e ainda por aquilo que procuramos saber.

De modo geral, podemos dizer que existem dois modos para realizar observações, quais sejam, a observação direta e a observação indireta. O primeiro modo de observação visa estabelecer um contato direto com o objeto de estudo: plantas, animais e o que mais estiver disponível no meio. Já o segundo é aquele que se realiza com a ajuda de recursos técnicos ou os seus produtos, como microscópios, filmes, gravuras, fotografias, dentre outros.

Nesse sentido, a utilização da Fotografia Científica Didática torna-se um recurso importante na medida em que os estudantes podem ter o registro do fenômeno e o aprimoramento da observação.

Ao realizar o trabalho com fotografias, percebe-se que o detalhamento da imagem produzida acontece em sala de aula, pois o estudante, quando fotografa, ele o faz de modo imediato, instantâneo, ou seja, não há uma reflexão prévia sobre o que será registrado ou, quando alguma reflexão acontece, ela é ainda bem incipiente. Todavia, os estudantes devem ser estimulados a pensar e a refletir antes de registrarem as imagens, de modo a relacionarem, desde logo, as suas ideias, os seus conceitos e os seus conhecimentos ao que é observado.

As pessoas têm determinadas percepções sobre as coisas e é a partir dessas percepções que acontece a observação:

> *A observação é assim entendida como um processo selectivo, estando a pertinência duma observação ligada ao contexto do próprio estudo, tornando-se necessário ter já alguma idéia a partir da [expectativa] do que se espera observar* (Praia *et al.*, 2002, p. 136).

Ao realizar o trabalho com fotografias, percebe-se que o detalhamento da imagem produzida acontece em sala de aula, pois o estudante, quando fotografa, ele o faz de modo imediato, instantâneo, ou seja, não há uma reflexão prévia sobre o que será registrado ou, quando alguma reflexão acontece, ela é ainda bem incipiente.

Como nosso objetivo é a utilização da Fotografia Científica Didática no ensino de Ciências/Química, apresentamos, a seguir, algumas possibilidades para o seu uso como recurso para as aulas de Química. Para a escolha dos recursos, consideramos especialmente a disponibilidade de materiais presentes nas escolas ou materiais de que os próprios estudantes dispõem, como *tablets*, aparelhos celulares tipo *smartphones,* câmeras fotográficas digitais e outros recursos de baixo custo (como lentes de apontador laser), mas que tenham boas possibilidades didáticas. Neste artigo trazemos duas possibilidades para o uso da Fotografia Científica Didática nas aulas de Química: a Fotografia Científica Observatória (FoCO) e a Macrofotografia Didática (MFD). A FoCO consiste no registro de fenômenos em ambiente externo, ou em outro espaço delimitado pelo professor, como, por exemplo, o laboratório. A segunda é o acompanhamento de atividades experimentais (na escola ou fora dela), observação de objetos e de fenômenos com utilização de recursos que podem ampliar a imagem.

**1. Fotografia Científica Observatória (FoCO):** Para a realização de atividades com a FoCO sugerimos a escolha de temas que sirvam de condutores da atividade. Esses temas são âncoras conceituais que darão suporte às discussões posteriores, a serem realizadas na sala de aula. Dentre os temas podemos citar: Reações Químicas no Ambiente (evidências de reações, exemplos de reações), Fenômenos Físicos e Fenômenos Químicos, Substâncias, Misturas, Química na Cozinha, Degradação Ambiental e outros.

A condução da atividade acontece com a proposição, por parte do professor, de um tema. Uma vez determinado o tema, os estudantes devem fazer registros fotográficos para posterior discussão em sala de aula. O trabalho pode ser realizado com estudantes organizados por grupos, determinando-se um número de fotos que devem ser obtidas. As discussões posteriores acontecem em conjunto com a turma, por meio do compartilhamento das fotos em tela de projeção. Sugere-se que o professor discuta pausadamente cada fotografia, solicitando inicialmente as percepções dos observadores (todos os alunos da classe) e, posteriormente, dos autores da fotografia. Essa orientação é importante, porque a fotografia tem um sentido especial àquele que a produziu, não sendo, muito provavelmente, o mesmo sentido/significado para os demais. Também é importante observar que a fotografia e o tema fotografado apresentam ligação direta, mas a fotografia não substitui o tema. É apenas um código/sinal registrado pela máquina. Para Kubrusly (2006): "É impossível separar

a fotografia do tema fotografado, mas ela não é o tema, é apenas o vestígio deixado por ele no momento mágico do clique" (Kubrusly, 2006, p. 32).

No Quadro 1 apresentamos alguns exemplos de fotografias realizadas em atividade de Fotografia Científica Observatória, cujo tema foi "Reações Químicas e suas Evidências". Nessa atividade observamos que os estudantes (a maioria) trouxeram imagens de reações no ambiente; poucos apresentaram fotos de evidência de reações. Esses são aspectos que podem ser discutidos com os estudantes quando as imagens são apresentadas, ou seja: — *O que é reação química? — Como perceber a ocorrência de uma reação química?* Essa discussão tem elementos importantes para o professor construir o conceito de reação química junto com os alunos, bem como as percepções dos estudantes em relação a esse conceito.

Nas imagens dispostas no Quadro 1 apresentamos alguns exemplos obtidos em atividade no interior da universidade com estudantes de Química Licenciatura. Nessa atividade utilizamos câmera fotográfica digital, isso em função da facilidade de transferência dos arquivos por meio do cartão da câmera, inserindo-o no *notebook*, para posterior projeção em projetor multimídia.

Uma segunda sugestão de Fotografia Científica Observatória para as aulas de Química é a observação e o acompanhamento de atividades experimentais por meio de registro fotográfico. Nesse sentido, os professores podem elaborar atividades experimentais inserindo a fotografia em experimentos clássicos de Química. A ideia é que a fotografia seja um componente a mais para o registro e a discussão do experimento, inclusive para a construção de relatórios, análise de resultados e confronto de ideias em processos de interação de grupos em sala de aula/laboratório.

Um exemplo de utilização da fotografia em experimentos pode ser consultado em publicação da revista Química Nova na Escola, sobre toxidade de metais (http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc35_2/03-QS-61-11.pdf). Nesse exemplo, os autores acompanham o desenvolvimento de bulbos de cebola durante um intervalo de tempo para, posteriormente, procederem à análise dos dados. Todo acompanhamento é realizado por meio da fotografia.

Ainda considerando a Fotografia Didática Observatória, trazemos a ideia do "ensino por investigação". Nesse tipo de ensino, em atividades experimentais ou teóricas, a fotografia pode ser um grande aliado para o acompanhamento de etapas de uma Sequência de Ensino Investigativo (SEI), bem como para a construção e organização de dados e análises. As SEIs têm como objetivo não apenas a observação de fenômenos ou a realização dos passos previamente definidos de um experimento (manipulação). Para Carvalho (2013), o que se espera do ensino por investigação é que os estudantes ultrapassem a ideia de contemplação e de manipulação, mas que sejam ativos no processo, ou seja, que façam questionamentos, que testem hipóteses, que realizem trocas de informações e sistematizações de ideias. Carvalho (2013) também não propõe um modelo de ensino com etapas fixas, mas nos indica "etapas essenciais", etapas que definem o que a autora denomina SEIs. Nesse sentido, a ideia da SEI envolve um **Problema**, acompanhado de uma pergunta simples, objetiva, que possa desencadear ações nos estudantes; em seguida, busca-se a **Solução do Problema**, que acontece por meio de discussões em pequenos e grandes grupos. Essas discussões são acompanhadas por **Reflexões** sobre as relações de causa e efeito e relações de **Contextualização** do problema, relacionando-o com o cotidiano. Ao final é importante que seja realizado o **Registro**, no qual estarão presentes todos os elementos utilizados pelos estudantes para elucidar o problema. Esse registro pode ser realizado na forma de texto e/ou de desenho. É então nesse contexto que propomos a inserção da Fotografia Científica Didática do tipo FoCO, ou seja, a fotografia será considerada um dos elementos de registro, tanto das etapas que envolvem a SEI, quanto da finalização do trabalho. Será por meio da fotografia que os estudantes poderão acompanhar o processo de teste de hipóteses, bem como o seu registro final e análises.

**2. Macrofotografia Didática (MFD):** A MFD envolve a utilização de lentes para fotografar visando ampliar detalhes de difícil observação a olho nu. Em geral esse tipo de fotografia exige lentes específicas acopladas a uma boa máquina fotográfica. No nosso caso, utilizamos duas formas de produzir macrofotografias, formas que, para fins didáticos, nos parecem apropriadas e de baixo custo. Uma possibilidade é acoplar à lente do *tablet* ou do *smartphone* uma lente de um apontador laser; a outra é utilizar uma gota de água como "lente de aumento".

Quadro 1: Atividade: Reações Químicas

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | |
| Combustão de combustível | Pó químico | Reação de combustão | Reação de oxidação |

Fonte: arquivo próprio.

No primeiro caso é preciso acoplar a um *tablet* ou a um *smartphone* uma lente que se encontra no interior de um apontador laser (Figura 1). O procedimento é o seguinte: (*i*) abrir a parte de cima do apontador laser e retirar a lente do seu interior; (*ii*) utilizar um grampo de cabelo para segurar a lente; (*iii*) fixar o grampo com a lente ao *tablet* ou ao *smartphone* com uma fita adesiva. Para isso, é preciso utilizar uma fita de fácil remoção, isso para não danificar o aparelho; e (*iv*) a montagem final do dispositivo para a macrofotografia pode ser visualizada na Figura 2.

Figura 1: Lente do laser. Fonte: arquivo próprio.

Figura 2: Montagem final do dispositivo em *tablet*. Fonte: arquivo próprio.

Para fotografar, pode-se utilizar um suporte semelhante ao apresentado na Revista Galileu e disponível em http://revistagalileu.globo.com/Tecnologia/Inovacao/noticia/2014/10/aprenda-como-transformar-seu-smartphone-em-um-microscopio-caseiro.html.

Na Figura 3 apresentamos um suporte montado para macrofotografia com *tablet*.

No nosso suporte utilizamos vidro, parafusos, base de madeira, porcas e arruelas. Como fonte de iluminação, uma lanterna pequena, tipo de lanterna para cabeça.

Abaixo apresentamos a macrofotografia de um prego oxidado. Nessa fotografia, detalhes dessa oxidação podem ser observados com maior nitidez, o que não seria visível a olho nu ou em fotografia ampliada. Na Figura 4 apresentamos uma fotografia normal de um prego, obtida em *tablet* e, na Figura 5, macrofotografias em *tablet* com a lente do apontador laser, nas quais se pode observar o processo de oxidação do prego, pouco visível na Figura 4.

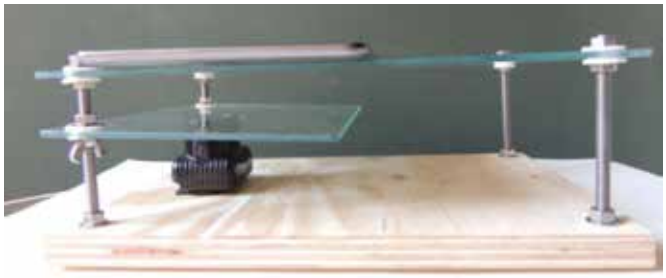


Figura 3: Suporte para o *tablet*. Fonte: arquivo próprio.

Figura 4: Fotografia normal com *tablet* – prego oxidado. Fonte: arquivo próprio.

Na Figura 5, as fotografias aparecem ampliadas em aproximadamente 175 vezes em relação à fotografia sem a utilização de lente de laser. Essa ampliação nos permite observar o objeto em seus detalhes, identificando também proeminências da estrutura, como é o caso das imperfeições produzidas na oxidação.

Outra forma de MFD pode ser realizada com uma gota d'água colocada sobre a lente convergente da câmera do *tablet* ou do *smartphone*, como apresentado na Figura 6.

A gota de água utilizada na lente do aparelho propicia a ampliação da imagem várias vezes. Como isso acontece? Explicando de modo reduzido, podemos dizer que a gota d'água tem uma região central quase esférica e que é semelhante a uma lente biconvexa. As lentes são objetos translúcidos que têm duas superfícies refrativas, ou seja, a luz muda de direção de propagação ao mudar de um meio para o outro (água e ar), pois o índice de refração da água é diferente do índice do ar.

Na Figura 7 apresentamos duas fotografias obtidas com *smartphone* e gota d'água após a combustão de um papel.

Na Figura 8 trazemos mais uma imagem de macro obtida com *smartphone* e gota d'água. Abaixo podem ser observados os cristais de sulfato de cobre hidratado (azul) e desidratado (branco) – após aquecimento. À esquerda, a fotografia de sulfato de cobre monoidratado (branco) e pentaidratado (azul) comparados ao tamanho de uma caneta e, à direita, a macrofotografia de sulfato de cobre monoidratado e pentaidratado.

A utilização desses dois recursos pode acontecer em situações didáticas variadas. O professor pode utilizar a macrofotografia para a observação tanto de substâncias quanto de reações, fotografias nas quais a intenção é mostrar aspectos pouco visíveis a olho nu. Também esse tipo de fotografia pode ser um importante recurso para a produção de um material de apoio à exposição do professor.

Figura 5: Macrofotografia com *tablet* + lente – prego oxidado. Fonte: arquivo próprio.

Figura 6: Técnica da gota d'água com celular. Fonte: arquivo Fabíola Faria.

Figura 7: Papel após combustão: à esquerda comparado ao tamanho de uma caneta e, à direita, a sua macrofotografia. Fonte: arquivo Fabíola Faria.

Figura 8: Desidratação do sulfato de cobre: à esquerda comparado ao tamanho de uma caneta e, à direita, a sua macrofotografia. Fonte: arquivo Fabíola Faria.

## Considerações sobre o uso da Fotografia Científica Didática

Nossas pesquisas, em ensino de Ciências e Química, têm nos levado a acreditar que a inserção da fotografia em atividades didáticas é muito mais do que um apelo ao uso da imagem e de tecnologias em sala de aula. Temos, durante três anos, realizado atividades com a fotografia em classes de graduação em Química, estudantes do ensino médio e com crianças, bem como analisado livros didáticos de Química no que se refere à imagem e fotografia (Vogt *et al.*, 2018a), ou análise, junto aos estudantes, de imagem de propagandas que apresentam aspectos da ciência (Miola, 2017). Em todas as atividades, os resultados se mostraram promissores, tanto no que se refere à utilização da fotografia para explorar um tema, quanto para a observação em atividades experimentais, quanto ainda para discutir com estudantes imagens presentes em seu livro didático ou na mídia.

Em artigo já publicado (Vogt *et al.*, 2018b) apresentamos uma atividade realizada com estudantes do segundo ano do ensino médio, quando eles observaram o processo de ferrugem em suas casas, a partir de três amostras de três objetos diferentes fornecidos pelo professor/pesquisador. Aos estudantes (reunidos em grupos) foram fornecidos três pregos, três lacres de lata de refrigerante e três pedaços de palha de aço. Os estudantes deveriam escolher três soluções diferentes e observá-las durante cinco dias consecutivos. Todas as observações deviam ser registradas por meio de fotografias, depois apresentadas e discutidas em sala de aula. Nessa atividade, a fotografia foi utilizada como registro do processo e análise, já que os estudantes deveriam responder à questão: — *Quais são os fatores que afetam a formação da ferrugem de um metal exposto a diferentes condições?* O resultado dessa pesquisa está disponível em http://www.ese.ipvc.pt/enec2017/XVIIENEC_ATAS_.pdf.

Em outra publicação (Faria e Cunha, 2016) apresentamos as análises realizadas em atividade com crianças do 4º ano do ensino fundamental, a partir da observação e do registro fotográfico, na escola, de três temas: (*i*) Ciência, (*ii*) Meio Ambiente e (*iii*) Solo. As crianças deveriam observar o ambiente da escola e registrar imagens que as remetessem aos temas propostos pelo professor/pesquisador. Cada grupo (de três crianças) deveria apresentar uma foto para cada tema e falar sobre ela para toda a turma. Essa dinâmica possibilitou que as crianças aprimorassem a habilidade de observar, de registrar, de tomar decisão em grupo e de selecionar, pois tinham apenas uma máquina fotográfica por grupo e a condição de registro fotográfico único para cada tema. Além das habilidades mencionadas, a discussão em sala de aula possibilitou observar as percepções das crianças sobre esses temas e aprimorar os conceitos de ciência e de meio ambiente.

No que se refere às análises em livros didáticos de Química, realizamos investigações nas imagens apresentadas pelos autores em atividades experimentais das coleções de livros didáticos de Química, selecionados pelo Programa Nacional do Livro Didático (Brasil, 2014). Nossas conclusões indicam que os livros analisados exploram pouco o recurso da fotografia para fins de experimento investigativo. Na maioria dos livros, a fotografia é utilizada apenas para ilustrar os experimentos, desconsiderando as potencialidades da fotografia para o acompanhamento e a análise de processos (Vogt *et al.*, 2018a).

Também no contexto do livro didático de Química realizamos pesquisa com estudantes do ensino médio sobre as percepções a respeito de ciência e de cientista a partir da observação de fotos dos cientistas presentes nos livros didáticos de Química (Leske, 2017).

Sobre análise de propagandas que trazem aspectos da ciência, realizamos atividade com estudantes do ensino médio para discutir aspectos presentes nessas propagandas, no sentido de aprimorar o senso crítico dos estudantes no que se refere ao consumo e às escolhas do consumidor (Miola, 2017).



## Notas

Alguns exemplos de fotografia científica histórica podem ser visualizados no sítio http://sciencephoto.campus.ciencias.ulisboa.pt/pictures.

Exemplos do uso da FoCO em experimentos no artigo http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc35_2/03-QS-61-11.pdf e MFD no artigo http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc40_1/10-EEQ-13-17.pdf.

**Marcia Borin da Cunha** (borin.unioeste@gmail.com) é graduada em Química Licenciatura com mestrado, doutorado e pós-doutorado em educação. Professora da Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Toledo, PR – BR.

## Referências

AFONSO, M. M. *A educação científica no 1º ciclo do ensino básico:* das teorias às práticas. Porto: Porto Editora, 2008.

BELZ, C. E. A fotografia científica. *Site Fotografia Científica*. 2011. Disponível em http://lebioufpr.wixsite.com/lebio/single-post/2013/05/01/A-Fotografia-Cient%C3%ADfica, acessado em Outubro 2018.

BERNARDO, L. M. *Histórias da luz e das cores.* Vol. II. Porto: Editora da Universidade do Porto, 2007.

BORGES, M. D.; ARANHA, J. M. e SABINO, J. A fotografia de natureza como instrumento para a educação ambiental. *Ciência & Educação*, v. 16, n. 1, p. 149-161, 2010. Disponível em http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v16n1/v16n1a09.pdf, acessado em Outubro 2018.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. *Guia de livros didáticos*: PNLD 2015. Química: ensino médio. Brasília: MEC/SEB, 2014.

CARVALHO, A. M. P. O ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativa. In: _____. (Org.). *Ensino de ciências por investigação:* condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning, 2013, p. 8-13.

COSTA, F. M. e JARDIM, M. E. (Coords.). *100 anos de fotografia científica em Portugal (1839-1939).* Lisboa: Edições 70, 2014 (Coleção: Extra Coleção).

FARIA, F. C. e CUNHA, M. B. 'Olha o passarinho!' A fotografia no ensino de ciências. *Acta Scientiarum. Human and Social Sciences*, v. 38, n. 1, p. 57-64, 2016. Disponível em http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciHumanSocSci/article/view/28527/pdf, acessado em Outubro 2018.

FLUSSER, V. *Filosofia da caixa preta.* São Paulo: Hucitec, 1985.

KUBRUSLY, C. A. *O que é fotografia.* 4ª ed. São Paulo: Brasiliense, 2006.

LESKE, G. *Percepção de cientistas e da história da ciência em livros didáticos de química.* Dissertação (Mestrado em Educação). Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2017. Disponível em http://tede.unioeste.br/handle/tede/3341, acessada em Outubro 2018.

LOTERO, L. A. A. Si Galileo Galilei hubiera tenido una cámara digital: enseñando ciencias a una generación digital. *Enseñanza de las Ciencias*, n. 32, v. 1, p. 243-261, 2014.

MIOLA, D. *Ciência na propaganda: um estudo de caso com estudantes de uma turma de ensino médio integrado*. Monografia (Graduação em Química Habilitação Licenciatura). Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2017.

PERES, I. M. *Fotografia científica em Portugal, das origens ao século XX: investigação e ensino em química e instrumentação*. Tese (Doutorado em Química). Universidade de Lisboa, Lisboa, 2013.

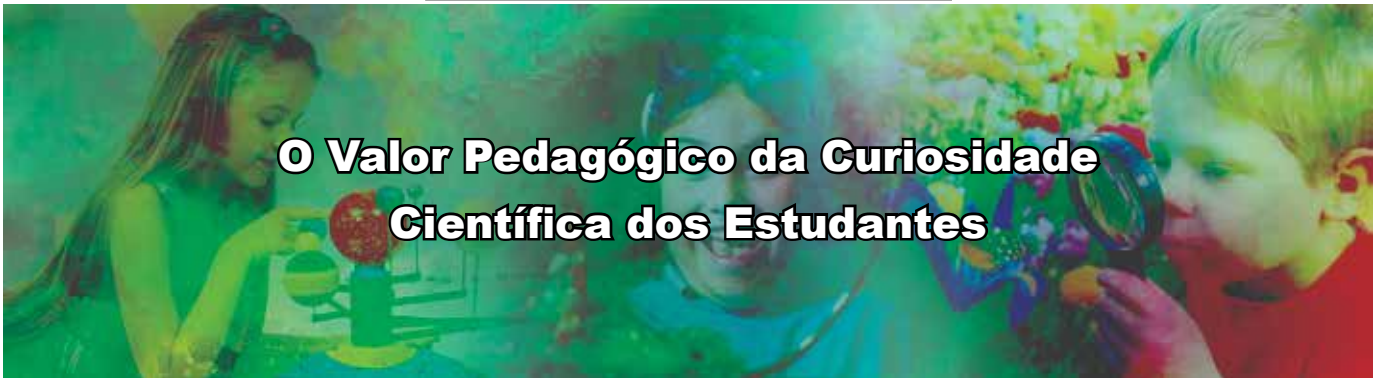
PRAIA, J. F.; CACHAPUZ, A. F. C. e GIL-PÉREZ, D. Problema, teoria e observação em ciência: para uma reorientação epistemológica da educação em ciência. *Ciência & Educação*, v. 8, n. 1, p. 127-145, 2002.

VOGT, C. F. G.; CECATTO, A. J. e CUNHA, M. B. A fotografia científica e as atividades experimentais: livros didáticos de química. *ACTIO*, v. 3, n. 1, p. 56-74, 2018a. Disponível em https://periodicos.utfpr.edu.br/actio/article/view/6827, acessado em Outubro 2018.

_____; _____ e _____. A fotografia científica em experimentos investigativos para o ensino de química. In: *Atas do XVII Encontro Nacional de Educação em Ciências, I Seminário Internacional de Educação em Ciências*. Viana do Castelo, Portugal, 2018b. Disponível em http://www.ese.ipvc.pt/enec2017/XVIIENEC_ATAS_.pdf, acessado em Outubro 2018.

**Abstract:** *Scientific Photography in Teaching: Considerations and Possibilities for Chemistry Lessons.* Photography is considered a non-verbal language, widely used in society in various ways, among them, artistic-cultural manifestations, advertisements, dissemination of science and in the area of scientific research. In the latter case, it is known as "scientific photography". In regular Science/Chemistry teaching, photography can be used as an effective means for observation and also for the recording of phenomena. In this article, we propose scientific photography in two ways: scientific observatory photography and macro photography. In both cases, we propose that scientific photography be called "Scientific Didactic Photography". To do so, the article suggests didactic activities that can be carried out in Chemistry classes, considering the presence in the school of technologies such as smartphones, tablets and digital cameras.
**Keywords:** didactic scientific photography, didactic resource, scientific observation

http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160130



# O Valor Pedagógico da Curiosidade Científica dos Estudantes

**Petronildo B. da Silva, Patrícia S. Cavalcante, Marília G. Menezes, André G. Ferreira e Francislê N. de Souza**

Este trabalho discute as potencialidades da curiosidade científica como fruto das nossas relações sociais. Para isso, foi realizado um levantamento bibliográfico, com o objetivo de conhecer em que dimensões a curiosidade científica é tratada no âmbito educacional e outras áreas das ciências humanas, como a psicologia. Como resultado, há um predomínio da dimensão epistêmica e motivadora da ação humana. Considerando tais dimensões e buscando ampliá-las, este trabalho procura, fundamentalmente, ressaltar o seu valor pedagógico a partir das contribuições de Paulo Freire. Na perspectiva freireana, a curiosidade científica constitui um caminho para a promoção de um ambiente propício à reflexão, ao diálogo, ao exercício da criticidade e da autonomia dos alunos. Além disso, procuramos mostrar aos professores como todas essas potencialidades podem se fazer presentes nas suas salas de aula.

▶ valor pedagógico, curiosidade científica, Paulo Freire ◀

Recebido em 01/12/2017, aceito em 07/05/2018



O ensino de ciências deve provocar nos estudantes atitudes questionadoras diante dos conhecimentos científicos, como uma forma de privilegiar uma postura crítica, frente aos fenômenos da natureza interpretados a partir dos seus contextos sociais. As Orientações Curriculares Nacionais para as Ciências da Natureza (Brasil, 2006) ressaltam, justamente, que esse papel ativo dos alunos se manifesta através de situações reais das suas vivências, saberes e concepções. Entendemos que essas situações reais podem ser representadas pelas suas curiosidades. As Diretrizes Curriculares da Educação Básica (Brasil, 2013) consideram a curiosidade e a pesquisa na escola núcleos centrais das aprendizagens e também elemento inserido numa metodologia de problematização a ser contemplado no Projeto Político Pedagógico da Escola. Tal orientação pode servir como estímulo para novas e relevantes formas de organização dos componentes curriculares. Por fim, a recém-promulgada Base Nacional Comum Curricular (Brasil, 2017) insere a curiosidade como um meio para o estabelecimento de competências gerais, que promovam o desenvolvimento intelectual dos alunos do ensino básico brasileiro.

Este artigo defende que essas possibilidades apresentadas nesses documentos oficiais, sejam como metodologia de ensino, sejam como estrututração de componetes curriculares das ciencias da natureza ou como meio para o desenvolvimento de competências sócio-cognitivas, podem se materializar através de situações de ensino que possibilitem trabalhar a curiosidade científica dos estudantes expressa em sala de aula e fora dela. Para isso, é importante o professor elaborar situações de ensino e aprendizagem que permitam aos estudantes questionar e levantar hipóteses por meio de suas próprias curiosidades.

Essas diretrizes sobre o ensino de ciências têm sido colocadas através do que se convencionou chamar de ensino de ciências por investigação, que, por sua vez, está fundamentado na psicologia cognitiva e na natureza, história e filosofia da ciência, cujos primeiros trabalhos citados na área pertencem ao Grupo de Didática das Ciências Experimentais da Universidade de Valência, na Espanha, em atividade desde os anos 1980. Como forma de ressaltar a estruturação de uma proposta assim orientada, um dos teóricos desse grupo, Gil-Pérez (1993), recomenda: planejar o estudo qualitativo de situações problemáticas como forma de incentivar a tomada de decisões por parte dos estudantes e de encontrar a especificidade dos problemas retratados; enfatizar o tratamento sistemático dos problemas, promovendo o levantamento de hipóteses e a definição de estratégias de resolução e a análise dos resultados de modo coletivo e participativo; testar

os novos conhecimentos adquiridos em diversas situações em que se aplicam.

Acreditamos que essas recomendações podem ser trabalhadas tendo como conteúdo valioso a curiosidade científica dos alunos e, assim, constituir-se num meio para o desenvolvimento de um ensino de ciências por investigação, tendo em vista a necessidade humana de conhecer fatos, objetos, situações, fenômenos, os quais colocam o ser humano diante do mundo, permitindo posicionamentos, inquietações, formulações de ideias e uma leitura da sua própria realidade.

Para proporcionar a formação de um ambiente escolar que vise à promoção de um pensamento crítico e reflexivo, admitimos que tal fato se materializa por meio da curiosidade científica dos estudantes, pois, sendo genuinamente do seu interesse, a curiosidade traz o estudante para o centro do processo de produção de conhecimento, orientando o seu próprio pensamento. Além disso, pode permitir uma atitude reflexiva do professor no sentido de construir caminhos para o desenvolvimento do conteúdo da sua disciplina, sendo guiado e ao mesmo tempo guiando a curiosidade dos estudantes para a aprendizagem de conceitos, podendo estabelecer também relações com outros conteúdos.



Entretanto, a construção e a utilização de situações que tenham como princípio a curiosidade científica têm sido pouco permitidas pelos professores. Sobre esta questão do não incentivo à curiosidade ou valorização desta, Freire (2011a, p. 96) escreve que quem acaba inibindo a curiosidade do educando acaba impedindo, também, a sua própria curiosidade: "como professor devo saber que sem a curiosidade que me move, que me inquieta, que me insere na busca, não aprendo nem ensino [...] é preciso, indispensável mesmo, que o professor se ache 'repousado' no saber de que a pedra fundamental é a curiosidade do ser humano".

Para proporcionar a formação de um ambiente escolar que vise à promoção de um pensamento crítico e reflexivo, admitimos que tal fato se materializa por meio da curiosidade científica dos estudantes, pois, sendo genuinamente do seu interesse, a curiosidade traz o estudante para o centro do processo de produção de conhecimento, orientando o seu próprio pensamento.

Nesse quadro inicial de ideias, abrimos um caminho para suscitar conteúdos e metodologias de ensino que podem melhorar as aulas de ciências. Dessa forma, neste trabalho, realizamos uma revisão da literatura na base de dados *Education Resources Information Center* (ERIC), com as palavras-chave: *scientific curiosity and science education and teaching science*. Incialmente, essa revisão considerou o período de 1997 a 2007 e procurou descrever todas as possíveis dimensões da curiosidade na área, tendo constatado o predomínio das dimensões epistêmica e motivadora. Ainda sobre a revisão, ela se atualizou de modo gradativo nos anos seguintes, até o final de 2017, com o objetivo de construir um diálogo com diferentes autores que abordam os aspectos pedagógicos da curiosidade científica no contexto escolar e apresentam caminhos possíveis para a construção de um ambiente fecundo de aprendizagem que leve os estudantes a pensar sobre as suas curiosidades de modo a desenvolver autonomia e criticidade.

Os resultados desse levantamento são apresentados e discutidos no tópico "Estratégias e Instrumentos para o Desenvolvimento de Processos de Ensino e Aprendizagem por Meio da Curiosidade Científica dos Estudantes". Por ora, apresentamos os três posicionamentos fundamentais que são defendidos neste trabalho. O primeiro compõe-se do compromisso didático-pedagógico para o surgimento da curiosidade científica em sala de aula, através da construção de um ambiente que propicie o seu aparecimento, com a adoção de estratégias que permitam aos estudantes expor as suas curiosidades. O segundo seria o comprometimento do professor em incentivar a curiosidade científica em sala de aula, juntamente com o seu saber específico e pedagógico para tratá-la adequadamente. O terceiro seria a constituição do ensino de ciências como mais uma ferramenta de "leitura de mundo", apontada para o processo emancipatório da experiência social humana, sendo este posicionamento o que fundamenta uma proposta para o ensino de ciências pautada no pensamento políticopedagógico de Paulo Freire. A permanência e a integração desses três fatores levariam à formação de um ambiente propício a uma aprendizagem científica numa perspectiva libertadora.

Diversos autores (Freire, 2011a; Freire e Faundez, 2011; Schmitt e Lahroodi, 2008; Assmann, 2004) mostram o valor epistêmico e as potencialidades pedagógicas da curiosidade científica como um elemento do qual tanto estudantes como professores podem se apropriar, a partir do estabelecimento de uma relação dialógica em sala de aula. Para esses autores, a curiosidade científica representa uma disposição para aprender, uma busca pelo conhecimento, um questionamento que procura explicações para a especificidade do objeto a ser conhecido e não para as suas generalidades.

Com base nisso e para situar o leitor na discussão sobre os significados da curiosidade, é importante destacar a polissemia que o termo suscita. Assmann (2004) comenta que a curiosidade, num sentido mais amplo, não é um termo unívoco e, dessa forma, pode ser compreendida como uma motivação e orientação para aprender, expressão da vontade de fazer perguntas, impulso para experimentar o novo e o desconhecido, um desejo e cuidado de conhecer de acordo com a semântica latina – *curiositas*.

Neste trabalho, a curiosidade toma um sentido epistemológico, como um esforço humano de conhecer, como defendido por Schmitt e Lahroodi (2008), ao ressaltarem que não é qualquer vontade de conhecer que, de fato, constitui uma curiosidade científica que leve à construção de um pensamento racional científico, mas aquela curiosidade que se constitui tenaz, objetiva, efetiva na sua orientação

ao objeto. Podemos ir mais além sobre o significado da curiosidade científica, uma vez que, no sentido dialético, admitimos que esse ato de conhecer não se restringe ao campo da mente, mas pressupõe uma atividade a ser desenvolvida pelo sujeito. Nesse sentido, o sujeito, ao agir sobre a realidade material que o objeto expressa, transforma o seu significado, ampliando a compreensão da realidade na qual a relação sujeito-objeto se insere.

Passamos, então, a apresentar e discutir as dimensões da curiosidade científica, considerando os aspectos epistemológico e dialético/social como fundamentais para o estabelecimento do seu valor pedagógico.

## A Dimensão Epistêmica da Curiosidade Científica

Ao longo de toda a história da humanidade, a curiosidade sempre esteve presente, impelindo o ser humano à busca pelo saber. Na antiguidade, gregos e romanos já se aventuravam pelo desconhecido e pela vontade de abrir novos horizontes, dando origem à astronomia, à matemática e à geometria. Na Idade Média, a curiosidade foi reprimida com o apoio da Igreja, que ainda reforçava uma visão negativa da curiosidade (Assmann, 2004).

As expressões positivas da curiosidade científica foram ganhando terreno na Modernidade, e sua visão negativa, aos poucos, superada pela valorização do seu papel cognitivo. Através da expressão da sua curiosidade, o ser humano passou a manifestar suas inquietações diante do mundo e a necessidade de compreendê-lo melhor. Por meio dela, expressa seus interesses, busca novos conhecimentos, reelabora o pensamento e constrói novos significados. Isso está relacionado com a compreensão da dimensão epistemológica da curiosidade científica, a qual permite, ao mesmo tempo, um aprofundamento sobre informações relevantes para a formação de um pensamento crítico, aguçado e disciplinador para com o objeto de conhecimento. Tal compreensão, certamente, tem implicações sobre o seu valor pedagógico para o ensino de ciências.

O valor epistêmico da curiosidade científica, de acordo com Schmitt e Lahroodi (2008), representa um estado de prontidão para conhecer o objeto. Conecta-se com a atenção, pois, na curiosidade, atentamos para o objeto, no intuito maior de conhecê-lo, no desejo de saber sobre o seu significado.

O valor epistêmico da curiosidade científica, de acordo com Schmitt e Lahroodi (2008), representa um estado de prontidão para conhecer o objeto. Conecta-se com a atenção, pois, na curiosidade, atentamos para o objeto, no intuito maior de conhecê-lo, no desejo de saber sobre o seu significado. Assim, pela curiosidade científica, o desejo de conhecer surge não apenas pelo seu valor motivacional, mas porque coloca os indivíduos em estado de atenção, sustentado pelo desejo de conhecer e satisfazer o desejo cognitivo de manter contato com a realidade na qual o objeto está inserido.

É importante salientar que esse desejo de conhecer não deve ser confundido com uma mera experimentação de sensações ou vivências, sem atentar ou refletir sobre as características ou condições em que se encontra o objeto. A motivação de ver, sentir, provar, conhecer apenas a realidade imediata dos fatos, sem refletir sobre as suas estruturas, relações e condições – quer naturais, quer materiais, quer culturais ou sociais, as quais podem determinar a ocorrência do fenômeno –, não constitui uma curiosidade científica, esta sim, reflexiva, questionadora e crítica para além dos fatos imediatos.

Sendo assim, a curiosidade científica proporciona a elucidação de uma informação específica sobre o objeto, revelando as suas nuances. Sobre isso, podemos dizer que a curiosidade cientifica é fundamental, pois revela conteúdos de ensino de ciências com um caráter explicativo, conduzindo a investigação sobre certos assuntos que nos interessam e que, a partir deles, podem nos levar a outros tópicos relacionados.

A curiosidade científica torna-se capaz de dar certa "especialização" aos conhecimentos considerados por nós como importantes, tanto interesses práticos como interesses epistêmicos. No mesmo sentido, ela facilita também a aquisição de conhecimentos e representa um meio para a incorporação de novos elementos subjetivos importantes ao desenvolvimento cognitivo dos estudantes, como o interesse, a percepção, o afeto e a atenção. Esses elementos podem ser incorporados ao processo de aprendizagem, uma vez que admitimos que a curiosidade científica representa, como já apontado neste texto, um interesse genuíno dos estudantes em aprender sobre as evidências dos fenômenos da natureza, procurando estabelecer, por exemplo, uma relação de causa e efeito.

Dessa forma, podemos estabelecer, de acordo com Schmitt e Lahroodi (2008), algumas características importantes da curiosidade científica que lhe conferem grande valor epistêmico: (*i*) a atenção; (*ii*) a tenacidade; (*iii*) o favoritismo. A primeira dessas características é a atenção para com o objeto a conhecer. Parece que a curiosidade científica é dotada de uma vigilância em/para as características do objeto que chamam a atenção e que, provavelmente, não tinham ainda sido percebidos pelo sujeito. Entretanto, só a atenção não é suficiente para nos manter curiosos, pois não é só o foco em determinados fenômenos que pode suscitar novas curiosidades. Para isso, temos outra característica presente na curiosidade científica que diz respeito ao seu caráter contingencial, que é a tenacidade, a qual diz respeito à persistência e à constância em querer compreender o objeto de estudo. Por exemplo, podemos querer saber se o ouro se dissolve em água régia e tal interesse pode fazer com que busquemos saber também se outros metais se dissolvem na mesma solução.

Portanto, a tenacidade se refere ao conhecimento que pode estar relacionado com o objeto em questão, ou pelo menos do qual se espera alguma relação consistente. A

tenacidade caracteriza o valor epistêmico da curiosidade ao traduzir uma condição necessária para o aprender e conhecer o objeto, garantindo uma constância que pode levar a uma disciplina e a uma organização dos estudos entre os estudantes. Portanto, essa curiosidade científica não está mais inserida em generalidades, mas se afirma e se orienta pela necessidade de conhecer e aprender sobre as características essenciais do objeto de estudo. O favoritismo, por outro lado, compreende o interesse prático ou epistêmico em assuntos que sejam relevantes, que digam respeito ao interesse do sujeito e que podem contribuir, por exemplo, para o desenvolvimento das suas atividades cotidianas.

Diante dessas características epistêmicas, não podemos deixar de incentivar a curiosidade científica dos estudantes, uma vez que se revela e se afirma como um problema original a ser estudado e resolvido em sala de aula. Além disso, também atende a questões importantes da aprendizagem científica, como a resolução de problemas e a contextualização do ensino, pois, muitas vezes, retratam uma leitura do estudante sobre os fenômenos da natureza. Assim, ao apresentarmos e discutirmos essas características epistêmicas da curiosidade científica, temos também a indicação das suas potencialidades pedagógicas, uma vez que este ato de conhecer também constitui em si objeto de interesse do currículo escolar e embasa objetivos de ensino que orientam os saberes pedagógicos do professor. Por essa razão, ressaltamos, também, o valor pedagógico da curiosidade científica e trazemos como referência para a discussão desse aspecto os trabalhos de Paulo Freire.

Questionar e ser questionado são movimentos fundamentais no e para o processo de aprendizagem, pois isso ativa o raciocínio e estimula o desenvolvimento de diferentes atitudes, como pesquisar e comunicar.



## A Dimensão Pedagógica da Curiosidade Científica

Para Freire e Faundez (2011), o ato de perguntar é fundamental para a formação do ser humano, e que a pergunta, como parte do existir humano, está vinculada à curiosidade. Questionar e ser questionado são movimentos fundamentais no e para o processo de aprendizagem, pois isso ativa o raciocínio e estimula o desenvolvimento de diferentes atitudes, como pesquisar e comunicar. Os autores afirmam que "uma educação de perguntas é a única educação criativa e apta a estimular a capacidade humana de assombrar-se, de responder ao seu assombro e resolver seus verdadeiros problemas essenciais, existenciais" (Freire e Faundez, 2011, p. 52). Assim, os autores defendem uma pedagogia da pergunta, fundamentada na compreensão de que "somente a partir de perguntas é que se deve sair em busca de respostas, e não o contrário: estabelecer as respostas, com o que todo o saber fica justamente nisso, já está dado, é um absoluto, não cede lugar à curiosidade nem a elementos por descobrir" (Freire e Faundez, 2011, p. 24).

Contudo, uma questão surge: Quais as experiências que constituem e formam o sujeito que pergunta? Ter esse questionamento é de fundamental importância, pois o conteúdo que é questionado expressa os interesses da subjetividade que o inquiriu. Nesse sentido, a formação do sujeito que pergunta não pode prescindir de constituir o próprio ambiente no qual a pergunta surja, da mesma forma que deve apontar para problemas que devem ser voltados para o progresso emancipatório. O fundamento do pensamento político-pedagógico de Paulo Freire nos convoca a refletir sobre o conteúdo do questionamento, o qual deve ser objeto de nossas reflexões pedagógicas: questionar, sim; entretanto, qual o valor emancipatório que se projeta para a questão formulada?

Sendo o educando inserido num mundo de cultura, cujo traço hegemônico é o individualismo e o consumo, cabe ao processo pedagógico de caráter freireano ter em mente que a formação dos interesses da subjetividade que pergunta é tão necessária quanto a formação pelo interesse em perguntar. Podemos dizer que essas características expressas por Freire e Faundez (2011) sobre a curiosidade dos estudantes exprimem, na mesma direção, a sua validade pedagógica, orientando as ações do professor para que este promova reflexões com os estudantes sobre os conceitos manifestos na curiosidade científica de caráter emancipatório.

A infinidade de curiosidades que têm as crianças expressa tentativas inteligentes de lidar com o novo, com os problemas, as dúvidas e os conflitos. Compreendemos que, para se trabalhar essa curiosidade, precisamos ter como princípio fundante da prática pedagógica docente o diálogo em sala de aula. Para Freire (2011b), a educação é dialógico-dialética, na medida em que o ato educativo pode superar a prática de dominação e construir uma prática da liberdade em que educador e educando são os protagonistas do processo, e que, juntos, dialogam e constroem o conhecimento, mediante a análise crítica das relações entre os sujeitos e o mundo. Destarte, compreendemos que a curiosidade está aberta ao desconhecido, que ela quer sempre conhecer e está disposta ao diálogo. Cabe ao professor permitir um ambiente em que seja possível a exposição da curiosidade científica dos estudantes, sem autoritarismos ou permissividades.

Freire (2011a) ressalta ainda a necessidade do professor em caminhar com essa curiosidade dos sujeitos para superar a curiosidade ingênua e alcançar uma curiosidade epistemológica. Na curiosidade ingênua, os saberes ainda não ganharam elementos críticos da realidade que os encerra, enquanto a curiosidade epistemológica é dotada das características que Schmitt e Lahroodi (2008) defendem, como a objetividade, a atenção, conteúdo crítico e explicativo.

Portanto, apontamos para a importância da construção de um ambiente escolar que permita aos estudantes expressar as suas curiosidades científicas, firmando, assim, um espaço de diálogo profícuo sobre os conteúdos a serem ensinados, levando ao encontro de significados e interesses por parte dos mesmos. Entendemos que esse diálogo será relevante

somente quando for dotado da crítica social ao próprio conhecimento científico, permitindo que o estudante amplie o seu pensamento em direção a um conhecimento que emancipa, cuja lógica da sua legitimidade está em função do bem que traz ao conjunto da sociedade.

Freire (2005) destaca que, no trabalho com os conteúdos programáticos, é importante considerar o saber dos estudantes como dimensões significativas de sua realidade, cuja análise crítica permita reconhecer a interação de suas partes, para que, então, eles possam compreender a totalidade e os conteúdos possam ganhar significados mais amplos.

Essas dimensões significativas estão presentes na curiosidade científica dos estudantes, uma vez que a sua dimensão epistemológica orienta o estudo das características específicas e centrais do objeto e, ao mesmo tempo, abrem-se para uma compreensão dialética da realidade, como sugerida por Freire (2005). Para o autor, pesa a favor da curiosidade científica o seu caráter social, ao se constituir numa leitura dos fenômenos da natureza que os estudantes fazem e que ainda necessitam de uma compreensão.

Essa leitura de mundo, sendo admitida pelos professores como conteúdo de ensino, suscita diálogos na sala de aula. Ao ser incentivada, permite um espaço para que os estudantes tragam os seus questionamentos perante as suas observações, tornando-se, assim, uma oportunidade de romper com a "educação bancária", tão criticada por Paulo Freire.

Com base nessa crítica de Paulo Freire, podemos afirmar que o conteúdo programático da educação não é um conjunto de informações que deve ser organizado exclusivamente por gestores ou professores de acordo com a concepção bancária de educação. O conteúdo deve ser buscado dialogicamente com o estudante, em função de um projeto de libertação que tem, na concepção de ciência, um saber emancipatório e não uma técnica economicamente útil, possibilitando-lhe um ambiente no qual a sua visão de mundo inicial seja ampliada pela possibilidade de novas leituras de mundo.

O professor, por meio de contradições básicas da situação existencial, questiona, problematiza a realidade concreta, desafiando os estudantes para que busquem respostas no nível intelectual e no nível da ação (Freire, 2011b). Isso permite que os estudantes tragam as suas curiosidades científicas para esta discussão, pois elas se caracterizam como uma problematização da própria realidade vivenciada por eles.

Dessa forma, as diretrizes apontadas por Freire (2011b) podem, a partir da própria valorização da curiosidade científica, estabelecer-se proficuamente na sala de aula, rompendo com o que se tornou um dos grandes problemas da educação escolar, que é a falta de diálogo e a falta de um sentido crítico-emancipador direcionado ao processo pedagógico. Hoje, na pesquisa em ensino de ciências, o diálogo e suas variações (argumentação, explicação, interações discursivas) se estruturam como uma necessidade primordial para se entender o que pode facilitar ou limitar a aprendizagem em sala de aula. Nesse sentido, na visão pós-moderna, a linguagem passou a ter um papel central na compreensão dos processos de subjetivação da realidade, o que inclui a aprendizagem de conceitos pelos estudantes como forma de interpretação dessa realidade.

É primordial, portanto, que o professor incentive a curiosidade científica dos estudantes, como forma de possibilitar a construção de um pensamento crítico, questionador, para que eles se desenvolvam intelectualmente e se constituam sujeitos ativos do processo de emancipação. Dessa forma, consideramos que a curiosidade, no contexto da educação científica, pode servir como um recurso valoroso para a aprendizagem e para os métodos de ensino.

A curiosidade científica também revela seu valor pedagógico, porque traz consigo aspectos cognitivos, afetivos e sociais que se integram aos aspectos epistemológicos e interferem, positivamente, na aprendizagem dos estudantes. Isso é evidenciado ao admitirmos que a motivação orienta o interesse dos estudantes em determinados conteúdos do ensino de ciências e a necessidade de aprendê-los, seja uma necessidade intrínseca do sujeito (o que é ideal) ou uma necessidade colocada pelo currículo ou pelos sistemas de avaliação.

A motivação para aprender leva à seletividade, à interpretação e à análise da situação, de fenômenos e de conceitos, que vão estruturar os aspectos cognitivos da curiosidade científica, favorecendo a aprendizagem e a consciência conceitual. Ao conduzir o interesse dos estudantes em aprender e desenvolver a cognição, a curiosidade científica também revela a relação que o sujeito tem com o conhecimento e como esta relação se torna uma construção própria do sujeito. Tal pensamento se afirma como um aspecto afetivo da curiosidade científica, sendo notória a facilidade que temos de aprender sobre conteúdos de que mais gostamos e que mais nos afetam positivamente.

[...] as diretrizes apontadas por Freire (2011b) podem, a partir da própria valorização da curiosidade científica, estabelecer-se proficuamente na sala de aula, rompendo com o que se tornou um dos grandes problemas da educação escolar, que é a falta de diálogo e a falta de um sentido crítico-emancipador direcionado ao processo pedagógico.

Na base de todos esses aspectos apresentados, destacamos os aspectos sociais interferentes na construção da curiosidade científica, os quais impulsionam a integração de todos os demais. Estarmos inseridos num ambiente que promova o desenvolvimento da curiosidade científica por meio das relações sociais entre os seus sujeitos, garante a eles as condições necessárias não só para a sua manutenção, mas também para o estabelecimento de um bom aprendizado. É bom lembrar que um dos aspectos importantes relacionados à curiosidade científica é o interesse que desperta para aprender, e, certamente, esse interesse também é construído e influenciado por aspectos sociais. É justamente nas relações sociais que os sujeitos se constituem

e aprendem sobre os reais motivos para o surgimento de interesses e de afetos, relacionados, sobretudo, ao objeto de conhecimento.

Podemos, assim, trazer esses esclarecimentos para a compreensão do que caracteriza/constitui/define, em alguns aspectos, a curiosidade científica dos estudantes. Percebemos, a partir das colocações acima, que a curiosidade científica é dotada de uma necessidade cognitiva, no que tange à compreensão de conjecturas/hipóteses que relacionam conceitos para a explicação de determinados fenômenos. É, de natureza social, uma necessidade, pois precisa do diálogo, da relação com o outro, para estabelecer discussões e afirmações que ajudem o estudante a construir essa curiosidade e, ao mesmo tempo, elucidá-la.

Trazendo essas características e potencialidades para o ensino de ciências, torna-se importante dar-lhes um tratamento adequado, uma vez que se constitui num referencial significativo para o trabalho do professor. Por essa razão, fazemos a defesa de práticas e ambientes que desenvolvam a criticidade dos estudantes e ampliem, efetivamente, a sua possibilidade de pensar, de orientar-se por uma inquietação que encerra aspectos essenciais do objeto e, ao mesmo tempo, desvenda o seu funcionamento, a sua dinâmica e a sua natureza.



## Estratégias e Instrumentos para o Desenvolvimento de Processos de Ensino e Aprendizagem por Meio da Curiosidade Científica dos Estudantes

A valorização da curiosidade dos estudantes foi, de certa forma, esquecida nos debates sobre a melhoria do ensino de ciências, mesmo com o advento do construtivismo (Jenkins, 2006). Essa discussão vem ganhando espaço a partir do reconhecimento do seu valor epistêmico e pedagógico e na busca por metodologias fundamentadas na compreensão de que o trabalho com a curiosidade não parte, necessariamente, de assuntos ou conceitos definidos pelo currículo, *a priori,* mas parte genuinamente do interesse dos estudantes e das suas próprias questões. Pesquisas apontam que apenas metade das perguntas que interessam aos estudantes é, de fato, abordada pelos currículos ou pelos próprios professores (Hagay e Baram-Tsabari, 2011). Com efeito, se o currículo não aborda questões relevantes para os estudantes, dificilmente vai influenciar positivamente aqueles menos interessados.

Nesse sentido, a elaboração e a organização do ensino pelo professor podem ser orientadas através da curiosidade científica dos estudantes (Silva, 2014). O processo aconteceu tendo como temática principal a curiosidade que os alunos têm sobre as propriedades físicas e químicas da água, apresentada e discutida dentro do contexto do saneamento básico. O objetivo do trabalho foi o de recontar o ciclo da água a partir das intervenções humanas, nos processos de tratamento da água, do esgoto e do lixo (que interfere no ciclo da água, através da contaminação das reservas superficiais e subterrâneas); ressaltando, ainda, a importância do saneamento para a eliminação de agentes químicos e biológicos causadores de doenças (Silva *et al.*, 2008).

Dessa forma, é possível abrir espaços para a curiosidade dos estudantes, expressa a partir de um tema de relevância social e que tão bem se aproxima da vida deles; e, principalmente, ensinar ciências como um conhecimento emancipatório. Assim, os conteúdos científicos são acionados como ferramentas que melhor desvelam não apenas fenômenos físico-químicos ou biológicos, mas realidades sociopolíticas. A criatividade e a propensão para a pergunta são norteadas por uma finalidade sociopolítica, isto é, o sujeito que pergunta se forma para ampliar sua leitura crítica de mundo. Em outras palavras, à luz da contribuição dos conteúdos científicos, o indivíduo aprende a perguntar pelos porquês de uma realidade ainda opressora e desconhecida.

Outros trabalhos caminham no sentido de ter a curiosidade científica como organizadora das etapas das atividades de ensino. Heuser (2005) organizou uma sequência didática baseada nos fundamentos do método científico, no sentido de valorizar a curiosidade das crianças, a qual foi formulada a partir de temas presentes no currículo de ciências. As crianças passavam por três fases: (*i*) a exploração; (*ii*) a investigação; e (*iii*) a reflexão. Na exploração, eram usados experimentos para suscitar a curiosidade; na investigação, os estudantes eram convidados a responder às perguntas formuladas por eles mesmos, discutindo e compartilhando também os resultados; no que concerne às atividades de reflexão, havia um intuito de reunir e sistematizar as ideias dos estudantes por meio da intervenção do professor. Como resultado, o autor aponta a validade de ensinar ciências por meio de oficinas elaboradas, de maneira a permitir a exposição e a investigação da curiosidade.

O trabalho de Hagay e Baram-Tsabari (2015) respondeu a alguns dilemas que dominam a ação dos professores na hora de pensar como motivar os estudantes para se manterem atentos e estudiosos em pleno ano dos exames nacionais. A resposta a isso foi realizar intervenções na sala de aula, trazendo à discussão a curiosidade científica dos estudantes sobre os conteúdos de biologia e geografia. Os professores ficaram livres para adotar a metodologia que considerassem mais adequada às suas áreas. Os autores trabalharam com cinco professores que tinham experiência em preparar os estudantes para os exames nacionais, e que, portanto, davam um grande enfoque aos conteúdos mais cobrados nesses exames, usando as mais diversas formas de abordá-los.

Os professores solicitaram que os estudantes fizessem, anonimamente, perguntas sobre os próximos assuntos a serem abordados no programa oficial e assumiram o compromisso de responder à boa parte delas. A maioria fez perguntas que não divergiam muito do conteúdo programático, mas que enfatizavam aspectos específicos do interesse dos próprios alunos, ou seja, perguntas que tinham características da curiosidade epistemológica, que fora apontada por Schmitt e Lahroodi (2008). Segundo a fala dos professores, essas curiosidades científicas revelaram-se também muito valiosas do ponto de vista pedagógico, pois permitiram o

estabelecimento de uma discussão bastante profícua em sala de aula; o diálogo tão necessário, apontado por Freire e Faundez (2011), visto o despertamento do interesse tanto de quem as fez como daqueles que, até então, não tinham atentado para tal aspecto do conhecimento. Além disso, fizeram com que os estudantes criassem relações entre os assuntos abordados, tivessem um nível mais aprofundado de compreensão dos conceitos, e ainda serviram para compor o tema dos projetos de investigação deles, ensinando-lhes também a buscar respostas em fontes confiáveis da internet.

Para os professores, segundo Hagay e Baram-Tsabari (2015), o valor pedagógico da curiosidade científica dos estudantes permitiu:

- Um aprofundamento dos conteúdos de ensino, ao mesmo tempo em que abrangeu determinados aspectos normalmente não abordados no programa das disciplinas, indicando ainda possíveis futuras modificações;
- Uma diversidade metodológica para que se possa trabalhá-la em sala de aula, que se materializou através de novas explicações, com exemplos mais próximos da realidade dos estudantes;
- Impactos positivos no desenvolvimento profissional dos professores – com mudanças no enfoque dos seus planejamentos;
- Um enriquecimento das aulas – com informações novas e atualizadas;
- Uma ênfase maior nos aspectos sociais do conhecimento científico;
- Um reconhecimento por parte dos estudantes, no esforço dos professores em buscar respostas para as suas curiosidades.

A postura do professor, de abrir espaço na sala de aula para a curiosidade científica dos estudantes, permite, de fato, uma maior participação e interesse deles nas aulas de ciências, com a real possibilidade de o professor trabalhar os conteúdos com metodologias de ensino com as quais já está familiarizado. Nesse caso, não são necessários grandes investimentos metodológicos para dar conta da curiosidade científica dos estudantes. Por outro lado, requer tempo para investir em estudos, pois a curiosidade científica necessita de um aprofundamento em aspectos do conhecimento que não são normalmente tratados pelos conteúdos curriculares ou pelos livros didáticos, e podem trazer novas informações para serem discutidas e abordadas nas aulas de ciências, enriquecendo-as.

## Reflexão, Síntese e Caminhos a Serem Construídos

Falar da curiosidade científica dos estudantes nem sempre é falar de conteúdos já devidamente estruturados, tal como encontramos nos livros didáticos e que, muitas vezes, constituem "o chão" de trabalho do professor, quando o assunto é "o que eu vou ensinar". A curiosidade pode ser a mais diversa possível, mesmo se limitarmos os cenários de conhecimentos ou estipularmos tópicos em que os estudantes possam discutir e investigar as possíveis respostas.

Contudo, a contribuição freireana à questão busca salientar a própria formação dos sentidos da curiosidade. O estudante assume uma posição questionadora e, por meio da orientação do professor, aprende conceitos, à medida que encontra respostas às questões do seu interesse, refletindo sobre a serviço de quê e de quem está o desenvolvimento da ciência. A contribuição de Freire nos convoca a questionamentos e reflexões sobre qual o impacto sócio-emancipatório da explicação e da curiosidade científica. Isso nos leva a inquirir qual o sentido social da inquietação, o qual deve ser, e acreditamos que não haja outro sentido que não o seja, a emancipação do sujeito e a construção de uma sociedade menos injusta.

A contribuição de Freire nos convoca a questionamentos e reflexões sobre qual o impacto sócio-emancipatório da explicação e da curiosidade científica. Isso nos leva a inquirir qual o sentido social da inquietação, o qual deve ser, e acreditamos que não haja outro sentido que não o seja, a emancipação do sujeito e a construção de uma sociedade menos injusta.

Discutimos, neste artigo, algumas vantagens e limitações de considerarmos a curiosidade científica na sala de aula e as possibilidades de responder a ela. A forma concreta de responder à vontade de aprender do estudante, de dar sentido e significado à sua aprendizagem, deve ser feita por cada um de nós no ambiente escolar/no espaço de ensino-aprendizagem. Entretanto, é preciso "fugir à tentação" do que já está posto. Quanto a isso, as diferentes contribuições das pesquisas de autores aqui referenciados podem ser materializadas como forma de superar o tratamento positivista das ciências na educação básica e na formação de professores da área. O artigo esclarece, portanto, o contributo pedagógico da curiosidade científica e suas influências na aprendizagem dos estudantes, bem como de que forma ela os potencializa na ampliação de suas ferramentas de leitura crítica de mundo.

**Petronildo Bezerra da Silva** (petronildo.silva@ufpe.br), licenciado em Química pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), doutor em Educação pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), é professor do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática da UFPE, Campus Agreste. Recife, PE – BR. **Patrícia Smith Cavalcante** (patricia.cavalcante@ufpe.br) possui graduação em Pedagogia pela UFPE e doutorado em Educação pela University Of Newcastle Upon Tyne (NUTU), Grã-Bretanha. É professora do Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática e Tecnológica da UFPE. Recife, PE – BR. **Marília Gabriela Menezes** (mariliagabrielaufpe@gmail.com), licenciada em Química pela UFRPE, doutora em Educação pela UFPE, é pesquisadora da Cátedra Paulo Freire-UFPE e professora do Centro de Educação da UFPE. Recife, PE – BR. **André Gustavo Ferreira** (andreferreira@ufpe.br), licenciado em Filosofia pela Universidade Católica de Perambuco e doutor em Educação pela UFPE, é coordenador do Centro Paulo Freire e professor do Programa de Pós-Graduação em Educação da UFPE. Recife, PE – BR. **Francislê Neri de Souza** (fns@ua.pt), licenciado em Química pela UFRPE, doutor em Educação pela Universidade de Aveiro, Portugal, é investigador e orientador de Mestrado e Doutorado em Educação na Universidade de Aveiro. Aveiro – PT.

## Referências


ASSMANN, H. *Curiosidade e prazer de aprender*. Petrópolis: Editora Unimep, 2004.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. *Base nacional curricular comum. Ensino fundamental.* Brasília: MEC/SEB, 2017.

_____. _____. _____. *Diretrizes curriculares nacionais da educação básica*. Brasília: MEC/SEB, 2013.

_____. _____. _____. *Orientações curriculares para o ensino médio. Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias*. Brasília: MEC/SEB, 2006.

FREIRE, Paulo. *A educação na cidade*. 6ª ed. São Paulo: Cortez, 2005.

_____. *Pedagogia da autonomia*: saberes necessários à prática educativa. 43ª ed. São Paulo: Paz e Terra, 2011a.

_____. *Pedagogia do oprimido*. 50ª ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2011b.

_____ e FAUNDEZ, A. *Por uma pedagogia da pergunta*. 7ª ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2011.

GIL-PÉREZ, D. Contribuición de la história y de la filosofia de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 11, n. 2, p. 197-212, 1993.

HAGAY, G. e BARAM-TSABARI, A. A shadow curriculum: incorporating students' interests into the formal biology curriculum. *Research in Science Education*, v. 41, p. 611-634, 2011.

_____ e _____. A strategy for incorporating students' interests into the high-school science classroom. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 52, p. 949-978, 2015.

HEUSER, D. Inquiry, science workshop style. *Science Scope*, v. 42, n. 2, p. 32-36, 2005.

JENKINS, E. W. The student voice and school science education. *Studies in Science Education*, v. 42, p. 49-88, 2006.

SCHMITT, F. F. e LAHROODI, R. The epistemic value of curiosity. *Educational Theory*, v. 58, p. 125-148, 2008.

SILVA, P. B.; BEZERRA, V. S.; GREGO, A. e SOUZA, L. H. A. A pedagogia de projetos no ensino de química: o caminho das águas na Região Metropolitana do Recife – dos mananciais ao reaproveitamento dos esgotos. *Química Nova na Escola,* n. 29, p. 14-19, 2008.

_____. Para além das concepções empíricas sobre a formação de professores de ciências da natureza: a importância de refletir sobre concepções sócio-históricas de ensino e aprendizagem. In: FREIRE, E. C.; RAMOS, S. R. V. e DIONÍSIO, A. P. (Orgs.). *PIBID-UFPE: por uma nova cultura institucional na formação docente*. 1ª ed. Recife: Editora UFPE, 2014, v. 1, p. 157-169.


## Para Saber Mais


FIOLHAIS, C. *Curiosidade apaixonada*. Lisboa: Ed. Gradiva, 2005.

MORIN, E. A escola mata a curiosidade. Entrevista concedida a Paola Gentile. *Revista Nova Escola*, n. 168, p. 20-22, 2003.





**Abstract:** *The Pedagogical Value of Scientific Curiosity of Students.* This paper discusses the potentialities of scientific curiosity as a result of our social relations. For this, a bibliographical survey was carried out with the objective of knowing in which dimensions scientific curiosity is treated in the educational scope and other areas of the human sciences, as psychology. As a result, there is a predominance of the epistemic dimension and motivation of human action. Considering these dimensions and seeking to broaden them, this work seeks to, fundamentally, emphasize its pedagogical value from the contributions of Paulo Freire. In the Freirean perspective, scientific curiosity is a way to promote an environment conducive to reflection, dialogue, critical exercise and student autonomy. In addition, we try to show teachers how all these potentialities can be present in their classrooms.



**Keywords:** pedagogical value, scientific curiosity, Paulo Freire

http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160118

# Corantes: Uma Abordagem com Enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) Usando Processos Oxidativos Avançados

**Wendel M. Ferreira, Letícia B. da Rocha, Lenalda D. dos Santos, Bárbara L. S. R. Santos e Ângelo F. Pitanga**

Este artigo apresenta um relato de experiência da elaboração e aplicação de uma intervenção didática, fundamentada no enfoque CTS, usando corantes como temática. A abordagem de natureza predominantemente qualitativa, aliada à realização de experimentos de Processos Oxidativos Avançados, constituiu o aporte metodológico da pesquisa. Para a coleta dos dados, utilizou-se um questionário inicial e a produção de um texto dissertativo-argumentativo. Inicialmente, observou-se um baixo número de respostas (50 a 100% de abstenções), mesmo para questões que tratavam de conteúdos ligados aos currículos de séries já cursadas. Após a intervenção, percebeu-se uma apropriação de conceitos científicos concernentes aos aspectos investigados, tais como: ampliação da capacidade argumentativa e criticidade em relação ao uso dos corantes, o que favorece uma atuação cidadã. Por isso, acredita-se que a aproximação de temas sociais com atividades experimentais, num enfoque CTS, representa uma proposta promissora para melhoria das aulas de Química.

▶ ciência, tecnologia e sociedade, experimentação, processos oxidativos avançados ◀

Recebido em 30/07/2017, aceito em 14/01/2018



As cores fascinam a humanidade há milhares de anos. Na pré-história, os pigmentos eram usados, por exemplo, nas pinturas rupestres. Na Antiguidade, muitos tecidos encontrados em múmias eram coloridos. Na Idade Moderna, auge das monarquias e período do descobrimento do Brasil, houve a era do pau-brasil, árvore da qual se extraía um pigmento capaz de tingir tecidos com cores fortes (Dallago e Smaniotto, 2005).

Nos últimos cem anos, uma enorme quantidade de compostos químicos coloridos foram produzidos artificialmente, sendo que cerca de 10.000 são produzidos em escala industrial. Avalia-se, também, que 2.000 tipos de corantes são disponibilizados para atender às demandas de indústrias têxteis, uma vez que estes precisam apresentar características bem definidas para colorir cada tipo de fibra (Guaratini e Zanoni, 2000).

Além disso, os corantes são largamente empregados em outros setores como, por exemplo: na construção civil (tintas e vernizes), nas áreas gráficas e fotográficas (diferentes substratos como papéis e metais), na forma de aditivos (derivados de petróleo), nas indústrias de cosméticos (maquiagens, esmaltes, sabonetes, cremes, etc.) e nas alimentícias (alimentos e bebidas). Os corantes usados nesses setores, e em especial os têxteis, em função de sua toxicidade e de seus baixos índices de degradação, têm sido taxados como extremamente perigosos (Peixoto *et al.*, 2013).

As atividades industriais têxteis são responsáveis pela produção de uma significativa quantidade de efluentes provenientes da fixação incompleta dos corantes no processo de tingimento, tornando-se uma das fontes responsáveis pela poluição de águas naturais. Os efluentes gerados possuem composição variada devido à grande quantidade de matéria-prima, reagentes e métodos de produção (Silva *et al.*, 2004). Como resultado, esse fato pode provocar poluição dos corpos d'água com consequências para as culturas agrícolas, problemas de saúde (urticárias e alergias) e alterações em ciclos biológicos, afetando principalmente os processos de fotossíntese (Kunz *et al.*, 2002). Esses resíduos, em geral, têm uma complexa estrutura química e se mostram resistentes aos sistemas mais comuns de tratamentos biológicos e físico-químicos (nanofiltração, coagulação, adsorção com sorvente, degradação biológica, entre outros).

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

Não obstante, a fim de atender às resoluções em vigência no país e demonstrar sua preocupação para com o ambiente, as indústrias químicas têm empregado esforços, voltados ao tratamento dos seus efluentes e, também, à obtenção de *design* de processos mais eficientes. Nesse cenário, os investimentos auferidos no desenvolvimento de Processos Oxidativos Avançados (POAs) são promissores e merecem destaque.

Do ponto de vista químico, os POAs baseiam-se na geração de espécies químicas altamente oxidantes, em geral, radicais hidroxila ($^{\bullet}OH$), provocando a efetiva degradação de substratos sabidamente refratários, por meio de mudanças na estrutura química do poluente, com o objetivo de produzir compostos inofensivos ou inertes, tais como dióxido de carbono, água e sais inorgânicos (Brito e Silva, 2012; Salvador *et al.*, 2012).

Dentre os processos oxidativos, destaca-se o sistema Fenton, no qual o radical hidroxila, em uma reação espontânea que ocorre na ausência de luz, oxida várias classes de compostos orgânicos (Nogueira *et al.*, 2007). Além desse, uma diversidade de métodos tem sido desenvolvida nos últimos anos, tais como: foto-Fenton, eletro-Fenton, fotocatálise, POA sonoquímicos, POA plasma não térmico e POA raios gama (Marcelino *et al.*, 2013; Araújo *et al.*, 2016).

O processo de Fenton utiliza íons ferrosos ($Fe^{2+}$) ou íons férricos ($Fe^{3+}$) como catalisadores, em meio ácido, para promover a decomposição do $H_2O_2$, e assim produzir os radicais oxidantes $HO^{\bullet}$ (Equação 1). Porém, quando um sistema Fenton é assistido por radiação ultravioleta (UV), esse passa então a ser denominado de foto-Fenton (Equação 2), tendo como principal resultado o aumento da produção dos radicais hidroxila quando comparado ao processo de Fenton (Marcelino *et al.*, 2013; Araújo *et al.*, 2016).

Do ponto de vista químico, os POAs baseiam-se na geração de espécies químicas altamente oxidantes, em geral, radicais hidroxila (•OH), provocando a efetiva degradação de substratos sabidamente refratários, por meio de mudanças na estrutura química do poluente, com o objetivo de produzir compostos inofensivos ou inertes, tais como dióxido de carbono, água e sais inorgânicos (Brito e Silva, 2012; Salvador *et al.*, 2012).

$$Fe^{2+} + H_2O_2 \rightarrow Fe^{3+} + HO^{\bullet} + OH^{-} \quad (1)$$

$$Fe^{3+} + H_2O_2 + h\nu \rightarrow Fe^{2+} + HO^{\bullet} + OH^{-} \quad (2)$$

Assim, diante do explanado, este artigo tem como objetivo descrever a implementação e a análise dos resultados de uma intervenção didática, fruto de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)[1], com enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), relacionada aos processos oxidativos avançados em uma turma de 3º ano do Ensino Médio da rede pública de Sergipe, a partir da temática corantes.

## Referencial Teórico

A abordagem CTS é um movimento social que surgiu e ganhou espaço, principalmente, com a ameaça nuclear observada ao final da Segunda Guerra Mundial. Diante disso, parte da sociedade civil começou a questionar os rumos do desenvolvimento científico-tecnológico (C&T), sua suposta neutralidade científica e a grande fé que se tinha na ciência, na razão e no progresso (Bazzo, 2002).

Desta forma, esse movimento busca compreender as implicações sociais do desenvolvimento científico-tecnológico, em seus aspectos benéficos e maléficos na sociedade industrial – os quais estiveram acompanhados, ao longo da história, não somente de avanços, como também o surgimento e o agravamento de inúmeros problemas com consequências políticas, ambientais, sociais e econômicas. A partir desse contexto, se vislumbra a importância da inserção do enfoque CTS em aulas de Química.

O ensino de Química baseado em uma abordagem CTS tem como principal objetivo a formação de cidadãos a partir de uma alfabetização sociocientífica e tecnológica, tencionando tornar os discentes capazes de refletir de forma crítica a respeito dos rumos da sociedade, desenvolver atitudes e valores de participação social visando à tomada de decisões. Valores estes relacionados às indagações das reais necessidades humanas, imbricados por profundos questionamentos sobre a supremacia da ordem capitalista, na qual os valores econômicos se impõem aos demais (Santos e Mortimer, 2002).

Niezer *et al.* (2016) entendem que o ensino de Química com enfoque CTS traz como implicação a necessidade de relacionar os conteúdos da ciência ao contexto da sua base tecnológica e social. E que, para isso, é necessário uma renovação crítica nos processos de ensino-aprendizagem e na organização dos conteúdos através da adoção e implementação de atividades inovadoras que possibilitem, em sala de aula, um redimensionamento dos conteúdos com a inclusão de questões tecnológicas e sociais.

Com relação às questões metodológicas e à abordagem CTS, verifica-se a possibilidade de utilização de várias estratégias de ensino e, dentre elas, a experimentação (Firme e Amaral, 2011). No artigo em tela, a utilização da experimentação, articulada a outros métodos de ensino, foi pensada durante a produção da intervenção didática como iniciativa para estimular a reflexão, o senso crítico e a formulação de hipóteses a partir de um problema autêntico, objetivando promover o desenvolvimento de habilidades cognitivas elevadas.

A experimentação deve ser tratada como um processo, e não como um produto. Assim sendo, durante a inserção deste tipo de atividade, faz-se necessário integrar à prática (as observações de possíveis evidências dos experimentos) discussões, análises e interpretações de dados e resultados, os quais devem ser direcionados para o desenvolvimento conceitual e cognitivo dos alunos, de modo a permitir que

eles consigam evidenciar fenômenos e, a partir daí, (re) construam suas ideias (Suart e Marcondes, 2009).

Com base nos referenciais teóricos selecionados, preconiza-se que os experimentos não devem ser desenvolvidos num procedimento modelo "receita de bolo" e, tampouco, com o objetivo único de anotar possíveis evidências físicas. Quanto à sua utilização, os experimentos precisam ser pensados como componentes de um processo. As evidências não representam o fim da atividade, ao contrário, elas são o ponto de partida, pois são importantes para que os fenômenos possam ser discutidos e dialogados, e assim mobilizem estruturas cognitivas na construção de ideias.

Isso posto, ressalta-se que essas atividades devem ser elaboradas para: possibilitar maior interação e participação de alunos e professores; permitir o levantamento de concepções prévias; formular questões que permitam gerar conflitos cognitivos em sala de aula; desenvolver habilidades cognitivas elevadas por meio da formulação e teste de hipóteses; e aprender valores e atitudes além dos conteúdos científicos (Silva *et al.*, 2011).

Como os POAs e as demais tecnologias possuem estreita relação com a dimensão social, estes podem ser inseridos por meio da experimentação em sala de aula, bem como por meio de visita técnica a estações de tratamento de efluentes, utilização de vídeos, documentários ou filmes, ou até mesmo pela combinação de métodos de ensino diferentes, como foi o caso deste estudo. Com relação ao aspecto científico, diversos conceitos químicos puderam ser trabalhados, entre eles: reações orgânicas de oxidação, rapidez das reações, catalisadores, número de oxidação, entre outros.

## Aspectos Metodológicos

A metodologia utilizada nesta pesquisa foi de natureza qualitativa, haja vista as suas características: descritivas, interpretativas e analíticas, com um dos pesquisadores atuando como docente. Participaram, como sujeitos da pesquisa, 22 alunos de uma turma do 3º ano do Ensino Médio de uma escola pública no município de Canhoba, Sergipe.

Segundo Gomes *et al*. (2016, p. 391), a pesquisa qualitativa "tem como objetivo principal interpretar o fenômeno, norteada pela observação, pela compreensão, pela descrição e pelo significado". Por outro lado, mesmo considerando-se a predominância do caráter qualitativo, a pesquisa apresenta uma natureza complementar quantitativa em decorrência da necessidade de quantificação das respostas dos instrumentos de coleta de dados selecionados.

Um dos instrumentos mais comumente utilizados em pesquisas qualitativas é o questionário. Por isso, para a coleta de dados, foi aplicado um questionário inicial (QI), contendo oito perguntas (Quadro 1), com a finalidade de identificar as percepções dos alunos em torno do tema em tela. As perguntas abordavam questões com viés social, científico e ambiental. Diferentes tipos de documentos registrados na forma de textos também são usados em pesquisas qualitativas. Dessa forma, ao final, foi solicitado (após a intervenção didática) que os alunos elaborassem um texto dissertativo-argumentativo (TD) com o seguinte tema: *Corantes na sociedade: descartes e soluções*.

Quadro 1: Questionário Inicial (QI)

| |
|---|
| Q1 – O que você conhece sobre corante? |
| Q2 – Você acha que o uso de corantes tem alguma implicação na sociedade e/ou no ambiente? Em caso afirmativo, qual? |
| Q3 – Você conhece alguma reação de oxidação? Em caso afirmativo, qual? |
| Q4 – Qual a diferença entre um radical e um íon? |
| Q5 – Por que as ligações múltiplas, em determinadas condições, são mais reativas que as ligações saturadas? |
| Q6 – O que é um oxidante? E um redutor? |
| Q7 – Muitas mulheres, ao invés de depilar os pelos dos braços, pernas e abdômen, preferem descolori-los (dourá-los) utilizando a mistura de água oxigenada ($H_2O_2$) e amônia ($NH_3$). Muitas delas fazem isso na praia quando em exposição contínua à luz solar. Utilizando seus conhecimentos químicos, explique como esta reação acontece. |
| Q8 – No supermercado, vemos que é recorrente muitos alimentos serem embalados a vácuo. Alguns benefícios estão na preservação do frescor, textura, sabor e valor nutricional do alimento, além de maior durabilidade. Explique, quimicamente, por que os alimentos embalados a vácuo possuem maior durabilidade que os demais. |

Fonte: Os autores.

A opção pelas atividades escritas tomou como base os referenciais de Rivard e Straw (2000) e Suart (2009). Os autores argumentam que a escrita é um instrumento de criação de um sistema conceitual coerente, requerendo uma posição lógica e flexível, exigindo mais esforço cognitivo dos alunos. A escrita é uma habilidade que contribui para a manifestação e o desenvolvimento de habilidades cognitivas superiores. No entanto, poucas são as oportunidades dadas aos alunos para escrever um relatório ou responder questões por escrito que necessitem de síntese e aperfeiçoamento de ideias (Suart, 2009).

No que se refere à intervenção didática, a mesma foi implementada obedecendo a ordem disposta no Quadro 2.

Para a atividade experimental, a turma foi organizada em dois grupos: o primeiro realizou o processo de Fenton, e o segundo, o de foto-Fenton. Ressalte-se, ainda, que os experimentos foram adaptados de modo a serem realizados em sala de aula e com materiais de fácil aquisição, conforme roteiros apresentados no Quadro 3.

A análise dos dados foi conduzida de modo que, *a posteriori*, emergiram duas categorias: aspectos científico-tecnológicos e aspectos socioambientais (vide resultados).

## Resultados e Discussão

O questionário inicial contou com oito perguntas (Quadro 1) relacionadas ao tema da intervenção didática. Destas, uma abordou aspectos socioambientais, cinco

Quadro 2: Síntese da intervenção didática

| Cronograma | Atividade Desenvolvida | Objetivo |
|---|---|---|
| Aula 1 (50 min) | Exposição da proposta aos alunos | Apresentara proposta a ser desenvolvida sobre POAs |
| | Aplicação do Questionário Inicial | Identificar os conhecimentos prévios dos alunos sobre a temática |
| Aulas 2 e 3 (100 min) | Leitura e discussão de texto intitulado: Com água roxa em esgoto, fábrica têxtil é interditada em Paulista/PE[2] | Estimular discussão e socialização das informações em torno do tema |
| | Exibição de vídeos sobre possíveis problemas de saúde ocasionados pelo uso de corantes e problemas de escassez de água no mundo[3] | Desenvolver, com os alunos, uma alfabetização audiovisual que favoreça a problematização de conceitos científicos |
| | Atividade pós-aula | Elaborar um inventário de todos os produtos utilizados pelos alunos durante a semana (cosméticos, produtos de limpeza, alimentos, etc.) que possam conter corantes |
| Aulas 4 e 5 (100 min) | Realização do experimento demonstrativo-investigativo sobre a degradação dos corantes azul de metileno e amarelo de tartrazina utilizando POAs de Fenton e foto-Fenton | Instigar a observação de evidências experimentais, para posterior formulação de hipóteses e questionamentos sobre possíveis explicações para os fenômenos |
| Aulas 6 e 7 (100 min) | Aula expositiva e dialogada | Ampliar as discussões dos conteúdos científicos envolvidos na intervenção didática (reações químicas, oxidações brandas e enérgicas, fotocatálises, etc.) |
| | Produção do texto dissertativo-argumentativo | Avaliar a (re)construção do conhecimento por parte dos estudantes, como também da proposta de intervenção |

Fonte: Os autores.



Quadro 3: Descrição dos roteiros experimentais[4]

| Roteiro do experimento de degradação do azul de metileno por Fenton | Roteiro do experimento de degradação do amarelo de tartrazina por foto-Fenton |
|---|---|
| Em um copo descartável ou de vidro adicione sob agitação constante:<br>– 100 mL de solução azul de metileno 100 mg $L^{-1}$;<br>– 5,0 mL de vinagre branco para ajustar o pH em 3;<br>– 1 comprimido triturado contendo 250 mg de sulfato ferroso (retire o revestimento do comprimido);<br>– 2 gotas de água oxigenada cremosa. | Em um copo descartável ou de vidro adicione sob agitação constante:<br>– 100 mL de solução amarelo de tartrazina 100 mg $L^{-1}$;<br>– 5,0 mL de vinagre branco para ajustar o pH em 3;<br>– 10 mg de $Fe_2(SO_4)_3$ (único reagente que não pode ser substituído);<br>– 3 gotas de água oxigenada cremosa.<br>Em seguida, utilizando uma caixa fechada, submeta o sistema por 30 min à radição de uma lâmpada de UV de 27 W (observe as normas de segurança). |

Fonte: Os autores.

versaram sobre conhecimentos químicos diretamente relacionados ao entendimento dos corantes e reações de oxidação, e as outras duas buscaram contextualizar processos de oxidação como princípios para a explicação de fenômenos cotidianos. Ao final, como descrito na metodologia, os alunos foram orientados a escrever um texto dissertativo-argumentativo. As transcrições das respostas estão na forma original. Desse modo, os erros de gramática e de ortografia, propositalmente, não foram corrigidos, conforme orientam Machado *et al*. (2015).

De modo geral, esperava-se que os alunos apresentassem respostas válidas aos questionamentos propostos e que a relação entre as assertivas e os conceitos aceitos cientificamente fossem bastante estreitas, principalmente em relação às questões 3, 4 e 6, pois tratavam de conceitos químicos que fazem parte dos currículos das 1ª e 2ª séries do Ensino Médio, já cursadas. No entanto, observou-se, para algumas perguntas, elevados índices de abstenções, conforme Figura 1.

Uma provável explicação para o baixo número de respostas fundamenta-se nas inferências de München *et al.* (2016) e Niezer *et al.* (2016). Esses autores afirmam que as ações desenvolvidas na escola, fincadas numa perspectiva propedêutica, baseiam-se em currículos extensos *versus* reduzido número de aulas, que acabam tornando-se fatores dificultadores do processo de aprendizagem, por conta do exíguo contato pedagógico estabelecido entre os alunos e o conhecimento.

As questões de 3 a 6 apresentaram os índices de abstenção mais elevados. Na Q3, ao serem inquiridos se conheciam alguma reação de oxidação, apenas dois dos alunos (9,0%) responderam. O aluno A14 escreveu: *Acho que sim, ferrugem*. Apesar de ter indicado o fenômeno de

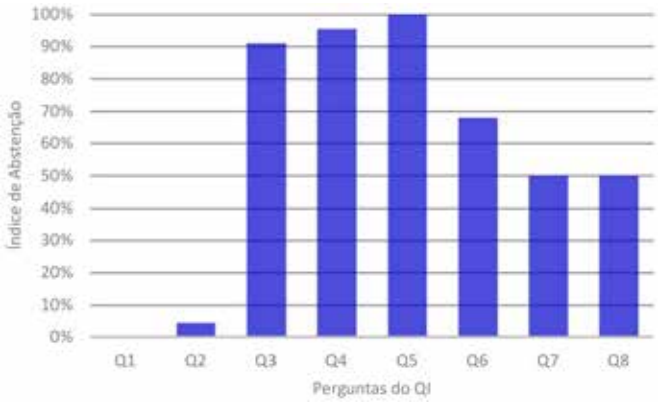



Figura 1: Índices de abstenções no Questionário Inicial.

enferrujamento como uma reação de oxidação, percebe-se certa insegurança na resposta, sinalizando falta de domínio do tema em tela. Para a Q4, sobre a diferença entre um íon e um radical, só uma resposta: A17: *Íons = são átomos que perde ou ganham um elétron. Radical = São orgânicos, são espécie ou conjunto de átomos ligado entre si e que apresenta um ou mais elétrons.* Nota-se consonância na definição de íons e dissonância na de radical, inclusive, limitando-se aos radicais orgânicos. Muito provavelmente, em função do estudo recente de conceitos de Química Orgânica.

A abstenção foi total para a Q5. E, em relação à Q6, apenas 32% dos alunos apresentaram respostas. No entanto, a maior parte dos discentes não soube distinguir os significados de agentes oxidante e redutor dos conceitos de oxidação e redução, como pode ser observado no seguinte excerto de resposta de A22: *O oxidante é o que perde elétrons e o redutor é o que ganha elétrons*.

De acordo com Diniz Júnior e Silva (2016, p. 61), "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 conceitos químicos estudados".

Finalizando a análise inicial do QI, nas duas questões que abordaram processos de oxidação de modo contextualizado, Q7 e Q8, ambas com índice de 50%, observou-se respostas bastante sucintas e pouco explicativas, conforme excertos abaixo:

Q7 (A7): *Por causa da luz do sol, com os produtos.*

Q7 (A9): *Por que a luz solar transmite reações químicas na parte descolorida das pessoas.*

Isso, provavelmente, se deve ao fato de grande parte dos alunos não compreenderem que a luz solar é composta por um espectro contínuo que apresenta diferentes tipos de radiações eletromagnéticas, sendo elas: radiação visível (39%), infravermelho (56%) e ultravioleta (5%) (Balogh *et al*., 2011). Esta última é a responsável por promover a reação indicada na Q7. Outras duas respostas merecem destaque, em função de suas aproximações com a resposta aceita cientificamente. São elas:

Q7 (A12): *Porque já que os pelos estão com um tipo de oxidante químico, a luz solar age diretamente nos pelos fazendo com que eles comecem a mudar de cor e com isso obter a cor desejada.*

Q7 (A5): *Porque os raios solares ajudam a descolorir mais rápido.*

Na primeira, observa-se que A12 emprega em sua resposta o termo oxidante, referência à água oxigenada, e indica que a reação só ocorre devido à ação da luz solar. Considera-se que o discente explicou o problema proposto fazendo uso de bons argumentos científicos. Em contraposição, na segunda, A5 atribuiu à luz solar a função de componente que acelera a reação, mas não fez uso do termo catalisador. Isso revela uma dicotomia entre o senso comum e o saber científico, fortalecendo, de acordo com Pinheiro *et al.* (2007), a relevância em aproximar o aluno da interação entre ciência, tecnologia e todas as dimensões da sociedade.

Em relação à Q8, foi requerido que os alunos explicassem, quimicamente, a razão de os alimentos que são embalados a vácuo possuírem maior durabilidade. A maior parte dos respondentes relacionou o fato aos aspectos biológicos, utilizando termos como contaminação, fungos e bactérias, o que leva a crer que os alunos não vislumbram o gás oxigênio como um agente oxidante que, através de reações de oxidação, pode alterar algumas características dos alimentos, como odor e sabor. Eles tratam a embalagem a vácuo apenas como uma forma de manter o alimento protegido de alguma possível contaminação.

Q8 (A18): *Pois, mantém a embalagem lacrada de forma eficaz mantendo as bactérias longe do alimento.*

Q8 (A19): *Por causa do ar e o calor e em embalagens não corre o risco de entrar fungos e bacterias.*

A análise de tais respostas aponta, ainda, para um modelo de ensino tradicional, fortemente presente nas aulas de Química, como um dos principais entraves à aprendizagem, conforme inferências propostas por Machado *et al*. (2015). Isso se deve ao fato da aprendizagem, nesse modelo de ensino, estar centrada na repetição de conteúdos descontextualizados, sem que se faça uma inter-relação entre as diferentes formas do saber. De acordo com Diniz Júnior e Silva (2016, p. 61), "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 conceitos químicos estudados".

A partir de agora, com a finalidade de analisar e comparar os dados obtidos por meio do questionário inicial e do texto dissertativo-argumentativo, considerando-se somente as questões com maiores índices de repostas ao QI (1 e 2), as ponderações serão mostradas consoante as duas categorias

propostas: aspectos científico-tecnológicos e aspectos socioambientais.

## Aspectos Científico-Tecnológicos

Inicialmente, na aplicação do QI, os estudantes foram solicitados a descrever seus conhecimentos sobre corantes (Q1). Todos responderam a essa questão. Contudo, como pode ser percebido nos trechos transcritos abaixo, as impressões dos discentes limitaram-se à etimologia da palavra e ao senso comum. Em relação a este último, acredita-se que se deve ao fato de os corantes alimentícios estarem mais próximos do cotidiano dos alunos (bolos, balas e refrigerantes, por exemplo).

Q1 (A2): *É uma substância utilizada para dar cor a alimentos, roupas, etc.*

Q1 (A12): *Corante é uma fórmula de tintura que da cores as coisas sórdidas e alegram com cores as nossas coisas*.

Já na atividade do texto dissertativo-argumentativo, os alunos não foram diretamente indagados a respeito de corantes. Mas, pode-se constatar nos corpos dos textos concepções mais elaboradas.

TD (A2): *Os corantes são substâncias utilizadas para adicionar cor a diversos produtos, como alimentos, tecidos, plásticos e tintas.*

TD (A12): *Corante é toda a substância que se adicionada a outra lhe confere cor. Utilizados principalmente em indústrias para conferir cor a alimentos e roupas.*

Pode-se notar que, no texto dissertativo-argumentativo, os alunos A2 e A12 ampliaram suas visões em torno da utilização e das aplicações dos corantes na sociedade atual. Os discentes expressaram melhor compreensão dos conceitos e apresentaram discursos mais elaborados. Podemos inferir que isso se deve, principalmente, à oportunidade disponibilizada em sala de aula de promover discussões relacionadas à questão problematizadora. Em geral, podemos afirmar que houve engajamento nas discussões, exposição de dúvidas e levantamento de hipóteses, o que foi de fundamental importância para aprendizagem dos conteúdos propostos.

## Aspectos Socioambientais

No questionário inicial, a Q2 indagava aos alunos sobre as prováveis implicações do uso dos corantes. Esta apresentou um elevado número de respostas (91%). No entanto, uma parcela considerável dos respondentes (45,5%) afirmou não haver implicação alguma:

Q2 (A18): *Não acho que tenham implicações.*

Q2 (A10): *Não! Por que o ambiente não precisa de corantes para alguma implicação.*

Os que responderam sim (54,5%) apontaram problemas relacionados à saúde e ao cuidado com o meio ambiente:

Q2 (A2): *Sim, pois causa danos ao meio ambiente e prejudica à saúde, mas se for usado de forma incorreta.*

Q2 (A14): *Sim, pois são produtos que afetam quimicamente, tem todo um processo de industrialização e que não faz bem.*

A análise dos textos dissertativo-argumentativos nos revela maior criticidade, por parte dos alunos, para perceber e apontar os possíveis impactos socioambientais decorrentes do uso dos corantes. Os textos passaram a apresentar respostas mais amplas com argumentos que, apesar de simples, são convincentes, como evidenciado pelo excerto a seguir:

TD (A2): *Essas substâncias que dão coloração à maioria das comidas industrializadas são obras dos laboratórios que se esforçam para deixar um alimento mais atraente, como gelatina e o sorvete, ou mais proximo da "cor natural", como os refrigerantes de uva e de laranja. No entanto, mesmo dando essa mãozinha à aparência, os corantes costumam ser vistos como vilões. De fato eles podem provocar alergias, mas não em todas as pessoas apenas naquelas sensíveis a algum dos componentes químicos da sua formulação.*

As respostas ao QI nos revelam um nível de percepção limitado quanto aos impactos socioambientais da produção e a utilização dos corantes. Porém, de acordo com os fragmentos dos textos dissertativo-argumentativos, notam-se significativos acréscimos, quando os respondentes começam a estabelecer relações entre o uso e as (prováveis) consequências do uso de corantes. Isso, certamente, pode ser entendido como uma ampliação do conhecimento e, consequentemente, uma melhor percepção em relação à temática abordada.

Conforme visto, na fala do respondente A2, a adição de corantes sintéticos aos alimentos, para torná-los mais atraentes aos olhos do consumidor, concorda com Prado e Godoy (2003) quando afirmam que durante séculos o ser humano vem colorindo os alimentos para torná-los mais atrativos e saborosos. Além disso, corrobora a afirmação de Constant *et al.* (2002):

> *A aceitação do produto alimentício pelo consumidor está diretamente relacionada a sua cor. Esta característica sensorial, embora subjetiva, é fundamental na indução da sensação global resultante de outras características como o aroma, o sabor e a textura dos alimentos. Desta forma, a aparência do alimento pode exercer efeito estimulante ou inibidor do apetite. Além de necessária para sobrevivência, a alimentação também é fonte de prazer e satisfação* (Constant *et al.*, 2002, p. 204).

A mesma referência pode ser vista na resposta de A18:

TD (A18): *Os corantes são usados como um belo jogo de marketing nos produtos industrializados, que seduz a população e incentiva o consumo [...] Os resíduos de tal produto são jogados em rios, o que ocasiona problemas ambientais, prejudicando a fauna e a flora. Consequentemente trazendo problemas sociais e econômicos, pois tanto as águas quanto*

*os peixes são contaminados, assim acarretando prejuízos para as famílias que dali tiram seu sustento.*

Observa-se, a partir de então, que alguns textos tocam em um ponto fundamental da problemática: o consumo. Para Auler e Delizoicov (2001), a abordagem revela-se como uma compreensão crítica sobre as interações entre Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS), dimensão fundamental para a leitura do mundo contemporâneo.

TD (A14): *São acrescentadas excessivamente no processo de fabricação destes, que são bastante consumido pela população, esse excesso é devido a um favorecimento aos consumidores que optam por um consumo "colorido".*

Segundo Santos e Mortimer (2002), os alunos desenvolvem atitudes voltadas a uma atuação cidadã ao apresentarem propostas que podem provocar impactos significativos em sua comunidade. Ao pensar na coletividade, os mesmos citam e valorizam a criação de projetos para diminuir e fiscalizar os despejos em águas residuais, a exemplo dos seguintes trechos:

TD (A14): *Medidas devem ser impostas a fábricas e indústrias que utilizam essas substâncias, os corantes, [...] E também melhorias no ensino das escolas, tratando dessa problemática nas salas de aula.*

TD (A10): *Portanto, deve-se que as prefeituras e os órgãos públicos tomarem providências para solucionar os problemas causados pela poluição.*

TD (A18): *Promover projetos para diminuir a quantidade de corantes em alimentos e roupas diminuindo assim um grande problema social e ambiental.*

Ainda no texto dissertativo-argumentativo, os alunos passaram a citar os Processos Oxidativos Avançados como procedimentos para o tratamento de resíduos. Com propriedade, utilizaram os fundamentos básicos da química desses processos, como pode ser visto abaixo:

TD (A14): *[...] Processos Oxidativos Avançados que usam o principio de produzir radicais para oxidação do alto teor dos corantes na água.*

TD (A22): *Orientar as indústrias uma forma de tratamento como os Processos Oxidativos Avançados, que por meio da geração de radicais hidroxila, produzem uma reação de oxidação e assim oxidam as moléculas de corantes.*

TD (A5): *Uma boa solução para o problema seriam os Processos Oxidativos Avançados, estes processos funcionam gerando radicais como agentes oxidantes, quebrando as ligações dos corantes.*

Os trechos acima indicam a percepção de maior apropriação do conhecimento científico estudado para explicar a tecnologia envolvida no processo de degradação dos corantes, o que representa a indissociabilidade entre os aspectos que envolvem o CTS (Santos e Mortimer, 2002). É necessário considerar que os alunos passaram a empregar termos científicos na escrita do texto dissertativo-argumentativo.

Contudo, alguns alunos, mesmo ao final da intervenção didática, demonstraram descrença nos possíveis problemas que podem ser provocados pelo uso desses compostos. Esses alunos apresentaram persistência e resistência em superar as suas preconcepções, como prova da forte influência que as cores exercem nas nossas opções de escolhas, como relatado a seguir:

TD (A3): *É difícil acreditar que cores que demonstram ser tão apetitosas e chamativas possa ser um problema.*

TD (A2): *Dá gosto ver um alimento vermelho forte ou laranja. [...] De fato, eles podem provocar alergias, mas não em todas as pessoas.*

A influência de um ambiente escolar que raramente oportuniza aos alunos um espaço de discussão capaz de instigar posicionamentos críticos e reflexivos em torno de temas socioambientais certamente favorece preconcepções bastante resistentes. Para que sejam modificadas, é necessário tempo e um maior contato pedagógico entre os alunos e atividades de natureza similar às propostas neste trabalho.

## Considerações Finais

Os resultados obtidos nas análises do QI podem ser, em certa medida, considerados esperados, em relação ao aspecto socioambiental e às questões que tratamos como contextualizadas. Porém, esperava-se mais dos alunos acerca dos aspectos científicos, em particular aqueles referentes aos conceitos ligados à Química, pois acreditava-se que, em momentos pretéritos, os discentes haviam tido a oportunidade de estudar tais conteúdos, o que não foi evidenciado nas respostas.

No entanto, por meio da comparação entre as respostas iniciais e posteriores à intervenção didática, foi possível evidenciar os progressos em relação aos aspectos propostos nesta intervenção. Os discentes ampliaram suas visões sociais consideravelmente, argumentando e criticando, de maneira sólida, a utilização de corantes na sociedade atual. Além disso, realizaram uma reflexão autocrítica e desenvolveram valores de participação social e cidadã.

Conseguiu-se, também, relevantes melhorias nos aspectos científico-tecnológicos, os quais passaram de abstenções e confusões sobre os conceitos químicos para uma apropriação da linguagem química, explicando os POAs de forma correta. Esse avanço foi possível devido à articulação de diversos métodos de ensino e à aplicação dos experimentos de cunho demonstrativo-investigativo e, por meio destes, foi possível ir além de objetivos motivacionais, atingindo os procedimentais, atitudinais e conceituais.

Evidenciou-se, também, uma mobilização por parte dos alunos em debater e pensar criticamente acerca do tema, principalmente no que diz respeito ao estabelecimento das relações dos conhecimentos científicos com seu cotidiano, socializando-os e dando-lhes significados. A função das atividades escritas, voltadas principalmente para o desenvolvimento da capacidade cognitiva de argumentação, é despertar os alunos para capacidades que ultrapassam as

habilidades de lembrar, entender e aplicar. Isso representa um importante aspecto na inserção de uma alfabetização científico-tecnológica realizada por meio de uma abordagem CTS, na qual a experimentação teve papel importante na construção de novos conhecimentos.

Por conseguinte, podemos inferir que a aproximação de temas sociais com atividades experimentais num enfoque CTS representa uma proposta promissora, não só para iniciativas que visem à formação inicial de professores, mas também como uma via auspiciosa para melhoria das aulas de Química, principalmente no Ensino Médio.

## Notas

[1]Esta atividade fez parte do trabalho de conclusão de curso (TCC) desenvolvido por Bárbara Luisa Soares dos Reis Santos e Letícia Bispo da Rocha, sob a orientação de Lenalda Dias dos Santos, no Curso de Licenciatura em Química da Faculdade Pio Décimo.

[2]Matéria publicada no site G1, disponível em http://g1.globo.com/pernambuco/noticia/2015/01/com-agua-roxa-em-esgoto-fabrica-textil-e-interditada-em-paulista-pe.html, acessado em Maio 2018.

[3]Links: https://youtu.be/2eWfHOQNshU e https://www.youtube.com/watch?v=jfknBoR6xc8, acessados em Maio 2018.

[4]Para maiores detalhes, consulte o primeiro texto da seção "Para saber mais".

**Wendel Menezes Ferreira** (wendel.ferreira@ifs.edu.br), licenciado e mestre em Química pela Universidade Federal de Sergipe, é especialista em Ciências da Natureza e suas Tecnologias pela Universidade Potiguar e em Língua Brasileira de Sinais – LIBRAS pela Faculdade de Educação de Bom Despacho. Professor de Química do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe. Itabaiana, SE – BR. **Letícia Bispo da Rocha** (leticiarochabd@gmail.com), licenciada em Química, é especialista em Educação Química pela Faculdade Pio Décimo. Aracaju, SE – BR. **Lenalda Dias dos Santos** (lenalda@infonet.com.br), engenheira e licenciada em Química pela Universidade Federal de Sergipe, mestre em Educação pela Universidade Federal da Paraíba, é coordenadora pedagógica do curso de Licenciatura em Química da Faculdade Pio Décimo. Aracaju, SE – BR. **Bárbara Luisa Soares dos Reis Santos** (barbaraluisasr@gmail.com), licenciada em Química e especialista em Educação Química pela Faculdade Pio Décimo, é mestranda em Química pela Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão, SE – BR. **Ângelo Francklin Pitanga** (afpitanga2@gmail.com), licenciado e mestre em Química, e doutor em Educação pela Universidade Federal de Sergipe. Professor de Química do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia. Paulo Afonso, BA – BR.



## Referências

ARAÚJO, K. S.; ANTONELLI, R.; GAYDECZKA, B.; GRANATO, A. C. e MALPASS, G. R. P. Processos oxidativos avançados: uma revisão nos fundamentos e aplicações no tratamento de águas residuais urbanas e efluentes industriais. *Revista Ambiente e Água*, v. 11, n. 2, p. 387-401, 2016.

AULER, D. e DELIZOICOV, D. Alfabetização científico-tecnológica para quê? *Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 3, n. 1, p. 1-13, 2001.

BALOGH, T. S.; VELASCO, M. V. R.; PEDRIALI, C. A.; KANEKO, T. M. e BABY, A. R. Proteção à radiação ultravioleta: recursos disponíveis na atualidade em fotoproteção. *Anais Brasileiros de Dermatologia*, v. 86, n. 4, p. 732-742, 2011.

BAZZO, W. A.; A pertinência de abordagens CTS na educação tecnológica. *Revista Ibero-Americana de Educação,* n. 28, p. 83-100, 2002.

BRITO, N. N. e SILVA, V. B. M. Processo oxidativo avançado e sua aplicação ambiental. *Revista Eletrônica de Engenharia Civil*, v. 1, n. 3, p. 36-47, 2012.

CONSTANT, P. B. L.; STRINGHETA, P. C. e SANDI, D. Corantes alimentícios. *Boletim do Ceppa*, v. 20, n. 2, p. 203-220, 2002.

DALLAGO, R. M. e SMANIOTTO, A. Resíduos sólidos de curtumes como adsorventes para remoção de corantes em meio aquoso. *Química Nova*, v. 28, n. 3, p. 433-437, 2005.

DINIZ JÚNIOR, A. I. e SILVA, J. R. R. T. Isômeros, funções orgânicas e radicais livres: análise da aprendizagem de alunos do ensino médio segundo a abordagem CTS. *Química Nova na Escola*, v. 38, n. 1, p. 60-69, 2016.

FIRME, R. N. e AMARAL, E. M. R. Analisando a implementação de uma abordagem CTS na sala de aula de química. *Ciência e Educação*, v. 17, n. 2, p. 382-399, 2011.

GOMES, V. B.; SILVA, R. R. e MACHADO, P. F. L. Elaboração de textos de divulgação científica e sua avaliação por alunos de licenciatura em química. *Química Nova na Escola*, v. 38, n. 4, p. 387-403, 2016.

GUARATINI, C. C. I. e ZANONI, M. V. B. Corantes têxteis. *Química Nova*, v. 23, n. 1, p. 71-78, 2000.

KUNZ, A.; PERALTA-ZAMORA, P.; MORAES, S. G. e DURÁN, N. Novas tendências no tratamento de efluentes têxteis. *Química Nova*, v. 25, n. 1, p.78-82, 2002.

MACHADO, T. F.; SILVA, D.; CORNÉLIO, J. P. L. e DEL PINO, J. C. Abordagem CTSA através da temática produção de sabão. *Acta Scientiae*, v. 17, n. 2, p. 510-525, 2015.

MARCELINO, R. B. P.; FRADE, P. R.; AMORIM, C. C. e LEÃO, M. M. D. Tendências e desafios na aplicação de tecnologias avançadas para o tratamento de efluentes industriais não biodegradáveis: atuação do grupo de pesquisa POA control da UFMG. *Revista UFMG*, v. 20, n. 2, p. 358-383, 2013.

MÜNCHEN, S.; SOARES, A. B. e ADAIME, M. B. Uma abordagem CTS no ensino de química a partir do tema jeans. *Ciência e Natura*, v. 38, n. 1, p. 462-474, 2016.

NIEZER, T. M.; SILVEIRA, R. M. C. F. e SAUER, E. Ensino de soluções químicas por meio do enfoque ciência-tecnologia-sociedade. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias,* v. 15, n. 3, p. 428-449, 2016.

NOGUEIRA, R. F. P.; TROVÓ, A. G.; SILVA, M. R. A.; VILLA, R. D. e OLIVEIRA, M. C. Fundamentos e aplicações ambientais dos processos Fenton e foto-Fenton. *Química Nova*, v. 30, n. 2, p. 400-408, 2007.

PEIXOTO, F.; MARINHO, G. e RODRIGUES, K. Corantes têxteis: uma revisão. *Holos*, v. 5, p. 98-106, 2013.

PINHEIRO, N. A. M.; SILVEIRA, R. M. C. F. e 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.

PRADO, M. A. e GODOY, H. T. Corantes artificiais em alimentos. *Alimentos e Nutrição*, v. 14, n. 2, p. 237-250, 2003.

RIVARD, L. P. e STRAW, S. B. The effect of talk and writing

on learning science, an exploratory study. *Science Education*, v. 84, n. 5, p. 566-593, 2000.

SALVADOR, T.; MARCOLINO JÚNIOR, L. H. e PERALTA-ZAMORA, P. Degradação de corantes têxteis e remediação de resíduos de tingimento por processos Fenton, foto-Fenton e eletro-Fenton. *Química Nova*, v. 35, n. 5, p. 932-938, 2012.

SANTOS, W. L. P. e MORTIMER, E. F. Uma análise dos pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (ciência-tecnologia-sociedade) no contexto da educação brasileira. *Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 2, n. 2, p. 1-23, 2002.

SILVA, M. R. A.; OLIVEIRA, M. C. e NOGUEIRA, R. F. P. Estudo da aplicação do processo foto-Fenton solar na degradação de efluentes de indústria de tintas. *Eclética Química*, v. 29, n. 2, p. 19-25, 2004.

SILVA, R. R.; MACHADO, P. F. L. e TUNES, E. Experimentar sem medo de errar. In: SANTOS, W. L. P. e MALDANER, O. A. (Orgs.). *Ensino de Química em Foco*. Ijuí: Unijuí, 2011, p. 231-261.

SUART, R. C. Uma análise das habilidades cognitivas manifestadas na escrita por alunos de ensino médio de química em atividades experimentais investigativas. *Enseñanza de las Ciencias*: revista de investigación y experiencias didácticas, n. extra, p. 381-387, 2009.

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

## Para saber mais

PITANGA, A. F.; SANTOS, B. L. S. R.; ROCHA, L. B.; SANTOS, L. D. e FERREIRA, W. M. Adaptação metodológica de processos oxidativos avançados (POAs) na degradação de corantes para aulas experimentais de ensino médio. *Química Nova na Escola*, v. 39, n. 4, p. 373-377, 2017.

TEIXEIRA, C. P. A. B. e JARDIM, W. F. *Processos oxidativos avançados: conceitos teóricos*, Cadernos Temáticos, v. 03. Campinas: Unicamp/IQ, 2004.

USA, Environmental Protection Agency. *Handbook on advanced photochemical oxidation process*. Cincinnati: US EPA, 1998.

**Abstract:** *Dyes: an Approach With a Focus on Science, Technology and Society (STS) Using Advanced Oxidation Processes*. This article presents an experience report in the elaboration and application of a didactic intervention, based on the STS approach, using dyes as thematic. A predominantly qualitative approach, together with the realization of experiments on Advanced Oxidation Processes, constituted the methodological contribution of the research. For the data collection, an initial questionnaire and the production of an argumentative-essay text were used. Initially a small number of responses (50 to 100% of abstentions) was obtained, even for questions dealing with the content already seen in previous years. After the intervention, an appropriation of scientific concepts related to the investigated aspects was noticed, including the improvement of argumentative skills and critical posture towards the use of the dyes favoring a citizenship-oriented action. Therefore, it is believed that the approximation of social themes with experimental activities in a STS approach represents a promising proposal for the improvement of Chemistry classes.
**Keywords:** science, technology and society, experimentation, advanced oxidation processes

http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160121

# Aprendizagem Ativo-Colaborativo-Interativa: Inter-Relações e Experimentação Investigativa no Ensino de Eletroquímica

**Tâmara N. P. Santos, Carlos H. Batista, Ana P. C. de Oliveira e Maria C. P. Cruz**

A Eletroquímica é um conteúdo desafiador para o ensino de Química. No contexto de uma era na qual predomina a Tecnologia da Informação e Comunicação, estudantes devem e podem desenvolver habilidades e competências voltadas a este desafio, de forma ativa. A presente pesquisa objetiva expor uma metodologia experimental investigativa, utilizando materiais de baixo custo e não tóxicos, a exemplo de limões e batatas do tipo inglesa, de tal maneira que os alunos se voltem à experimentação para a construção de pilhas bioquímicas. A experimentação abordada é bem fundamentada na literatura, o diferencial é a metodologia proposta envolver uma abordagem didática desafiadora para alunos nativos digitais. Os alunos do Curso Técnico em Química do Instituto Federal de Sergipe puderam entender o porquê de acender um diodo de 1,5 V num conjunto de pilhas, sob mediação do professor. Os discursos escritos pelos educandos foram analisados utilizando a Análise Textual Discursiva (ATD). As inter-relações entre alunos ativos, colaborativos e interativos potencializam as aprendizagens por desenvolver um efeito sinergético na construção do conhecimento.

▶ eletroquímica, experimentação, pilhas caseiras ◀

Recebido em 23/06/2017, aceito em 28/01/2018



Pode-se perceber, cotidianamente, a propagação do uso de aparelhos eletroeletrônicos portáteis, tais como: telefones sem fio, rádios portáteis, controles para TV, *notebooks*, *mouses*, jogos eletrônicos, relógios, agendas eletrônicas, câmeras fotográficas, aparelhos de som, entre outros. Nestes dispositivos são utilizadas pilhas ou baterias. As primeiras fornecem energia através de dois eletrodos e um eletrólito onde ocorrem reações de oxirredução espontâneas que geram corrente elétrica, também denominadas células galvânicas; as segundas são as baterias, um conjunto de pilhas voltaicas (Brown *et al.*, 2005). Em decorrência desse fato, aumentou muito a demanda pelos dois tipos, de diversos tamanhos, a fim de atender às inúmeras exigências do mercado. O ramo da Química que estuda estas reações é a Eletroquímica, a qual discute o desenvolvimento e funcionamento das pilhas e baterias.

Segundo Silva *et al.* (2016), Caramel e Pacca (2011), Sanjuan *et al.* (2009) e Ogude e Bradley (1996), os conteúdos envolvendo Eletroquímica são frequentemente mencionados por docentes e estudantes como um assunto que representa grande dificuldade no processo ensino-aprendizagem. Os estudantes confundem elementos presentes nas pilhas como cátodo, ânodo, eletrodo positivo e eletrodo negativo, possivelmente, pelos detalhes muito semelhantes dessa ciência. Diante destas e outras dificuldades sentidas por alunos, pela relevância desta ciência para a humanidade, é necessário buscar métodos alternativos para facilitar o ensino e a compreensão da Eletroquímica, relacionando os

[...] os conteúdos envolvendo Eletroquímica são frequentemente mencionados por docentes e estudantes como um assunto que representa grande dificuldade no processo ensino-aprendizagem. Os estudantes confundem elementos presentes nas pilhas como cátodo, ânodo, eletrodo positivo e eletrodo negativo, possivelmente, pelos detalhes muito semelhantes dessa ciência. Diante destas e outras dificuldades sentidas por alunos, pela relevância desta ciência para a humanidade, é necessário buscar métodos alternativos para facilitar o ensino e a compreensão da Eletroquímica, relacionando os fenômenos químicos com o cotidiano do aluno, associando a teoria com a prática de uma maneira contextualizada.

fenômenos químicos com o cotidiano do aluno, associando a teoria com a prática de uma maneira contextualizada.

A utilização de experiências investigativas nas aulas de Química cria oportunidade de maior entendimento de Eletroquímica por parte dos alunos, pois instiga o aprendizado, tornando a ação do educando mais ativa. No entender de Pozo (1998), no ensino por investigação os alunos são colocados em situação de realizar pequenas pesquisas, combinando simultaneamente conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais. Alguns artigos mostram experimentações investigativas que podem ser feitas em sala de aula; cita-se dois deles, o artigo de Ferreira *et al.* (2010) e o de Suart e Marcondes (2009). No primeiro artigo, os discentes dividiram-se em dois grupos para estudar líquidos miscíveis e imiscíveis, e volumes em provetas. No último artigo, os alunos investigaram o conceito de temperatura de ebulição. Santana e Silva (2014) enfatizam que o que deve ser abordado não precisa ser de difícil resolução, de modo que o estudante desista de investigá-lo e ainda, que o processo de busca do conhecimento é mais importante que o produto a ser exposto.

Neste contexto, uma experimentação investigativa quando aplicada sobre pilhas biodegradáveis, aquelas que são feitas de verduras e frutas, torna-se uma metodologia possível de ser desenvolvida, pois os alunos são dotados de concepções alternativas que, de alguma forma, foram construídas durante as suas vidas. Neste caso, essas concepções podem ser aprimoradas após uma intervenção didática que desenvolva a descoberta autônoma e mediada de concepções científicas. Esta metodologia ativa se baseia em solucionar desafios advindos das atividades essenciais da prática social, em diferentes contextos (Berbel, 2011). Desta forma, estas concepções científicas construídas podem ser identificadas pela análise textual discursiva (ATD), que consiste em encontrar unidades de significados que gerem categorizações, como descrito em Moraes e Galiazzi (2011). Partindo deste contexto, o ambiente da aprendizagem não está restrito apenas à sala de aula, uma vez que o cotidiano dos alunos é constantemente afetado pelas novas tecnologias. Este ensino híbrido é um forte aliado para o desenvolvimento de competências e habilidades numa metodologia ativa.

A construção de pilhas de limão e batata, nesta perspectiva, tem papel relevante no desenvolvimento social crítico do aluno, por desafiá-lo a construir seu próprio conhecimento na área de Eletroquímica, com princípios de Química Verde. Assim, na experimentação investigativa, o aluno pode desenvolver todo o seu potencial e aperfeiçoar três características significativas.

A primeira delas é responsabilizar-se pelo processo de aprendizagem. Ele é o sujeito ativo deste processo que permite a análise, a decisão e a atuação nas mais diversas circunstâncias. Assim, desenvolve habilidades para a vida por comprometer-se com a busca de ferramentas necessárias para seu desenvolvimento cognitivo.

Na segunda característica, a investigação estimula o aluno a assumir uma atitude colaborativa. O aluno levanta hipóteses, questionamentos e discute os fenômenos apresentados no decorrer da aula (Perrenoud, 1999). Para tanto, pode ocorrer o estudo individual para, em seguida, compartilhar o novo conhecimento a todos os integrantes da equipe ou vice-versa.

Por fim, o aspecto da interatividade. Nesta característica o aluno passa a interagir no próprio processo de aprendizagem, dividindo-se em momentos *offline* (com o professor) e *online* (utilizando as mídias de que dispõe). No momento *offline* o docente interage com o educando por um processo dialógico sobre as instruções/orientações da pesquisa. No momento *online* o aluno desenvolve seu aprendizado individual, colaborativo e interativo, utilizando-se das mídias e, inclusive, com o professor.

[...] o presente trabalho tem como finalidade expor uma metodologia de experimentação investigativa da construção de pilhas caseiras a partir do uso de limões e batata inglesa, pautada na formação de um aluno ativo, colaborativo e interativo agindo ora em espaço *offline* e ora *online*. As inter-relações entre estes atributos foram observadas na ATD, descrita em Moraes e Galiazzi (2011).

Portanto, o presente trabalho tem como finalidade expor uma metodologia de experimentação investigativa da construção de pilhas caseiras a partir do uso de limões e batata inglesa, pautada na formação de um aluno ativo, colaborativo e interativo agindo ora em espaço *offline* e ora *online*. As inter-relações entre estes atributos foram observadas na ATD, descrita em Moraes e Galiazzi (2011).

## Desenvolvimento da Pesquisa

*O Contexto Metodológico*

A principal motivação desta pesquisa foi disponibilizar uma metodologia em Eletroquímica que viabilizasse aos professores reproduzi-la facilmente em sala de aula através da leitura deste artigo e de outros como o de Hioka *et al.* (2000). Para tal, o foco foi uma experimentação mais ligada aos princípios da Química Verde e de metodologia diferenciável. Assim, a experimentação investigativa é discutida na literatura de acordo com Ferreira *et al.* (2010), Suart e Marcondes (2009), Taha *et al.* (2016), dentre outros.

*Os Sujeitos da Pesquisa*

A intervenção didática foi aplicada ao 3º ano do Ensino Médio do Curso Técnico Integrado de Química, no Instituto Federal de Sergipe (IFS), numa turma composta por 22 alunos, situada na faixa etária entre 16 e 18 anos.

*Procedimentos Para a Coleta de Dados*

A pesquisa foi dividida em etapas. A primeira foi a análise investigativa elaborada por meio de um diagnóstico da sondagem dos conhecimentos prévios dos estudantes

envolvidos, composto por duas questões. A questão inicial versava sobre a enquete: "A Eletroquímica é muito utilizada no seu dia a dia, por exemplo, nas pilhas, baterias, e no recobrimento de joias com ouro. O entendimento da proposta pode ser algo significativo para a compreensão de como ocorre cada processo. Você acha o seu entendimento complexo? Por quê?". Enquanto isto, a segunda questão foi apresentada, a partir da utilização de uma figura de dois pares de meias batatas ligadas em série por fios de cobre, nos quais o cobre era o cátodo e o zinco era o ânodo. As seguintes perguntas foram feitas: "a) De que forma a batata contribui na célula Eletroquímica? b) Em qual metal ocorre na superfície a reação de redução? Esta reação se comporta como cátodo ou ânodo? c) Qual metal tende à oxidação? Ele se comporta como cátodo ou ânodo? d) Os elétrons migram do cobre para o zinco? Justifique a resposta. e) Por que são ligados os eletrodos em mais de dois pares de meia batata?".

Para responder ao questionário, os alunos se identificaram usando pseudônimos. O intuito do questionário foi o de verificar a concepção dos estudantes em relação ao entendimento de uma reação de oxirredução e os polos numa pilha. Assim, os conhecimentos prévios sobre conceitos presentes numa pilha foram investigados. O momento da aplicação do questionário teve a duração de uma aula de 50 min. Os discentes já tinham conhecimento sobre pilhas e nenhuma aula teórica foi ministrada. Esta foi a primeira coleta de dados.



Em seguida, a segunda etapa foi o processo formativo, por aplicação da temática, que se prolongou por mais uma aula de 50 min e com divisão da turma em quatro grupos. Foi, então, explicado como os alunos deveriam estudar o conteúdo de construção de pilhas utilizando-se de batata inglesa e limão. Os discentes teriam que pesquisar *online* (http://www.cienciamao.usp.br), em vídeo aulas no *Youtube*, como as pilhas eram feitas e quais seriam os materiais necessários para acender um diodo emissor de luz (*light emitting diode*, LED) de 1,5 V, ou medir a fem (força eletromotriz) em um voltímetro. Os metais utilizados foram prego zincado e moeda de cinco centavos (aço revestido com cobre). Através do aplicativo *WhatsApp* o professor mediou em tempo real a aprendizagem durante uma semana. Desta forma, obteve-se um envolvimento mais interativo dos alunos e ocorreu a montagem, exposição e explicação sobre pilhas, sua constituição e funcionamento. Sucedeu a colaboração entre as equipes, as dúvidas foram sanadas com a assistência do professor e ocorreu o funcionamento das pilhas. Esta etapa durou uma aula de cinquenta minutos.

Por fim, foi feita uma última etapa, a análise avaliativa dos discursos escritos dos alunos sobre a temática, utilizando a ATD, descrita em Moraes e Galiazzi (2011). Os alunos realizaram uma produção textual, objetivando verificar a aprendizagem dos conteúdos e conceitos identificados na construção das pilhas caseiras. Nesta etapa foram recolhidas as produções textuais como material a ser analisado.

*ATD Como Técnica de Análise de Dados*

Uma vez que os dados coletados se encontravam no formato de produções textuais, possibilitou-se uma fragmentação desses textos, na busca de criar categorias emergentes por meio dos fragmentos obtidos. Moraes e Galiazzi (2011) defendem que a ATD pode ser compreendida como um processo auto-organizado de construção de novos significados, em relação à produção textual. Partindo desta perspectiva, a partir das leituras teóricas das concepções dos alunos na produção textual, é possível admitir a concretização ou compreensão de uma teoria.

## Discussão dos Resultados

A análise do questionário investigativo está apresentada nos Quadros 1 a 6. Com os dados coletados pode-se ter uma visão dos conceitos em construção ou de outros consolidados pelos alunos. No Quadro 1 é apresentado o primeiro questionamento. Pode-se inferir que os discentes, em sua maioria (72%), compreendem a Eletroquímica e não a considera complexa, visto que muitos dos alunos já mantiveram contato com o assunto nas disciplinas de corrosão, de Química Analítica e de Físico-Química. No entanto, é preciso verificar se esta posição dos alunos tem fundamento. O restante da turma, por outro lado, como observado nos depoimentos dos alunos, achou o entendimento complexo e confuso, com muitos detalhes, bastante denso, com diversas definições, equações e cálculos. Assim, acabaram se confundindo para identificar cátodo e ânodo, ou qual destes está sofrendo oxidação ou reduzindo, entre outros.

Uma vez que os dados coletados se encontravam no formato de produções textuais, possibilitou-se uma fragmentação desses textos, na busca de criar categorias emergentes por meio dos fragmentos obtidos. Moraes e Galiazzi (2011) defendem que a ATD pode ser compreendida como um processo auto-organizado de construção de novos significados, em relação à produção textual. Partindo desta perspectiva, a partir das leituras teóricas das concepções dos alunos na produção textual, é possível admitir a concretização ou compreensão de uma teoria.

Nos Quadros 2 a 6 estão apresentados os itens integrantes da segunda questão do questionário. Para análise das respostas foram utilizados os termos *incorpora*, *tangencia* e *distancia*, referentes aos percentuais das respostas dos alunos. O termo *incorpora* significa que a resposta está correta; o termo *tangencia* se aproxima da resposta correta e o termo *distancia* quer dizer que a resposta se afasta do conceito correto.

Analisando o Quadro 2, referente ao item "a", percebe-se que o depoimento de Dani incorpora o conceito correto e que 50,0% da turma formulam conceitos similares. Outro depoimento diz que a batata funciona como uma ponte salina. Golberg *et al.* (2010) sugerem que os tecidos da batata entre

Quadro 1: A Eletroquímica é muito utilizada no seu dia a dia, por exemplo, nas pilhas, baterias, e no recobrimento de joias com ouro. O entendimento da proposta pode ser algo significativo para a compreensão de como ocorre cada processo. Você acha o seu entendimento complexo? Por quê?

| Respostas | Percentuais (%) | Depoimentos |
|---|---|---|
| **Sim** | 17 | *Sim, porque é algo complicado, de difícil compreensão, cheio de "vírgulas", tanto que acabo confundindo o que sei sobre Eletroquímica...* (Natasha). |
| **Não** | 72 | *Não. Tivemos matérias como corrosão, físico-química e química analítica que nos introduziram a Eletroquímica...* (Joets). |
| **Mais ou menos** | 11 | *Mais ou menos oxidação e redução é confuso...* (Lilo). |

os eletrodos de Zn e Cu funcionam como uma típica ponte salina de KCl, equilibrando as cargas iônicas. Por outro lado, Hannah erra o conceito, porque o eletrólito não transmite os elétrons aos eletrodos. Outros 27,8% da turma tiveram respostas similares. Percebe-se, ainda, que os demais (22,2%) tangenciam o conceito, pois acertam que a batata funciona como eletrólito, porém, concordam com o conceito daqueles alunos que se distanciam na resposta. Esta deficiência também foi percebida por Caramel e Pacca (2011).

Quadro 2: De que forma a batata contribui na célula Eletroquímica?

| Respostas | Percentuais (%) | Depoimentos |
|---|---|---|
| **Incorpora** | 50 | *Entendi que ela está funcionando como a solução que fornece os íons* (Dani). *A batata funciona como ponte salina* (Lilo). |
| **Tangencia** | 22 | *Como eletrólito, perdendo e doando elétrons ao cobre e ao zinco* (Joets). |
| **Distancia** | 28 | *Ela vai permitir a transmissão dos elétrons entre os eletrodos* (Hannah). |

Analisando o Quadro 3, relativo ao item "b", percebe-se que o depoimento de Neto incorpora o conceito correto e que 83% dos alunos têm conceito similar: que os metais atuam como eletrodos e o cobre na pilha de batata tem maior facilidade para receber elétrons, sendo assim o polo positivo (cátodo). Por outro lado, Lilo tangencia o conceito, ele acertou o metal, mas errou quanto a ser ânodo. Outros 11% da turma tiveram respostas análogas. Em torno de 6% dos alunos da turma se distanciaram quanto ao conceito correto e erraram ao tentar entender como o metal se comporta no funcionamento de uma pilha, segundo o depoimento de Gogman. Este resultado não é uma tendência nos conteúdos de Eletroquímica, segundo Ogude e Bradley (1996).

Quadro 3: Em qual metal ocorre na superfície a reação de redução? Esta reação se comporta como cátodo ou ânodo?

| Respostas | Percentuais (%) | Depoimentos |
|---|---|---|
| **Incorpora** | 83 | *Cobre, funciona como cátodo* (Neto). |
| **Tangencia** | 11 | *Cobre, funciona como ânodo* (Lilo). |
| **Distancia** | 6 | *O ouro se comporta como ânodo* (Gogman). |

Como podemos destacar no Quadro 4, relativo à questão letra "c", cerca de 83% dos estudantes obtiveram sucesso na resposta. Porém, existe um percentual que se distancia, correspondente a 6%, e outros que tangenciam com 11%. Pode-se perceber com o depoimento de Ribeiro que o metal a oxidar é o zinco, comportando-se como ânodo. Este resultado não é uma tendência nos conteúdos de Eletroquímica segundo Sanjuan *et al.* (2009).

Quadro 4: Qual metal tende à oxidação? Ele se comporta como cátodo ou ânodo?

| Respostas | Percentuais (%) | Depoimentos |
|---|---|---|
| **Incorpora** | 83 | *Zinco, ânodo* (Ribeiro). |
| **Tangencia** | 11 | *Zinco, cátodo* (Lilo). |
| **Distancia** | 6 | *Cobre, ele se comporta como cátodo* (Gogman). |

No depoimento de Lilo, ele acerta o tipo de metal, mas erra ao interpretar que o metal é o ânodo da pilha, o que tem maior tendência a doar elétrons. No depoimento de Gogman, ele se distancia da resposta correta.

No Quadro 5 encontra-se o resultado da questão 2, letra "d". Observa-se neste quadro que 72% das respostas incorporam e 28% se distanciam o conceito. Diante dessas porcentagens, conclui-se que a maioria dos alunos consegue perceber o sentido de migração dos elétrons, quando eles migram do polo negativo (ânodo) para o positivo (cátodo), como observamos no depoimento de Panda.

Quadro 5: Os elétrons migram do cobre para o zinco? Justifique sua resposta

| Respostas | Percentuais (%) | Depoimentos |
|---|---|---|
| **Incorpora** | 72 | *Não, do zinco para o cobre, pois o cobre reduz e o zinco oxida* (Panda). |
| **Distancia** | 28 | *Sim, pois o cobre tende a ter maior potencial para doar elétrons* (Jessy). |

Nota-se que a maioria dos alunos tem entendimento dos fenômenos de oxidação e redução para, então, compreender o sentido de migração dos elétrons. Processos estes que ocorrem simultaneamente, chamados de oxirredução. Por outro lado, uma boa parte da turma (28%) demonstrou dificuldade para identificar o cátodo e o ânodo na célula eletroquímica, como descrito no depoimento equivocado de Jessy.

No Quadro 6 encontra-se o resultado da questão 2, letra "e", na qual se quis saber dos alunos porque são ligados os eletrodos em mais de dois pares de meia batata. Diante dos percentuais podemos perceber que a turma ficou dividida quanto à resposta. Cerca de 30% dos alunos acertaram a resposta, afirmando que, quanto mais batatas forem usadas intercaladamente, maior será a corrente elétrica produzida, como afirmado nos depoimentos.

Quadro 6: Por que são ligados os eletrodos em mais de dois pares de meia batata?

| Respostas | Percentuais (%) | Depoimentos |
|---|---|---|
| **Incorpora** | 33 | *Para aumentar a voltagem da pilha* (Ana). |
| **Tangencia** | 39 | *Para aumentar a durabilidade da pilha* (Beraca). |
| **Distancia** | 28 | *Deve ser o tamanho ideal para equilibrar* (Jessy). |



Os resultados do questionário investigativo mostraram que os estudantes, em sua maioria, conseguem identificar o ânodo e o cátodo. Estes resultados confirmam, em parte, a solução da questão investigativa. Por outro lado, poucos entendem o funcionamento de uma bateria de batata e a migração de elétrons. Desta forma, torna-se relevante a realização de uma abordagem experimental em baterias de pilhas de batata e limão (Silva *et al.*, 2014). Para tal, os estudantes foram divididos em grupos e utilizaram materiais de baixo custo como pregos zincados, batata, limão, fios de cobre, moedas de cinco centavos de liga de cobre, garras, LED de 1,5 V, entre outros.

O mecanismo de geração de eletricidade na pilha de batata (Zn/Cu) é semelhante ao da pilha de limão, sendo o polo negativo, o eletrodo de zinco, onde ocorre a sua oxidação conforme a semi-reação 1 e o polo positivo, o eletrodo de cobre, onde em sua superfície ocorre a semi-reação 2. Golberg *et al.* (2010) descrevem a reação que ocorre no prego zincado como a oxidação do zinco, conforme equação 1:

$$Zn_{(s)} \rightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^- \quad E^0 = +0{,}76\ V \quad \text{(polo negativo)} \quad (1)$$

Segundo Ting e Attaway (1971), a acidez do limão é devida à ionização do ácido cítrico em meio aquoso, dos três hidrogênios de cada grupo carboxílico (–COOH) presentes na substância. Por outro lado, na batata o ácido ascórbico (vitamina C) está presente entre 10 a 30 mg para 100 g do tubérculo, segundo Quadros *et al.* (2009). Os íons $H^+_{(aq)}$ na pilha, oriundos da dissociação de cada um destes ácidos orgânicos fracos, sofrerá redução na superfície da moeda de cobre, com geração de gás hidrogênio, conforme Figura 1.

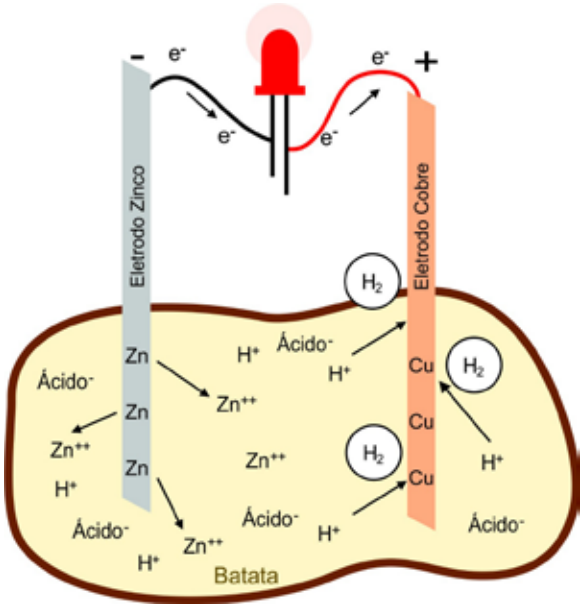



Figura 1: Esquema da pilha de batata de Zn/Cu.
Fonte: Sciencebuddies.org

A reação 2 será tanto mais intensa quanto menor for o valor do pH do meio por uma maior dissociação, através da seguinte reação, conforme descrito em Golberg *et al.* (2010):

$$2H^+_{(aq)} + 2e^- \rightarrow H_{2(g)} \quad E^0 = 0\ V \quad \text{(polo positivo)} \quad (2)$$

A força eletromotriz desta pilha é a diferença entre os valores das tensões de redução das semi-reações de eletrodos do catodo e do ânodo, conforme descrito em Golberg *et al.* (2010). A reação global será

$$Zn_{(s)} + 2H^+_{(aq)} \rightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + H_{2(g)} \quad E^0 = 0{,}76\ V \quad (3)$$

A fem da pilha investigada dependeu do formato da célula eletroquímica. No primeiro formato, os eletrodos estavam mais próximos e foram colocados em meia batata e apresentaram diferença de potencial em torno de 0,88 V. No segundo formato, os eletrodos estavam mais distantes, foram colocados em uma batata inteira e apresentaram diferença de potencial em torno de 0,65 V. Porém, Silva *et al.* (2014) encontraram valores de 0,94 ± 0,01 V para uma pilha de batata inteira. A existência de resistência interna entre os eletrodos limita a corrente elétrica causando a queda de potencial conforme a lei de Ohm. Além disso, a limpeza da superfície dos eletrodos e reações paralelas influenciam na quantidade de sítios eletroativos e, portanto, no potencial e na eficiência da pilha.

A concentração dos íons $H^+_{(aq)}$ nos limões e nas batatas não corresponde à concentração de 1 M. Desta forma, estão fora das condições padrão (25 °C, 1 atm e 1 M). Porém, servem para mostrar que a reação acontece espontaneamente,

porque o valor de $E^0$ da reação global é positivo. Infelizmente, o balanço de cargas oferecido pela ponte salina, eletroneutralidade, tende a ter um período de tempo para uso. Quando a eletroneutralidade é perdida, ocorre a tendência na superfície do cobre de excesso de elétrons e, na superfície do zinco, de excesso de íons $Zn^{2+}$. Assim, a pilha para de funcionar. Nestas condições, não acenderá sequer um único diodo de 1,5 V.

Se associarmos 3 pilhas em série será fornecido ao diodo um potencial que o acenderá. A associação em série, por outro lado, pode ser construída de forma que o polo positivo de uma se ligue ao polo negativo da outra e os polos da extremidade estejam livres para se conectarem ao circuito em associação em série, conforme Figura 2, descrito em Bocchi *et al.* (2000). Assim, quando se associam pilhas podemos prolongar o tempo de utilização.

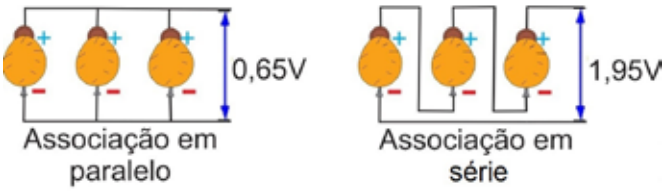



Figura 2: Bateria de batata com pilhas em série e em paralelo.

Portanto, a abordagem pode ser cogitada em sala de aula com a análise de um circuito em associações de pilhas de batatas em série em comparação ao circuito em associações de pilhas de batata dispostas paralelamente. Estas associações formam o que denominamos de baterias. Elas possuem características distintas. Na associação em série temos uma ligação entre as baterias que gera uma soma de potenciais, e na associação em paralelo as pilhas conectadas produzem potencial constante. Nesta última, duas pilhas são conectadas de forma que o polo positivo de uma se ligue ao polo positivo da outra, e o mesmo acontece com os polos negativos.

Foi escolhido, no processo formativo, uma das produções textuais (Figura 3) porque o aluno percebeu o cerne da proposta pedagógica.

No último parágrafo da produção textual o aluno diz que a bateria de batata pode ser uma fonte econômica e sustentável de energia. Golberg *et al.* (2010) desenvolveram uma fonte de energia de baterias de batata de Zn/Cu para melhorar a qualidade de vida de pessoas sem rede elétrica. Eles descobriram que se romperem as membranas que existem em volta dos tecidos presentes na batata a capacidade de ela produzir eletricidade aumenta dez vezes. Esse resultado é conseguido simplesmente cozinhando as batatas. Os autores argumentam que pode ser uma solução imediata, ambientalmente amigável e barata para muitas das baixas necessidades de energia em áreas do mundo que não têm acesso à eletricidade e infraestrutura. Desta forma, há uma possibilidade de experimentação sustentável e investigativa nas aulas de Eletroquímica com aspectos sociais, econômicos, ambientais e políticos.

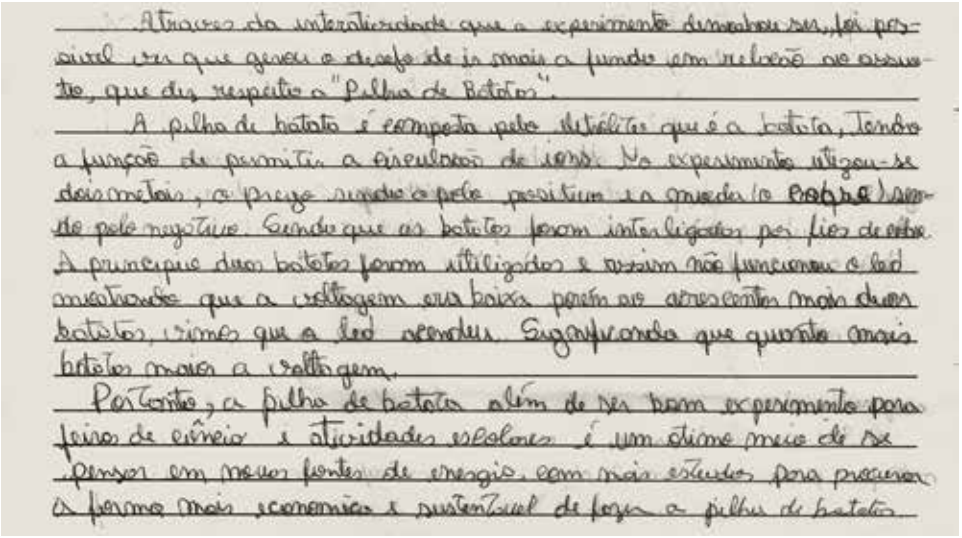
As categorizações e as subcategorias da ATD estão apresentadas no Quadro 7.

A ATD indicou 3 categorizações convergentes de visão de ciência, a saber, conceitos em Eletroquímica, princípios de metodologia ativa e experimentação investigativa. Estas categorias são interdependentes. Nota-se na primeira categoria várias subcategorias, todas elas estão apontando conhecimentos básicos de Eletroquímica. A segunda categoria, princípios de metodologia ativa, evidencia como subcategorias a investigação e o trabalho colaborativo, vitais para uma aprendizagem diferenciada no aluno. Por fim, na última categoria, experimentação investigativa, os alunos exploram o processo de aprendizagem por interação, destacando-o como algo inovador.

A aprendizagem do aluno nesta investigação, portanto, acontece de forma ativa descrita em Berbel (2011), colaborativa, descrita em Torres e Irala (2014), e interativa, descrita em Mello e Teixeira (2012), segundo exposto na Figura 4.

O aluno torna-se o sujeito ativo no processo de aprendizagem pelo desenvolvimento/aprimoramento de sua autonomia, segundo Berbel (2011). Sendo um ser social, ele também tem a oportunidade de aprender pela discussão




Através da interatividade que o experimento demonstrou ser, foi possível ver que gerou o desafio de ir mais a fundo em relação ao assunto, que diz respeito a "Pilha de Batatas".

A pilha de batata é composta pelo eletrólito que é a batata, tendo a função de permitir a circulação de íons. No experimento utilizou-se dois metais, o prego sendo o polo positivo e a moeda o polo negativo. Sendo que as batatas foram interligadas por fios de cobre. A princípio duas batatas foram utilizadas e assim não funcionou o led mostrando que a voltagem era baixa, porém ao acrescentar mais duas batatas, vimos que o led acendeu. Evidenciando que quanto mais batatas maior a voltagem.

Portanto, a pilha de batata além de ser bom experimento para feiras de ciência e atividades escolares é um ótimo meio de se pensar em novas fontes de energia, com mais estudos para procurar a forma mais econômica e sustentável de fazer a pilha de batata.

Figura 3: Produção textual desenvolvida por um dos alunos.

Quadro 7: Categorização das produções textuais

| Categoria | Subcategoria | Exemplos de unidade |
|---|---|---|
| **Conceitos em Eletroquímica** | Pilha | "...o fluxo de elétrons gera energia..."<br>"...transforma energia química em energia elétrica..." |
| | Cátodo | "...cobre age como agente oxidante..."<br>"...o cobre seria o cátodo..." |
| | Ânodo | "...o zinco é o polo negativo..."<br>"...zinco age como agente redutor..."<br>"...o clipe sofre oxidação..." |
| | Migração de elétrons | "...elétrons migram do anodo para o cátodo..."<br>"...elétrons saem do polo negativo para o positivo..." |
| | Eletrólito | "...a batata é o meio líquido condutor..."<br>"...solução eletrolítica..." |
| | Pilhas ligadas em série | "...usar 3 pilhas de batata para aumentar a voltagem..."<br>"...a voltagem obtida foi de 1,90 v..." |
| **Princípios de Metodologia Ativa** | Investigação | "...descobrimos as propriedades que antes apenas víamos na teoria, como por exemplo, a diferença de potencial (ddp) de um polo para outro..." |
| | Trabalho colaborativo | "...esta atividade fez que os alunos aprendessem a trabalhar em grupo..." |
| **Experimentação Investigativa** | Interatividade | "Através da interatividade que o experimento demonstrou ser, foi possível ver que gerou o desejo de ir mais a fundo em relação ao assunto..."<br>"...existem formas inovadoras para o aprendizado, podendo assim auxiliar para aqueles que possuem maiores dificuldades" |



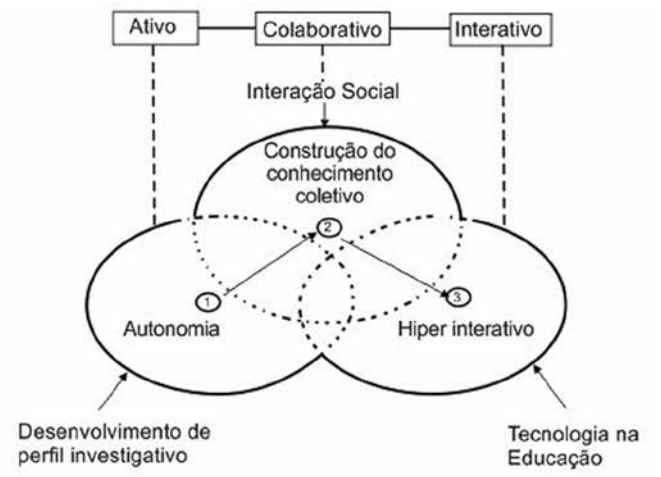



Figura 4: Inter-relação entre as características ativa, colaborativa e interativa na aprendizagem. Fonte: imagem adaptada de Van Krevelen (1990).

em grupo os aspectos colaborativos de uma aprendizagem. No que diz respeito à interatividade, a aprendizagem se estabelece com pessoas e não precisa de tecnologia para acontecer. Porém, não podemos negar que as tecnologias de rede fazem parte do cotidiano das pessoas. A Internet é um espaço que virtualiza o encontro com o "outro" social, o que antes só era possível presencialmente, de acordo com Mello e Teixeira (2012).

As inter-relações entre estas características também devem ser consideradas. Elas promovem um processo sinérgico de aprendizagem por unir o melhor entre um estudo apenas individual, apenas colaborativo e, por fim, somente interativo. Destacam-se, neste artigo, quatro possibilidades de o ser humano transformar informação em conhecimento, a partir de inter-relações dos tipos: 1) interativo-ativo; 2) ativo-colaborativo; 3) colaborativo-interativo; e, finalmente, 4) ativo-colaborativo-interativo.

Na primeira inter-relação, interativo-ativo, o aluno aprende a ter autonomia na atividade investigativa, utilizando os meios possíveis para aprendizagem, como por exemplo, as mídias e livro didático digital. Estas ferramentas podem facilitar o processo de construção do conhecimento porque o aluno desenvolve um perfil investigativo, aprende a estudar sozinho e ele começa a demonstrar o senso crítico para tornar-se hiper-interativo. Para tal, o professor deve estabelecer normas claras desta hiper-interatividade dentro de um padrão de normalidade que cause estruturação e não a desorganização do ambiente de aprendizagem e no próprio aluno.

O segundo deles é a inter-relação que forma no educando um perfil ativo-colaborativo. O aluno estuda o conteúdo, tanto individual quanto coletivamente. É da particularidade intrínseca de um estudante a natureza ativa no processo de construção de seu aprendizado e, como ser social, desenvolve o processo educativo por meio das interações interpessoais, o que está muito ligado às ideias de Vygotsky acerca do homem como ser essencialmente social. O trabalho colaborativo permite a troca de conhecimento entre os alunos nos grupos, desenvolvendo assim pela vivência coletiva, sua identidade.

O terceiro e não menos importante é a interação colaborativa e interativa. De acordo com Mello e Teixeira (2012), o encontro virtual pode propiciar uma aprendizagem colaborativa pela possibilidade de ampliar o tempo de troca de informações, experiências e discussões, haja vista que possa acontecer a qualquer hora e lugar. Não só entre os componentes do grupo, como também entre outras pessoas interessadas que estejam em qualquer lugar do planeta, sem que haja qualquer tipo de diferenciação por raça, gênero ou classe sociocultural.

Por fim, a quarta característica surge na inter-relação entre os perfis de aluno ativo-colaborativo-interativo. Ela resulta no desenvolvimento de hiper-interatividade, ou seja, não se limita somente a uma interação. Em todos estes momentos o professor media o conhecimento, mostrando também as regras e os caminhos para a aprendizagem nos alunos, motivando a amizade nos grupos e entre os grupos, e não a competição. Estas características são essenciais à formação de um cidadão crítico, frente a questões relacionadas ao tema, capaz de tomar decisões e mudar conceitos e comportamentos. Segundo Silva (2000), a sala de aula tradicionalista pode se transformar em comunicacionalista, no que se refere ao novo modelo de interação educacional.

Segundo Azevedo (2006), uma atividade de investigação, para que assim possa ser considerada, deve levar o aluno a refletir, discutir, explicar, relatar e não apenas se limitar a favorecer a manipulação de objetos e a observação dos fenômenos. A experimentação investigativa, portanto, associada ao uso das tecnologias, configura-se como um método útil para que os alunos consolidem conceitos e reflitam sobre suas concepções numa característica ativa, colaborativa e interativa. Nesta perspectiva, a Educação precisa ampliar a sua competência no processo de aprendizagem na era digital, ensinando aos alunos como transformar informação em conhecimento num processo pedagógico hibrido, pois os mesmos não diferenciam sites confiáveis de outros com informações dúbias. Quando se fala no termo Educação retrata-se a todas as áreas do conhecimento. Caso contrário, os alunos reproduzirão conceitos errados e o pior, não refletirão sobre a verdade nas mídias.

## Considerações Finais

Os resultados desta pesquisa comprovaram que os educandos, sendo desafiados, motivam-se a buscar respostas nas mídias. Por outro lado, é o comprometimento do professor em ser um mediador na aprendizagem que mostrará os caminhos em transformar informação em conhecimento, na cultura digital. Pode-se afirmar que os estudantes, ao realizarem a experimentação investigativa de baterias biodegradáveis de Zn/Cu, com aspectos colaborativos e de hiper-interatividade, desenvolveram habilidades e competências para a compreensão de conceitos envolvidos na Eletroquímica. Os alunos desenvolveram, ainda, características de estudantes ativos, colaborativos e interativos, com uma visão ampla do todo através de conceitos mediados e consolidados num ambiente hibrido. As inter-relações entre estas características formam um efeito sinergético que potencializa a aprendizagem do alunado. Isto ficou evidenciado nas categorizações descritas na ATD.

**Tâmara Natasha Prudente Santos** (tamaraa.natashaa.tn@gmail.com) é licenciada em Química pela Faculdade Pio Décimo. Aracaju, SE – BR. **Carlos Henrique Batista** (chenriqueb@ig.com.br), licenciado em Química pela Universidade Federal de Sergipe (2001), possui especialização em Química pela Universidade Federal de Lavras (2003) e mestrado em Engenharia de Processos pela Universidade Tiradentes (2008). Atualmente é professor do Governo do Estado de Sergipe em Nossa Senhora da Glória. Aracaju, SE – BR. **Ana Paula Cavalcante de Oliveira** (ap72cavalcante@yahoo.com.br) possui graduação em Química Industrial (1995), licenciatura em Química (2000) e mestrado em Química (2007) pela Universidade Federal de Sergipe. Atualmente é professora de Química do Instituto Federal de Sergipe – Campus Nossa Senhora da Glória. Nossa Senhora da Glória, SE – BR. **Maria Clara Pinto Cruz** (clara_aju@yahoo.com.br) é graduada em Química Industrial pela Universidade Federal de Sergipe (1995), licenciada em Química pela Faculdade Pio Décimo (2010), mestra em Química (1999) e doutora em Engenharia Química, ambos pela Unicamp (2004). Atualmente é professora no curso de Licenciatura em Química da Faculdade Pio Décimo e pesquisadora no Instituto de Pesquisa Interinstitucional de Sergipe (IPISE). Aracaju, SE – BR.



## Referências

AZEVEDO, M. C. P. S. Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.). *Ensino de ciências:* unindo a pesquisa e a prática. São Paulo: Pioneira, 2006.

BERBEL, N. A. N. As metodologias ativas e a promoção da autonomia de estudantes. *Semina: Ciências Sociais e Humanas*, v. 32, p. 25-40, 2011.

BOCCHI, N.; FERRACIN, L. C. e BIAGGIO, S. R. Pilhas e baterias: funcionamento e impacto ambiental. *Química Nova na Escola*, n. 11, p. 3-9, 2000.

BROWN, T.; LEMAY, H. E. e BURSTEN, B. E. *Química:* a ciência central. 9ª ed. São Paulo: Prentice-Hall, 2005.

CARAMEL, N. J. C. e PACCA, J. L. A. Concepções alternativas em eletroquímica e circulação da corrente elétrica. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, n. 28, p. 7-26, 2011.

FERREIRA, L. H.; HARTWIG, D. R. e OLIVEIRA, R. C. Ensino experimental de química: uma abordagem investigativa contextualizada. *Química Nova na Escola*, v. 32, p. 101-106, 2010.

GOLBERG, A.; RABINOWITCH, H. D. e RUBINSKY, B. Zn/Cu-vegetative batteries, bioelectrical characterizations, and primary cost analyses. *Journal of Renewable and Sustainable Energy 2*, v. 2, 033103, 2010.

HIOKA, N.; SANTIN FILHO, O.; MENEZES, A. J.; YONEHARA, F. S.; BERGAMASKI, K. e PEREIRA, R. V. Pilhas de Cu/Mg construídas com materiais de fácil obtenção. *Química Nova na Escola*, n. 11, p. 40-44, 2000.

MELLO, E. F. F. e TEIXEIRA, A. C. A interação social descrita por Vygotsky e a sua possível ligação com a aprendizagem colaborativa através das tecnologias de rede. In: Anais da IX ANPED SUL. Caxias do Sul, RS, p.1362-1365, 2012.

MORAES, R. e GALIAZZI, M. C. *Análise textual discursiva*. 2ª ed. Ijuí: Unijuí, 2011.

OGUDE, N. A. e BRADLEY J. D. Electrode processes and aspects relating to cell EMF, current, and cell components in operating electrochemical cells. *Journal of Chemical Education*, v. 73, p. 1145-1149, 1996.

PERRENOUD, P. *Avaliação: da excelência à regulação das aprendizagens:* entre duas lógicas. Porto Alegre: Artmed, 1999.

POZO, J. I. (Org.). *A solução de problemas*. Porto Alegre: Artmed, 1998.

QUADROS, D. A.; JUNG, M. C.; FERREIRA, S. M. R. e FREITAS, R. J. S. Composição química de tubérculos de batata para processamento, cultivados sob diferentes doses e fontes de potássio. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 29, p. 316-323, 2009.

SANJUAN, M. E. C.; SANTOS, C. V.; MAIA, J. O.; SILVA, A. F. A. e WARTHA, E. J. Maresia: uma proposta para o ensino de eletroquímica. *Química Nova na Escola*, n. 31, p. 190-197, 2009.

SANTANA, E. e SILVA, E. (Orgs.). *Tópicos em ensino de química*. São Carlos: Pedro & João Editores, 2014.

SILVA, M. *Sala de aula interativa*. Rio de Janeiro: Quartet, 2000.

SILVA, R. M.; SILVA, R. C.; ALMEIDA, M. G. O. e AQUINO, K. A. S. Conexões entre cinética e eletroquímica: a experimentação na perspectiva de uma aprendizagem significativa. *Química Nova na Escola*, n. 36, p. 237-243, 2016.

_____; _____; _____ e _____. Estudo da eletroquímica a partir de pilhas naturais: uma análise de mapas conceituais. *Aprendizagem Significativa em Revista/Meaningful Learning Review*, v. 4, n. 2, p. 45-56, 2014.

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

TAHA, M. S., LOPES, C. S. C.; SOARES, E. L. e FOLMER, V. Experimentação como ferramenta pedagógica para o ensino de ciências. *Experiências em Ensino de Ciências*, v. 11, p. 138-154, 2016.

TING, S. V. e ATTAWAY, J. A. Citrus fruits. In: HULME, A. C. (Ed.). *The biochemistry of fruit and their products*. London: Academic Press, v. 2, cap. 3, p. 107-169, 1971.

TORRES, P. L. e IRALA, E. A. F. Aprendizagem colaborativa: teoria e prática. In: TORRES, P. L. (Org.). *Complexidade*: redes e conexões na produção do conhecimento. Curitiba: Senar, p.61-93, 2014.

VAN KREVELEN, D. W. *Properties of polymers:* their correlation with chemical structure; their numeral estimation and prediction from additive group contributions. Amsterdam: Elsevier Science Publishers, 1990.



**Abstract:** *Active-Collaborative-Interactive Learning: Interrelations and Investigative Experimentation in Teaching Electrochemistry*. Electrochemistry is a challenging content for teaching chemistry. In the context of a world in which Information and Communication Technology predominates, students should and can actively develop skills and competences to face this challenge. The present research aims at exposing an investigative experimental methodology, using low cost materials and non-toxic materials, such as lemons and potatoes, in such a way that students experiment with the construction of biochemical cells. The experimentation addressed is well grounded in the literature; the differential is that the methodology proposed involves a challenging didactic approach for native digital students. The students of the Technical Course in Chemistry of the Federal Institute of Sergipe could understand why a set of cells lights a 1.5 V diode, under the supervision of the teacher. The discourses written by the students were analyzed using the Discursive Textual Analysis (DTA). The interrelationships between active, collaborative and interactive student characteristics potentialize student learning by developing a synergistic effect on knowledge construction.
**Keywords:** electrochemistry, experimentation, homemade cells

http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160119

# O Uso de Mapas Conceituais no Ensino da Tabela Periódica: Um Relato de Experiência Vivenciado no PIBID

**Neusa N. Fialho, Ricardo P. Vianna Filho e Magda R. Schmitt**

Os mapas conceituais podem auxiliar o ensino de Química de maneira significativa, estimulando os estudantes a lidar com as informações para transformá-las em conhecimento. O presente trabalho apresenta um relato de experiência sobre o uso de mapas conceituais no estudo da tabela periódica dos elementos. Trazemos também uma atividade alternativa a esta estratégia de ensino, mais especificamente um quebra-cabeça de mapas conceituais, o qual denominamos *Jigsaw Puzzle Concept Map* – JPCM. As atividades realizadas neste relato fizeram parte de um projeto do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência – PIBID, envolveram uma turma do primeiro ano do Ensino Médio e tiveram a duração de um bimestre. Ao final das atividades foi aplicado um questionário, para avaliar a aprendizagem dos estudantes. Os resultados revelaram a relevância de utilizarmos os mapas conceituais em práticas docentes, com indicativos de avançarmos com essa estratégia de ensino, devido ao interesse dos estudantes na realização das atividades e, principalmente, as trocas de ideias entre eles sobre o tema abordado.

▶ tabela periódica, mapas conceituais, JPCM ◀

Recebido em 17/10/2017, aceito em 17/03/2018



A química está presente na vida das pessoas, porém poucos entendem sua participação na sociedade e no cotidiano. Nosso próprio corpo passa por inúmeras reações químicas, umas dependendo da liberação e outras da absorção de energia. Essas reações são responsáveis pelos nossos sentidos e sentimentos, reconstrução celular, digestão dos alimentos, cicatrização de lesões, realização da respiração, entre outros processos vitais do corpo humano. A química está, então, relacionada a tudo que acontece com o ser humano, seja na sua vida pessoal ou em sociedade. Ademais, essa ciência encontra-se associada ao desenvolvimento tecnológico e sociocultural, especialmente no mundo contemporâneo.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio, no que se refere às competências e habilidades a serem desenvolvidas em Química, deixam claro que o estudante deve "reconhecer aspectos químicos relevantes na interação individual e coletiva do ser humano com o ambiente" (Brasil, 2000, p. 39). Além disso, "é preciso objetivar um ensino de Química que possa contribuir para uma visão mais ampla do conhecimento, que possibilite melhor compreensão do mundo físico e para a construção da cidadania" (Brasil, 2000, p. 32).

Nesse contexto, o conhecimento dos princípios de organização e uso da Tabela Periódica dos Elementos – TPE faz parte dessa cultura científica e, portanto, o aprendizado sobre esse tema é essencial quando buscamos o letramento científico dos estudantes. Leach (2018) faz uma metáfora da ciência Química comparando-a com uma árvore, em que as raízes são as vertentes da ciência, muitas vezes física, sobre as quais a química é construída. A TPE forma a base do tronco da árvore da química, porque essa ciência que envolve o estudo da matéria e suas transformações, em um sentido muito real, amplia-se a partir da tabela periódica, na qual os elementos químicos são organizados como blocos de construção. Nessa analogia, o nosso planeta e toda sua biologia associada são produzidos por meio de materiais provenientes da tabela periódica (Leach, 2018).

Para completar essa árvore temos a química inorgânica e orgânica, que se desenvolvem a partir do tronco superior da árvore química (a copa da árvore), que representa a química analítica, a bioquímica, a química medicinal e industrial, a geoquímica, entre outros. Leach (2018) complementa com a físico-química, afirmando que esta fornece as ferramentas intelectuais para entender a estrutura e a ligação química, cinética, termodinâmica e espectroscopia.

Esses pressupostos esclarecem a importância e a relevância do ensino e aprendizagem da tabela periódica, porém o estudo desta temática precisa ser realizado de maneira dinâmica e interessante para que o estudante tenha interesse em aprender. Além disso, é fundamental que o professor busque novas estratégias de ensino e crie oportunidades para que o estudante construa seu próprio conhecimento sobre o assunto abordado.

Diferentes estudos como os de Romano *et al.* (2017), Godoi *et al.* (2010), Ferreira *et al.* (2016) e César *et al.* (2015) relatam diversas estratégias e materiais didáticos desenvolvidos para o ensino da TPE, que é um tema central do conhecimento químico.

Os dois primeiros trabalhos relatam a utilização de jogos pedagógicos como estratégias de ensino, sendo um deles o *Perfil Químico: Um Jogo para o Ensino da Tabela Periódica* e o outro *Tabela Periódica – Um Super Trunfo para Alunos do Ensino Fundamental e Médio*. De acordo com os autores, ambos os jogos foram de grande significado para os estudantes, pois trouxeram motivação e proporcionaram a interatividade entre os pares, facilitando a aprendizagem dos conteúdos envolvidos.

O texto de Ferreira *et al.* (2016), que tem como título *Análise das estratégias de ensino utilizadas para o ensino da Tabela Periódica*, aponta que os resultados obtidos deixaram evidentes três estratégias de ensino mais utilizadas: atividades lúdicas, utilização de computador e da História da Química. Esses autores analisaram 43 trabalhos, dos quais 29 apresentavam estratégias para o ensino da TPE.

Esses pressupostos esclarecem a importância e a relevância do ensino e aprendizagem da tabela periódica, porém o estudo desta temática precisa ser realizado de maneira dinâmica e interessante para que o estudante tenha interesse em aprender. Além disso, é fundamental que o professor busque novas estratégias de ensino e crie oportunidades para que o estudante construa seu próprio conhecimento sobre o assunto abordado.

O último trabalho que trouxemos como referência de estratégias de ensino diferenciadas, de tema *Tabela Periódica Interativa*, discorre sobre a exposição de uma tabela interativa, com mais de 3 metros de comprimento e dois metros de altura, que foi desenvolvida no Centro de Ciências da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), utilizada para estreitar as relações entre escola e o espaço não formal de ensino. Com esse trabalho, os autores puderam perceber que uma abordagem interativa da tabela periódica pode permitir que os elementos químicos deixem de ser apenas símbolos expostos em um quadro de informações químicas para serem os elementos presentes em nossa vida. Estes são mais do que uma representação simbólica, pois possuem propriedades que foram, são e serão estudadas através dos tempos como forma de compreensão do mundo que nos cerca (César *et al.*, 2015).

O ensino da TPE pode ser abordado em uma perspectiva de inclusão. Fantin *et al.* (2016) avaliaram diferentes recursos disponíveis, gratuitamente, para estudantes cegos. Nesse estudo apresentaram, entre outros, duas novas TPE digitais desenvolvidas na *California Polytechnic State University*. O primeiro aplicativo, denominado "Cal Poly DAISY", foi feito no formato *Digital Accessible Information SYstem* (DAISY), o qual é projetado para ser usado em dispositivos de áudio digital e tomadores de notas braile. O segundo foi o aplicativo "Cal Poly Excel", que compreende uma pasta de trabalho do Excel e que pode ser acessada por meio de um computador pessoal equipado com um leitor de tela.

Nessa mesma direção, Bonifácio (2012), utilizando recursos livres da internet (*podcasts*), desenvolveu uma TPE com áudios em *QR code*. Esse recurso didático, quando testado em um *smartphone*, revelou alto potencial para se tornar uma ferramenta verdadeiramente poderosa para ensinar química a cegos e pessoas com deficiência visual.

No que se refere ao ensino baseado na perspectiva de ciência, tecnologia, sociedade e ambiente (CTSA), Wallington *et al.* (2013) propôs uma abordagem na qual o aprendizado ocorre por intermédio da sobreposição das tendências químicas evidentes na tabela periódica e dos principais requisitos para combustíveis. Essa proposta de intervenção didática demonstra, de forma sistemática, que os futuros combustíveis químicos serão baseados em três elementos: carbono, hidrogênio e oxigênio. Com esses exemplos, podemos perceber que a temática da TPE pode ser integrada em sala de aula com diferentes objetivos, porém sempre com foco na formação de um cidadão capaz de compreender a inter-relação entre a sociedade e a matéria que constrói o mundo em que vivemos.

Contudo, as possibilidades de ensino do tema TPE não se esgotam. Ainda existem muitos desafios para um ensino efetivo desse tema em todas as suas dimensões. Um dos aspectos que ainda pode ser melhorado refere-se à construção dos modelos mentais que criamos como estratégias para a resolução de problemas relacionados às tendências periódicas, a partir da análise de dados elementares, como, por exemplo, a posição do elemento nas famílias, nos blocos e nos períodos. São os modelos mentais que "determinam o que vemos, influenciam na forma que agimos e são responsáveis pela realidade física que criamos" (Amaral, 2012, p. 41).

Nós formamos um modelo mental das informações que recebemos. Os modelos mentais que os estudantes fazem, por exemplo, da TPE são distintos conforme as explicações do professor, por isso as informações precisam ser precisas, sem ambiguidades e, mesmo assim, o estudante ainda pode ficar com dúvidas. Além disso, muitos dos obstáculos encontrados pelos estudantes estão relacionados ao modelo heurístico de tomadas de decisão (Larson *et al.*, 2012). No modelo heurístico o estudante toma decisões baseadas em incertezas como: a utilidade precisa de cada elemento químico; a posição exata de um elétron na eletrosfera de um átomo, entre outras.

Para que a tomada de decisão mude para uma perspectiva que opere com maior certeza, o estudante deverá desenvolver habilidades de classificação, organização de dados, formulação de modelos, linguagem, identificação de relações causais, identificação e caracterização de variáveis (Larson *et al.*, 2012). Por isso, a necessidade de utilizarmos estratégias de ensino mais consistentes, interessantes e significativas. Consequentemente, o mapa conceitual torna-se uma valiosa ferramenta para que o estudante possa organizar o conhecimento de forma sistêmica, de modo a modificar a maneira de tomada de decisões com base na incerteza, para uma forma mais exploratória, utilizando os conceitos prévios, tendo assim maior êxito na resolução de problemas propostos.

## O Uso de Mapas Conceituais no Ensino da Tabela Periódica

Conhecendo a relevância do conhecimento da TPE e algumas estratégias de ensino utilizadas para o ensino desse tema, apresentamos nesse item o uso dos mapas conceituais, como uma estratégia de ensino diferenciada que pode auxiliar no ensino de Química proporcionando uma aprendizagem significativa. Os mapas conceituais foram desenvolvidos em 1972 por Joseph D. Novak, com o objetivo de compreender a maneira como crianças entendiam a ciência, tendo como referencial a aprendizagem significativa de Ausubel (Novak, 2004).

Nesse contexto, buscamos explorar a aprendizagem significativa de Ausubel e os mapas conceituais de Novak como estratégia de ensino, para amplificar o modo de ensinar por meio do *Jigsaw Puzzle Concept Map* – JPCM.

Uma aprendizagem é significativa quando "ela tem o poder de gerar alterações na estrutura cognitiva daquele que aprende, mudando os conceitos preexistentes e formando novas ligações entre eles" (Souza e Boruchovitch, 2010, p. 196).

Os mapas conceituais estimulam os estudantes a lidar com as informações para transformá-las em conhecimento, além de lhes proporcionar uma maneira de organizar o conhecimento e sintetizar ideias. Segundo Novak e Cañas (2010, p. 10), os "mapas conceituais são ferramentas gráficas para a organização e representação do conhecimento". Essa estratégia de ensino pode ser utilizada pelo professor para observar o conhecimento prévio do estudante, para acompanhar a sua aprendizagem, como uma ferramenta avaliativa, entre outros (Correia *et al.*, 2010).

Os mapas conceituais possuem características que os diferem de redes semânticas, fluxogramas e esquemas, por exemplo. De acordo com os estudos de Novak e Cañas (2010), os mapas conceituais representam o conhecimento organizado que serve para responder questões focais. Nos mapas conceituais, os conceitos são conectados por palavras ou frases de ligação, as quais são usadas para formar proposições. Na visão dos mesmos autores, as proposições compreendem unidades de sentido, construídas em estruturas cognitivas, podendo ser cruzamentos que mostram inter-relações entre diferentes segmentos do mapa. Outra característica dos mapas conceituais são os exemplos específicos que ajudam a explicar e elucidar o sentido de um determinado conceito (Novak e Cañas, 2010).

Há duas características dos mapas conceituais que, para Novak e Cañas (2010), são consideradas importantes na facilitação do pensamento criativo: a estrutura hierárquica peculiar de um bom mapa conceitual, e a capacidade de caracterizar novas ligações cruzadas.

A utilização de mapas conceituais em práticas pedagógicas possibilita a organização das informações sobre determinado tema, realizando uma síntese do explorado e selecionando os conceitos mais importantes, relacionando-os (Ribeiro e Nuñez, 2004, p. 205), o que faz com que o estudante desenvolva uma capacidade argumentativa.

Essa estratégia de ensino e de aprendizagem, além de poder ser utilizada em qualquer área do conhecimento, "expressa-se por meio de um esquema visual, possibilitando representar as relações significativas que os (as) alunos (as) realizam entre os conceitos" (Ribeiro e Nuñez, 2004, p. 201). A utilização dos mapas conceituais permite que os estudantes percebam as conexões existentes em uma temática específica, o que facilita a organização do pensamento, vindo a formar uma rede de proposições com visualização hierárquica.

Os mapas conceituais possuem características que os diferem de redes semânticas, fluxogramas e esquemas, por exemplo. De acordo com os estudos de Novak e Cañas (2010), os mapas conceituais representam o conhecimento organizado que serve para responder questões focais. Nos mapas conceituais, os conceitos são conectados por palavras ou frases de ligação, as quais são usadas para formar proposições. Na visão dos mesmos autores, as proposições compreendem unidades de sentido, construídas em estruturas cognitivas, podendo ser cruzamentos que mostram inter-relações entre diferentes segmentos do mapa.

No ensino de Química, assim como no das demais ciências, os mapas conceituais podem ser utilizados em diversas situações, favorecendo uma aprendizagem mais significativa – como, por exemplo, para introduzir um assunto novo, considerando os conhecimentos prévios dos estudantes; reforçar um tema já estudado; sintetizar textos; organizar as ideias centrais de uma disciplina; comparar a evolução dos estudantes, nesse caso produzindo mapas antes e depois da atividade; e avaliar a aprendizagem dos estudantes.

Na condição de estratégia de ensino, os mapas conceituais apresentam características peculiares: i) promoção de condições e oportunidades para que os estudantes aprendam de maneira significativa; ii) possibilidade de romper com paradigmas conservadores, os quais são baseados apenas na reprodução do conhecimento, e viabilizar ao estudante momentos em que ele próprio construa seu conhecimento ao organizar e sintetizar ideias por meio de mapas conceituais;

iii) predisposição para o trabalho coletivo e colaborativo, no decorrer do qual é fundamental negociar compreensões e significados; iv) valorização dos conhecimentos prévios enquanto fundamentos para a apropriação e ampliação de conceitos (Souza e Boruchovitch, 2010, p. 205); v) percepção da evolução cognitiva e criativa do estudante; vi) ampliação gradativa e progressiva dos conceitos, das palavras de ligação e das ligações cruzadas, evidenciando a evolução e o aprimoramento das ideias sobre determinado assunto.

Na qualidade de instrumento avaliativo, o uso dos mapas conceituais representa uma importante ferramenta para o processo de aprendizagem, "pois o professor pode observar a perspectiva do estudante acerca da compreensão do assunto abordado, principalmente pela análise dos termos e das conexões propostos nos mapas" (Lima *et al.*, 2017, p. 37).

Em contrapartida, Freitas Filho *et al.* (2013, p. 92) afirmam que "o uso de mapas conceituais como instrumento de avaliação dos conhecimentos dos estudantes é uma estratégia pouco utilizada na educação". Ainda prevalecem as avaliações convencionais, como: trabalhos escritos, provas objetivas e subjetivas, e relatórios de aulas experimentais. Porém, a avaliação com mapas conceituais pode mostrar claramente ao professor as dificuldades encontradas pelos estudantes, o que favorece uma reflexão maior sobre sua prática pedagógica e, consequentemente, permite aprimorar suas maneiras de ensinar.

Na qualidade de instrumento avaliativo, o uso dos mapas conceituais representa uma importante ferramenta para o processo de aprendizagem, "pois o professor pode observar a perspectiva do estudante acerca da compreensão do assunto abordado, principalmente pela análise dos termos e das conexões propostos nos mapas" (Lima et al., 2017, p. 37).

Os mapas conceituais podem ser construídos manualmente ou por meio de *softwares*, como o *Cmap Tools*, por exemplo, que é o programa usado mais comumente para a produção dos mapas. O curioso e, ao mesmo tempo, interessante é que os mapas conceituais construídos manualmente ou com o uso de *softwares*, individualmente ou em grupos, sempre trarão como resultados mapas diferentes uns dos outros, pois cada qual tem sua maneira de organizar as ideias, hierarquizar e criar.

## Procedimentos Metodológicos

O relato que se apresenta se refere a parte de um projeto desenvolvido no PIBID, sobre o uso de mapas conceituais no ensino de Química, e teve como público-alvo uma turma do primeiro ano do Ensino Médio de um colégio da Rede Estadual de Ensino da cidade de Curitiba, PR. A duração do projeto envolvendo mapas conceituais e a atividade com o JPCM foi de um bimestre, cujo tema principal foi a tabela periódica. Ao final foi realizado um questionário para avaliar a utilização dos mapas conceituais e do JPCM no processo de aprendizagem dos estudantes.

Primeiramente, uma das autoras construiu um mapa conceitual no quadro de giz, com a intenção de apresentar o que é e como deve ser montado um mapa conceitual e, ao mesmo tempo, explorar os primeiros conhecimentos dos estudantes sobre a disciplina de Química. Essa construção aconteceu de modo colaborativo, com a participação da professora supervisora e, principalmente, dos estudantes, tendo "Química" como tema. Para isso, foi entregue um texto introdutório sobre química, com a finalidade de auxiliar os estudantes no desenvolvimento do mapa; juntamente com os conhecimentos prévios dos estudantes sobre o tema foi produzido, então, um primeiro mapa conceitual. Em outras palavras, realizamos um diálogo com os alunos sobre os pontos mais importantes do texto. À medida que eles iam fazendo suas colocações, a autora ia desenhando o mapa conceitual no quadro, conforme mostra a Figura 1.

Em seguida, dando continuidade ao projeto, os estudantes, de modo individual, construíram um mapa conceitual, em folhas de papel sulfite, sobre o tema "O Átomo". Na sequência, exploramos a história da tabela periódica e a sua organização em grupos e períodos. Com esse conteúdo

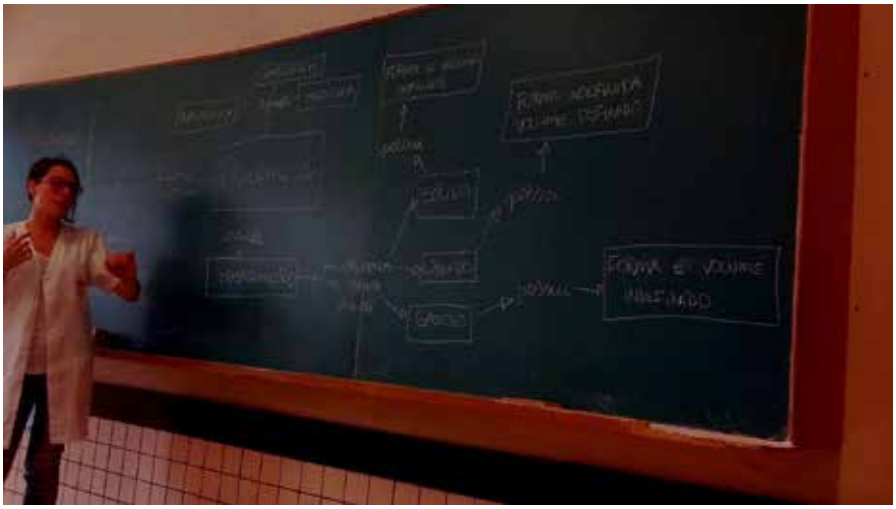


Figura 1: Mapa conceitual construído no quadro de giz pela bolsista PIBID. Fonte: Os autores, 2018.

também foi realizada uma dinâmica sobre a utilização dos elementos no cotidiano. Em seguida, mediante uma aula expositiva e dialogada exploramos a distribuição eletrônica e sua importância na química.

Após trabalhar a construção dos mapas conceituais e todos os assuntos que envolvem o estudo da tabela periódica, passamos para o uso dos mapas conceituais de maneira mais lúdica, utilizando um quebra-cabeça de mapas conceituais, o JPCM. Ressaltamos que, nas primeiras aulas, vários mapas conceituais foram construídos, para que os estudantes se familiarizassem com essa estratégia e construíssem mapas contendo informações pertinentes ao tema TPE. Com isso, os estudantes também foram se preparando para utilizar o JPCM, que foi utilizado, nesse processo, como recurso avaliativo.

Os estudantes receberam, então, o mapa conceitual, no nosso caso sobre a TPE, com algumas partes faltando e tiveram que reconstruí-lo, colando as partes que faltavam. Entretanto, para que o estudante consiga reconstruir o mapa é necessário que o professor fique atento a três momentos fundamentais dessa atividade. Esses momentos foram vivenciados e experienciados pelos autores e auxiliaram no desenvolvimento das atividades. São eles:

**i) 1º momento:** levar o estudante a entender como se constrói um mapa conceitual. Nesse momento, o professor precisa enfatizar que o entendimento sobre mapas conceituais passa por quatro parâmetros de referência: proposições semanticamente claras; pergunta focal como elemento delimitador; organização hierárquica como elemento estrutural; revisões contínuas dos mapas para adaptar o conhecimento representado, conforme as mudanças de entendimento conceitual do mapeador (Aguiar e Correa, 2013).

**ii) 2º momento:** promover momentos de construção de mapas conceituais. Os estudantes podem construir os seus mapas manualmente ou com auxílio de um *software* como o *Cmap Tools*, levando sempre em consideração a sua estrutura. É importante que o professor dê oportunidades para que os estudantes construam pelo menos três mapas conceituais, caso os estudantes não tenham conhecimento sobre essa estratégia de ensino, para que, ao se depararem com um mapa conceitual pronto, não se surpreendam com a sua estrutura;

**iii) 3º momento:** conferir as peças e aplicar o JPCM. O número de peças a serem construídas fica a critério do professor, porém deve estar de acordo com a relevância da falta daquela peça, naquele local, para que assim possa ser identificada e encaixada pelos estudantes. O quebra-cabeça de mapa conceitual ajudará a promover uma aprendizagem significativa de maneira lúdica, interessante e, ao mesmo tempo, pode ser utilizado como atividade de revisão e avaliativa. Porém, a conferência das peças é fundamental, pois a falta de peças pode gerar desinteresse e indisciplina na sala de aula.

Durante os três momentos é importante que o assunto que será trabalhado no JPCM já tenha sido discutido em sala de aula.

Conforme exposto anteriormente, o JPCM consiste em um quebra-cabeça de mapas conceituais que, antes de chegar ao estudante, precisa ser preparado pelo professor. Um mapa conceitual (Figura 2a) sobre o assunto a ser desenvolvido – em nosso caso, a tabela periódica – foi construído previamente com o auxílio do *Cmap Tools*.

Antes de disponibilizar o mapa conceitual aos estudantes houve o cuidado de recortar algumas partes, para que ficasse (Figura 2b) no formato de um quebra-cabeça. Para recortar o mapa conceitual utilizamos o programa *Paint*, disponível como acessório do sistema operacional *Windows*, que pode ser usado para criar desenhos ou editar imagens digitais.

O importante é recortar as partes consideradas mais importantes do mapa conceitual, de modo que o estudante consiga interpretar o que está faltando e reconstruí-lo, fazendo relação entre a questão focal, os conceitos e as frases de ligação. O critério de importância depende do tema abordado no JPCM. Por exemplo, ao trabalhar com a TPE, um dos recortes pode ser o nome dos grupos relacionados à organização da TPE, mas não todos, para que os estudantes consigam reconhecer a estrutura e perceber o encaixe correto de cada peça.

As peças que deveriam ser encaixadas pelos estudantes foram impressas em uma cor diferente do restante do mapa, para que os mesmos pudessem ver com maior clareza as partes mais significativas do mapa conceitual.

O JPCM foi utilizado ao final do bimestre, sem o auxílio de consultas ao material escolar, apenas à TPE, e foi realizado em duplas, por escolha dos próprios estudantes. Cada dupla recebeu as peças, correspondentes aos blocos que foram recortados, e o mapa conceitual recortado, formando o *kit* JPCM, tendo o tempo de uma hora-aula para a montagem do mapa.

Ao término da atividade foi realizado um questionário para obter um *feedback* dos estudantes a respeito da utilização do JPCM. O questionário era composto de cinco perguntas, conforme exposto no Quadro 1.

Antes de avaliar a aprendizagem ressaltamos que os estudantes foram caracterizados como E-1, para Estudante um; E-2, para Estudante dois, e assim sucessivamente.

## Resultados e Discussão

Durante a aplicação do projeto em questão, os estudantes tiveram a oportunidade de construir vários mapas conceituais. Dentre eles, destacamos dois mapas, sendo um com o tema "Química" (produzido em conjunto) e outro sobre "O Átomo" (elaborado individualmente). Com essas produções os estudantes foram capazes de compreender elementos essenciais para o ensino de química, além de assimilar a importância do uso dessa estratégia para organização e síntese sobre tabela periódica.

No primeiro mapa, realizado de maneira colaborativa, foi explicado aos estudantes sobre os conceitos mencionados por Novak e Cañas (2010) em relação à criação e organização

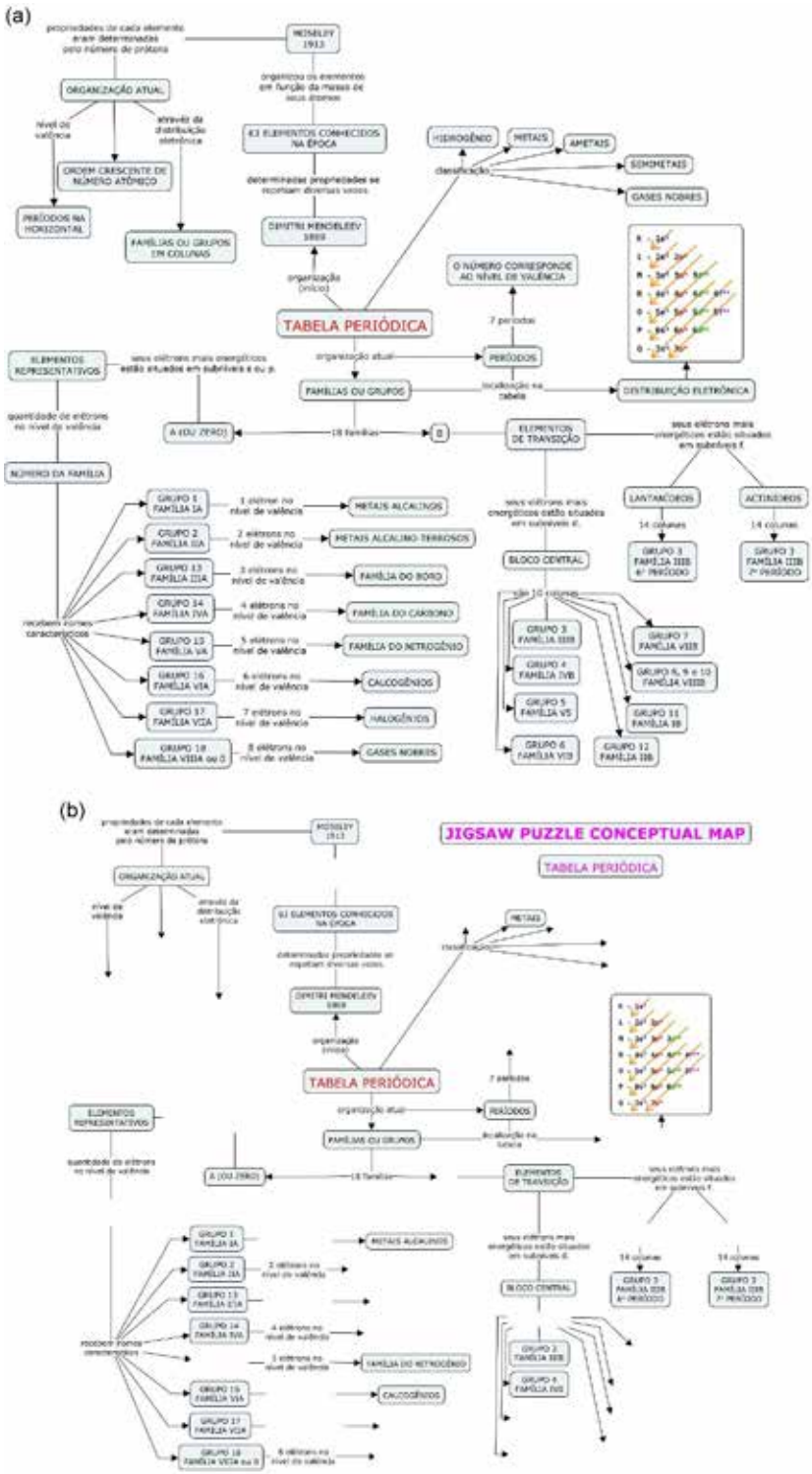



Figura 2: (a) Mapa Conceitual elaborado pela bolsista para construção do JPCM. (b) *Jigsaw Puzzle Concept Map* (JPCM) elaborado a partir do mapa conceitual. Fonte: Os autores, 2016.

dos mapas conceituais. Já no segundo mapa (Figura 3), criados pelos estudantes individualmente, a hierarquia não foi respeitada, e alguns mapas seguiam como se fossem uma linha do tempo.

A ausência de termos de ligação entre os conceitos, nesses mapas iniciais, nos leva a refletir sobre a dificuldade que os estudantes têm em encontrar palavras para unir os conceitos; daí a importância de elaborar mapas conceituais utilizando várias maneiras de produzi-los, seja por sínteses de textos, vídeos, áudios, ou por ideias construídas em seminários e debates, para que os estudantes entendam que os termos de ligação é que possibilitam a relação entre os conceitos.

No decorrer do bimestre esses detalhes foram corrigidos e a estrutura dos mapas conceituais se tornou clara para os estudantes, que então conseguiam organizar seus pensamentos de maneira objetiva.

Quadro 1: Questionário proposto ao final das atividades (n = 28 estudantes). Fonte: Os autores, 2018

| Nº da questão | Questão | Resultado |
|---|---|---|
| Questão um | Depois de trabalhar os assuntos em sala de aula, você prefere construir mapas conceituais ou prefere o JPCM sobre o tema? | 62,5 % preferem o JPCM e 37,5% o MC |
| Questão dois | Para você, qual o nível de dificuldade na construção de mapas conceituais produzidos nas aulas? Justifique sua resposta. | 68,8% mediano; 25% fácil e 6,3% difícil |
| Questão três | Qual o nível de dificuldade que você encontrou na construção do JPCM? Justifique sua resposta. | 68,8% mediano; 19% fácil e 12,3% difícil |
| Questão quatro | Você gostaria de trabalhar, em outros bimestres, com mapas conceituais ou com o JPCM? Justifique a sua resposta. | 37,5% preferem apenas o JPCM; 31,3% preferem os dois; 25% preferem apenas MC e 6,3% optaram por nenhum |
| Questão cinco | Classifique a importância do JPCM na sua aprendizagem assinalando de 1 a 5, sendo o número 1 de mínima importância e o 5 de máxima importância. | 18,8% (5); 31,3% (4); 43,8% (3); 6,3% (2); 0 (1) |

Figura 3: Mapas conceituais sobre o tema "Átomo" elaborado pelos estudantes. Fonte: Os estudantes, 2016.

Com uma visão de toda a organização de um mapa conceitual, e com todo o conteúdo referente à tabela periódica, os estudantes foram avaliados por meio do JPCM. Quando apresentados ao JPCM, já com conceitos, palavras de ligação, ligações cruzadas, exemplos e hierarquia, os estudantes precisaram assimilar quais seriam os seus objetivos diante de um mapa conceitual pronto, mas rapidamente perceberam as lacunas nesse mapa, pois possuíam conhecimento prévio do assunto estudado nas aulas anteriores.

Ficou evidente durante a atividade a assimilação de alguns pontos que, até aquele momento, ainda não haviam sido compreendidos pelos estudantes a respeito da tabela periódica. Como, por exemplo, sua organização em grupos e períodos. No JPCM algumas partes do mapa auxiliavam o preenchimento das lacunas, pois estavam hierarquizados e mostrando o pensamento que devia ser levado em consideração.

Como a atividade foi desenvolvida em duplas, é válido sublinhar que houve trocas de conhecimentos e discussões entre os estudantes para o encaixe correto das peças. Outro exemplo relevante é a relação entre o chamado "Diagrama de Linus Pauling" e a organização da tabela periódica, que para muitos estudantes só ficou visível ao perceberem que no JPCM há uma ligação cruzada entre "Famílias ou Grupos" com "Períodos" que estava relacionada à "Distribuição Eletrônica".

Com relação ao questionário aplicado ao final das atividades, destacamos que, de acordo com a questão um, a maioria dos estudantes (62,5%) afirmaram que preferem trabalhar com o JPCM em vez de construir mapas conceituais. O fato do JPCM ser um quebra-cabeça gerou mais interesse nos estudantes, pois montar o quebra-cabeça é muito mais fácil do que elaborar um MC sobre o tema em estudo.

Com relação à segunda questão, foi possível constatar que a maioria dos estudantes considerou a construção de mapas conceituais como sendo de dificuldade mediana, representando 68,8% dos estudantes; 25% acharam fácil; e 6,3% considerou a atividade difícil. Como explicação em relação ao nível médio de dificuldade apontado pelos estudantes apresentamos algumas de suas justificativas: *Porque é meio complicado ligar as palavras-chave (E-1)*; *É complicado fazer um mapa que faça sentido o suficiente (E-11)*; *Meus mapas sempre acabam ficando meio confusos (E-15).*

Sobre a questão três, podemos afirmar que a maioria dos estudantes também apontou o JPCM como atividade entre o nível fácil e o nível difícil, porém a porcentagem

de estudantes que acharam a atividade difícil foi o dobro, comparado com a dificuldade de construção de mapas conceituais manualmente.

Esse fato pode estar relacionado com o impacto inicial da atividade. Essa percepção de como eles se sentiram ao realizar o trabalho pode ser observada nos seguintes comentários: *Mesmo sendo melhor e até mais fácil que o mapa conceitual, ainda tenho uma certa dificuldade em encontrar as palavras ou frases certas (E-5)*; *Me confundi várias vezes, só de ver todos aqueles espaços em branco no começo foi super assustador, mas fui me acostumando e acabei amando (E-8)*; *Não tenho dificuldades na construção de JPCM (E-11)*.

Com relação à quarta questão, ficou claro que a maioria dos estudantes gostaria mais de trabalhar com o JPCM nos próximos bimestres, porém a diferença entre a maioria que optou pelo JPCM e o número de estudantes que escolheu ambos (JPCM e mapas conceituais) foi insignificante, tendo em vista que 37,5% dos estudantes optaram apenas pelo JPCM e 31,3% optaram pela utilização tanto do JPCM quanto dos mapas conceituais. É importante destacar que apenas 6,3% optou por nenhuma das atividades.

Como forma de justificar a maioria de opções pelo JPCM e também pela escolha dos dois, seguem alguns dos comentários realizados pelos estudantes: *a) São mais divertidos (E-3)*; *b) Mais prático (E-11)*; *c) Porque são diferentes e acho interessante trabalhar dos dois jeitos (E-6)*; *d) É importante a utilização dos dois (E-13)*.

A questão cinco trata mais especificamente da aprendizagem dos estudantes mediante o uso do JPCM como atividade avaliativa. Nessa questão, os estudantes tinham que assinalar, de um a cinco, o grau de importância dessa atividade para a sua aprendizagem, sendo um para importância mínima e cinco para importância máxima. Observou-se que 18,8% assinalaram cinco; 31,3% marcaram quatro; 43,8% optaram pelo grau três; 6,3% escolheram o grau dois e nenhum estudante optou pelo grau um.

Independentemente dos resultados, queremos deixar claro que, do processo de construção de mapas conceituais até o momento da aplicação do JPCM, o progresso dos estudantes foi significativo. A aprendizagem dos conhecimentos básicos da tabela periódica ficou evidente pela facilidade que os alunos demonstraram em sintetizar as ideias principais sobre essa temática e em realizar as atividades propostas em sala de aula.

Salientamos que na atividade avaliativa com o JPCM, apenas uma dupla não conseguiu completar corretamente o quebra-cabeça no tempo previsto. Além disso, nem todos os estudantes justificaram suas respostas no questionário final.

## Considerações Finais

Os mapas conceituais representam uma estratégia de ensino diferenciada e significativa que, de fato, pode facilitar a construção do conhecimento, pois leva o estudante a refletir e a pensar maneiras de organizar as ideias e, principalmente, de entendê-las e relacioná-las. De início, os estudantes encontram muitas dificuldades, pois se trata de uma atividade que necessita organização do pensamento, que leva o estudante a pensar para encontrar os conceitos que fazem relação com a questão focal e com as palavras de ligação.

A preparação para utilização do JPCM como instrumento de avaliação pode ser um processo demorado, visto que é necessário que os estudantes compreendam bem a estrutura de um mapa conceitual. Porém, passado esse processo, o JPCM torna-se simples e significativo.

O JPCM pode ser facilmente adaptado também quando já familiarizado pelos estudantes, pois as partes faltantes, em vez de serem impressas em cores diferentes, podem simplesmente ser preenchidas com as próprias palavras dos estudantes, respeitando a estrutura e organização de um mapa conceitual.

Em alguns momentos, os estudantes manifestaram que construir mapas conceituais é "chato". Analisando o que pode levá-los a essa opinião perante uma ferramenta tão significativa, chegamos à conclusão de que não é o ato de fazer, mas a dificuldade em entender os conceitos, em relacioná-los com a questão focal, e a própria síntese que se faz para transformar o conhecimento em um mapa. Assim, o JPCM, por ser mais lúdico e ser um mapa conceitual pronto em formato de um quebra-cabeça, pode proporcionar ao estudante maior facilidade na elaboração da atividade, sem que a aprendizagem seja desconsiderada.

Apontamos a pertinência de avançar com inovações a partir de estratégias de ensino já existentes, pois ficou claro no uso do JPCM o interesse e a motivação nos estudantes, bem como sua preocupação em saber o assunto para completar as peças que faltavam no mapa conceitual sobre a tabela periódica.

Durante a realização do trabalho pudemos observar que a maior dificuldade estava na leitura do mapa conceitual, o que realmente pode tornar o JPCM mais difícil, pois, para conseguir encaixar adequadamente as partes que faltavam, era necessário não só o conteúdo, mas também a leitura e interpretação do mapa conceitual. Isso é positivo, pois leva o estudante a pensar e trocar ideias com os colegas para construir seu conhecimento.

O projeto, como um todo, trouxe muito aprendizado para os estudantes. Os mapas conceituais construídos foram melhorando ao longo do processo e isso foi muito gratificante. Os estudos sobre a TPE foram construídos de maneira dinâmica e diversificada, promovendo um aprendizado expressivo e produtivo.

**Neusa Nogueira Fialho** (neusa_nf@yahoo.com.br), doutora em Educação pela PUCPR, professora de Química pela Secretaria Estadual de Educação de Curitiba, é autora dos livros didáticos Jogos no Ensino de Química e Biologia, e Didática e Avaliação da Aprendizagem em Química. Curitiba, PR – BR. **Ricardo Padilha Vianna Filho** (ricardo.vianna@pucpr.br), mestre em Ciências (Bioquímica), é coordenador e professor do curso de Química da PUCPR. Curitiba, PR – BR. **Magda Regina Schmitt** (magdaregina13@hotmail.com), técnica em Química pelo CEEP de Curitiba, licencianda em Química pela PUCPR, é bolsista do PIBIC. Curitiba, PR – BR.

## Referências


AGUIAR, J. G. e CORREIA, P. R. M. Como fazer bons mapas conceituais? Estabelecendo parâmetros de referências e propondo atividades de treinamento. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 13, n. 2, p. 141-157, 2013. Disponível em https://seer.ufmg.br/index.php/rbpec/article/download/2469/1869, acessado em Maio 2018.

AMARAL, J. A. A. *Desvendando sistemas*. São Paulo: Editora do Autor, 2012.

BONIFÁCIO, V. D. B. QR-coded audio periodic table of the elements: a mobile-learning tool. *Journal of Chemical Education*, v. 89, n. 4, p. 552-554, 2012.

BRASIL. *Parâmetros curriculares nacionais do ensino médio*. Ciências da natureza, matemática e tecnologias, 2000. Disponível em http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf, acessado em Maio 2018.

CÉSAR, E. T.; REIS, R. C. e ALIANE, C. S. M. Tabela periódica interativa. *Química Nova na Escola*, v. 37, n. 3, p. 180-186, 2015.

CORREIA, P. R. M.; SILVA, A. C. e ROMANO JUNIOR, J. G. Mapas conceituais como ferramenta de avaliação na sala de aula. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 32, n. 4, p. 4402-1-4402-8, 2010. Disponível em http://www.scielo.br/pdf/rbef/v32n4/09.pdf, acessado em Maio 2018.

FANTIN, D; SUTTON, M.; DAUMANN, L. J. e FISCHER, K. F. Evaluation of existing and new periodic tables of the elements for the chemistry education of blind students. *Journal of Chemical Education*, v. 93, n. 6, p 1039-1048, 2016.

FERREIRA, L. H.; CORREA, K. C. S. e DUTRA, J. L. Análise das estratégias de ensino utilizadas para o ensino da tabela periódica. *Química Nova na Escola*, v. 38, n. 4, p. 349-359, 2016.

FREITAS FILHO, J. R.; FREITAS, L. P. S. R.; FREITAS, J. C. R. e TAVARES, A. F. Z. L. Mapas conceituais: utilização no processo de avaliação da aprendizagem do conteúdo haletos. *Experiências em Ensino de Ciências*, v. 8, n. 3, p. 78-96, 2013.

GODOI, T. A. F.; OLIVEIRA, H. P. M. e CODOGNOTO, L. Tabela periódica – um super trunfo para alunos do ensino fundamental e médio. *Química Nova na Escola*, v. 32, n. 1, p. 22-25, 2010.

LARSON, K. G.; LONG, G. R. e BRIGGS, M. W. Periodic properties and inquiry: student mental models observed during a periodic table puzzle activity. *Journal of Chemical Education*, v. 89, n. 12, p. 1491-1498, 2012.

LEACH, M. R. *ChemogenesisWebBook*. Disponível em http://www.meta-synthesis.com/webbook.html, acessado em Maio 2018.

LIMA, J. A.; SAMPAIO, C. G.; BARROSO, M. C. S. B.; VASCONCELOS, A. K. P. e SARAIVA, F. A. S. Avaliação da aprendizagem em química com uso de mapas conceituais. *Revista Thema*, v. 14, n. 2, p. 37-44, 2017.

NOVAK, J. D. A science education research program that led to the devolopment of the concept mapping tool and a new model for education. In: *Proceedings of the First International Conference on Concept Mapping.* Concept maps: theory, methodology, technology, v. 1. Pamplona, Spain, 2004, p. 457-466. Disponível em http://cmc.ihmc.us/cmc/CMCProceedings.html, acessado em Maio 2018.

_____. e CAÑAS, A. J. A teoria subjacente aos mapas conceituais e como elaborá-los e usá-los. *Práxis Educativa*, v. 5, n. 1, p. 9-29, 2010. Disponível em http://www.revistas2.uepg.br/index.php/praxiseducativa/article/view/1298/944, acessado em Maio 2018.

RIBEIRO, R. P. e NUÑEZ, I. B. Pensando a aprendizagem significativa; dos mapas conceituais às redes conceituais. In: NUÑEZ, I. B. e RAMALHO, B. L. (Orgs.). *Fundamentos do ensino-aprendizagem das ciências naturais e da matemática*: o novo ensino médio. Porto Alegre: Sulina, 2004.

ROMANO, C. G.; CARVALHO, A. L.; MATTANO, I. D.; CHAVES, M. R. M. e ANTONIASSI, B. Perfil químico: um jogo para o ensino da tabela periódica. *Revista Virtual de Química*, v. 9, n. 3, p. 1235-1244, 2017.

SOUZA, N. A. e BORUCHOVITCH, E. Mapas conceituais: estratégia de ensino/aprendizagem e ferramenta avaliativa. *Educação em Revista*, v. 26, n. 3, p. 195-218, 2010.

WALLINGTON, T. J.; ANDERSON, J. E.; SIEGEL, D. J.; TAMOR, M. A.; MUELLER, S. A.; WINKLER, S. L. e NIELSEN, O. J. Sustainable mobility, future fuels, and the periodic table. *Journal of Chemical Education*, v. 90, n. 4, p. 440-445, 2013.





**Abstract:** *The Use of Concept Maps in the Teaching of the Periodic Table: A PIBID Experience Report.* Concept maps can significantly support the teaching of chemistry by stimulating students to transform information into knowledge. This paper reports an experience about the use of concept maps in the study of the periodic table of the elements. It also brings an alternative activity to this teaching strategy, more specifically a concept map puzzle, which we call the Jigsaw Puzzle Concept Map – JPCM. The activities reported here were part of a project of the Institutional Grant Program for Training Teachers – PIBID, which involved a class from the first year of high school and lasted two months. At the end of the activities, a questionnaire was applied to evaluate students' learning. The results revealed the relevance of using concept maps in teaching practices, with suggestions for advancing this teaching strategy taking into account students' interest in carrying out the activities and, especially, their collaboration of ideas on the subject matter.



**Keywords:** periodic table, concept maps, JPCM

http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160116

# Uma Sequência Investigativa Relacionada à Discussão do Conceito de Ácido e Base

**Cleuzane R. Souza e Fernando C. Silva**

O ensino pautado na simples transmissão de informações, sem uma atenção para como essa informação vai ser significada pelo estudante, pode explicar a dificuldade na aprendizagem dos conceitos ácido e base. Muitas críticas têm sido feitas a essa forma de abordagem das definições de ácido e base nos livros didáticos. Assim, nosso objetivo foi compreender como os estudantes de duas turmas de Ensino Médio de uma escola pública lidam com os conceitos de ácido e base, após utilização de uma sequência didática com uma abordagem investigativa. Os instrumentos de produção de dados utilizados foram registros escritos dos estudantes, e a Análise Textual Discursiva foi empregada para compreensão desses registros. Embora os estudantes tenham apresentado muitas dificuldades para expor suas ideias, eles fornecerem soluções para o problema levantado e propuseram experimentos. Percebemos uma evolução das ideias relacionadas ao conceito de ácido e base ao longo da sequência didática. No que se refere aos conceitos discutidos, os estudantes reconheceram que a mudança de cor de um indicador está relacionada a sua forma no meio em questão, e que um ácido de Brønsted-Lowry doa o próton ($H^+$) apenas se houver uma base para aceitá-lo. A abordagem investigativa propiciou aos estudantes aplicarem os conceitos ácido e base no contexto da organização de materiais, mas também nos sérios problemas ambientais ocasionados pelo descarte inadequado desses materiais.

▶ educação em química, ensino de ciências por investigação, experimentação no ensino médio ◀

Recebido em 21/09/2017, aceito em 21/02/2018



A abordagem das definições de ácido e base de forma cumulativa e sequencial pode dificultar o entendimento dos estudantes a respeito desses conceitos (Vos e Pilot, 2001; Paik, 2015). Dessa forma, considerar o contexto em que essas definições surgiram pode ser mais adequado para a aprendizagem dos estudantes (Vos e Pilot, 2001). Adicionalmente, as ações do professor na sala de aula devem proporcionar condições para os estudantes i) apresentarem seus conhecimentos prévios, ii) discutirem esses conhecimentos com seus colegas e o professor, iii) perceberem que novos conceitos precisam ser construídos e iv) participarem ativamente na construção desses novos conceitos (Carvalho, 2013). Assim, nosso objetivo foi compreender como os estudantes de duas turmas do 2º ano do Ensino Médio de uma escola pública lidam com os conceitos de ácido e base, por meio de atividades investigativas.

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.

*Referencial Teórico*

As sequências didáticas investigativas podem ser propostas abrangendo um conteúdo do programa escolar, neste caso, os conceitos de ácido e base. Apresentamos a seguir o nosso entendimento sobre o Ensino de Ciências por Investigação (ENCI) e, dentro dessa abordagem didática, a maneira como percebemos a experimentação.

*Ensino de Ciências por Investigação com Foco na Experimentação*

No ENCI, o professor atua como "catalisador", guiando as atividades, a interação e as discussões entre os estudantes, e não como fonte de todas as informações (Lamba, 2015). De acordo com Lamba (2015), essa abordagem envolve três estágios metodológicos: i) exploração – um problema é apresentado, introduzindo os estudantes no contexto do conceito a ser estudado e oferecendo condições para pensarem sobre a resolução do problema; ii) invenção – estratégias utilizadas para a resolução do problema e, iii) aplicação – momento em que ocorre a contextualização do conceito estudado,

oferecendo condições para a aplicação do mesmo em outras situações (Lamba, 2015). Esses estágios serão detalhados a seguir, aliando-os às ideias de Carvalho (2013), no que se refere ao planejamento de uma sequência didática investigativa com um problema experimental.

Diversas pesquisas, dentre as quais citamos Suart e Marcondes (2009) e Lamba (2015), têm criticado o uso da experimentação como forma de verificar o que já foi ensinado em sala de aula. No ENCI, considerando um problema experimental, as atividades experimentais assumem uma função bem mais ampla, na qual os conceitos são explorados. O foco das discussões em sala de aula está na utilização de dados para derivar conceitos, e não simplesmente informar aos estudantes esses conceitos (Lamba, 2015). No ENCI, a experimentação pode ser planejada de diversas formas, dependendo das condições operacionais e do nível de abertura que se dá aos estudantes (Hofstein, 2015). Neste trabalho, a experimentação foi conduzida da seguinte forma:

> *Etapa de distribuição do material experimental e proposição do problema pelo professor. Nessa etapa o professor divide a classe em grupos pequenos, distribui o material, propõe o problema e confere se todos entenderam o problema a ser resolvido […].*
>
> *Etapa de resolução do problema pelos alunos. Nesta etapa o importante não é o conceito que se quer ensinar, mas as ações manipulativas que dão condições aos alunos de levantar hipóteses e o teste dessas hipóteses [...].*
>
> *Etapa da sistematização dos conhecimentos elaborados nos grupos. […] Ao ouvir o outro, ao responder à professora, o aluno não só relembra o que fez, como também colabora na construção do conhecimento que está sendo sistematizado [...].*
>
> *Etapa do escrever e desenhar. Esta é a etapa da sistematização individual do conhecimento. [...] É necessário, agora, um período para a aprendizagem individual [...]* (Carvalho, 2013, p. 11-13).

Percebe-se que esse planejamento é o oposto do método em que os estudantes recebem as instruções de como executar cada procedimento para obter um resultado pré-determinado (Lamba, 2015).

Existem diferentes abordagens experimentais e, dependendo de como são conduzidas, podem dificultar ao invés de facilitar o entendimento dos estudantes. Além disso, podem reforçar uma imagem ultrapassada da Química e da atividade dos químicos (Hofstein *et al.*, 2013). É possível até mesmo que se crie, em sala de aula, uma imagem estereotipada, na qual o cientista é visto como alguém do sexo masculino seguindo um roteiro em um laboratório com grandes vasos de vidro, explosões e mau cheiro poluindo o ar (Bell *et al.*, 2015). Quando a experimentação é usada para comprovar a teoria, ou quando ela não dialoga com os conceitos, geralmente é entendida apenas como forma de motivar os estudantes. Nesse sentido, normalmente, essas atividades são organizadas pelo professor que planeja o experimento fornecendo as instruções detalhadas sobre a atividade (Hofstein *et al.*, 2013). Acreditamos que a experimentação não deve ser reduzida a essa forma de entendimento. Defendemos uma experimentação que propicie aos estudantes

> *um ambiente investigativo em salas de aula de Ciências de tal forma que possamos ensinar (conduzir/mediar) os alunos no processo (simplificado) do trabalho científico para que possam gradativamente ir ampliando sua cultura científica* (Carvalho, 2013, p. 9).

Esse ambiente investigativo se refere a tornar as aulas experimentais um espaço para os estudantes questionarem, planejarem, levantarem dados e avaliarem suas próprias conclusões (Hofstein *et al.*, 2013). Mesmo que essas conclusões estejam erradas, isso faz parte do processo de construção do conhecimento, conforme descrito por Capecchi (2013, p. 25): "é preciso que tenham oportunidade de errar, não se atendo apenas a tentativas desprovidas de reflexão, mas avaliando suas ações e formas de interpretação, que levam a erros e acertos".

Diversas pesquisas, dentre as quais citamos Suart e Marcondes (2009) e Lamba (2015), têm criticado o uso da experimentação como forma de verificar o que já foi ensinado em sala de aula. No ENCI, considerando um problema experimental, as atividades experimentais assumem uma função bem mais ampla, na qual os conceitos são explorados. O foco das discussões em sala de aula está na utilização de dados para derivar conceitos, e não simplesmente informar aos estudantes esses conceitos (Lamba, 2015).

Essas ideias estão alicerçadas em perspectivas construtivistas com uma visão sociocultural da aprendizagem e da Ciência. A visão sociocultural da Ciência enfatiza que o conhecimento científico é socialmente construído. Assim, a investigação científica é vista como um processo, em que explicações são desenvolvidas para dar sentido aos dados obtidos e apresentadas a uma comunidade para crítica, discussão e revisão. Fundamentalmente, essa reconceitualização da Ciência a partir de uma perspectiva individual para social muda a visão dos experimentos como uma forma de retratar o método científico. Em vez de entender os procedimentos do experimento como "o método científico", este é avaliado pelo papel que desempenha na prestação de evidências para a construção do conhecimento. Essa negociação de evidências é socialmente mediada pela linguagem, isto é, a discussão estabelecida pela comunidade científica para aceitação ou negação do conhecimento. Como consequência, a aprendizagem em Ciências é vista como a socialização em uma cultura científica. Portanto, os estudantes precisam de oportunidades para pensar, praticar e falar de suas ideias sobre a Ciência

uns com os outros e com o professor, e a experimentação pode ser um momento rico para isso (Hofstein *et al.*, 2013).

## Procedimentos Metodológicos

O tema "ácidos e bases" integra o currículo de Química para o Ensino Médio e também para alguns cursos de graduação e pós-graduação. Entretanto, muitos estudantes sentem dificuldades em aprendê-los. Ao tratar da relação entre as diferentes teorias usadas para definir ácidos e bases, Paik (2015) ressalta que diversos pesquisadores investigaram as causas das dificuldades em diferenciar essas definições e sugerem estratégias para as mesmas, como, por exemplo, considerar o contexto em que essas definições surgiram.

Uma sequência didática foi elaborada para estudantes do Ensino Médio e pautada nos referenciais teóricos de ENCI, principalmente, naqueles de Carvalho (2013). As cinco aulas (cada uma de 50 minutos) foram distribuídas da seguinte forma:

**1ª aula:** aplicação da atividade inicial e problematização. Nesta aula, foi aplicada uma atividade para conhecer as ideias dos estudantes e verificar se o problema levantado – "*Rotineiramente, utilizamos em nossos lares materiais de limpeza, alimentícios, cosméticos, medicamentos, etc. Em nossa casa, organizamos esses materiais em locais apropriados, por exemplo: medicamentos com medicamentos, materiais de limpeza com materiais de limpeza, ambos longe do alcance de crianças e animais domésticos. E quimicamente, como podemos organizá-los?*" – seria de interesse dos mesmos, envolvendo-os na procura de soluções e permitindo aos estudantes exporem seus conhecimentos anteriormente adquiridos (Carvalho, 2013).

O tema "ácidos e bases" integra o currículo de Química para o Ensino Médio e também para alguns cursos de graduação e pós-graduação. Entretanto, muitos estudantes sentem dificuldades em aprendê-los. Ao tratar da relação entre as diferentes teorias usadas para definir ácidos e bases, Paik (2015) ressalta que diversos pesquisadores investigaram as causas das dificuldades em diferenciar essas definições e sugerem estratégias para as mesmas, como, por exemplo, considerar o contexto em que essas definições surgiram.

**2ª aula:** problematização e levantamento de hipóteses. Nesta aula, a classe foi dividida em grupos e o problema levantado na 1ª aula foi retomado. A professora verificou se todos os estudantes entenderam o problema a ser resolvido, tendo o cuidado de não haver interferência na resolução do mesmo (Carvalho, 2013). Um tempo foi dado para que eles pensassem. Em seguida, realizou-se uma discussão com cada grupo para que eles levantassem hipóteses e propusessem um experimento para testá-las (Carvalho, 2014). Após a descrição da proposta pelos grupos por meio de uma atividade escrita, elas foram recolhidas para se iniciar a leitura e discussão de um texto relacionado à utilização de indicadores ácido-base.

**3ª aula:** discussão das hipóteses e realização dos experimentos. Nesta aula, discutiu-se com toda a turma todos os experimentos propostos e, a partir dessa discussão, decidiu-se qual experimento seria realizado e os procedimentos necessários (Carvalho, 2014). Nesse momento, o foco da aula não foi discutir o conceito a ser ensinado (indicadores de ácido e base), "mas as ações manipulativas que dão condições aos alunos de levantar hipóteses […] e os testes dessas hipóteses […]" (Carvalho, 2013, p. 11). Após a realização do experimento, as respostas dadas pelos grupos para as questões levantadas foram recolhidas.

**4ª aula:** leitura e discussão de um texto. Nessa aula, fez-se a leitura e a discussão do texto sobre a teoria dos indicadores, para sistematização dos conhecimentos abordados. Essa discussão é importante, pois "ao ouvir o outro, ao responder à professora, o aluno não só relembra o que fez, como também colabora na construção do conhecimento que está sendo sistematizado" (Carvalho, 2013, p. 12). Durante a discussão, reforçou-se a mudança de cor dos indicadores em diferentes meios, utilizando a definição de ácido e base de Brønsted-Lowry, e retomando o que foi discutido durante os experimentos (Carvalho, 2013).

**5ª aula:** produção textual pelos estudantes. Nessa aula, pediu-se que os estudantes, individualmente, escrevessem um texto sobre o problema levantado na sala de aula, abordassem os aspectos ambientais relacionados ao uso inadequado dos materiais utilizados no experimento e explicassem o impacto causado por eles no meio ambiente. Esse momento se refere à sistematização individual do conhecimento (Carvalho, 2013). Os estudantes, ao longo da sequência didática, discutiram entre si em cada grupo e com toda a turma, guiados pela professora e, por fim, realizaram uma produção textual. De acordo com Carvalho (2013, p. 13) citando Oliveira e Carvalho (2005):

> *O diálogo e a escrita são atividades complementares, mas fundamentais nas aulas de Ciências, pois, como o diálogo é importante para gerar, clarificar, compartilhar e distribuir ideias entre os alunos, o uso da escrita se apresenta como instrumento de aprendizagem que realça a construção pessoal do conhecimento.*

A sequência didática foi aplicada em duas turmas de segundo ano do Ensino Médio de uma escola pública estadual localizada em Minas Gerais. A escola foi escolhida por ser pública e retratar as condições gerais da Educação no Brasil.

Como instrumentos de produção de dados foram utilizadas as atividades escritas dos estudantes. Esses instrumentos foram escolhidos considerando que nosso objetivo estava centrado na investigação dos conceitos de ácido e base apresentados pelos estudantes, no que se refere, principalmente, à investigação das propriedades ácidas ou básicas de materiais

e à definição de ácido e base que explicaria a mudança de cor dos indicadores.

A compreensão das respostas fornecidas pelos estudantes foi construída empregando a Análise Textual Discursiva (Moraes e Galiazzi, 2016). As respostas fornecidas pelos estudantes foram desconstruídas em unidades de sentido, as quais foram codificadas para localização das produções que lhe deram origem. As categorias não foram estabelecidas previamente, mas emergiram a partir do processo de análise e das relações entre as unidades de sentido. Essas categorias possibilitaram novas compreensões, a partir de nossa própria interpretação e dos referenciais teóricos utilizados (Moraes e Galiazzi, 2016). Após o estabelecimento das categorias, elas foram discutidas e interpretadas, e em muitos momentos, para justificar as discussões, utilizou-se da transcrição dos registros escritos dos estudantes.

## Resultados

*Compreendendo as Ideias Prévias Apresentadas pelos Estudantes*

A atividade inicial foi elaborada com duas questões abertas, baseadas na identificação de materiais utilizados no dia a dia. Na primeira questão, pretendia-se identificar como eles diferenciavam alguns alimentos no dia a dia, supostamente, por meio de propriedades organolépticas. A partir da análise das respostas dos estudantes das duas turmas para a primeira questão emergiram as categorias indicadas no Quadro 1.

Embora as propriedades organolépticas não sejam adequadas para identificar as substâncias, como se trata de alimento (vinagre), esse seria o procedimento adotado pela maioria dos estudantes. No entanto, os riscos existem se ocorrer uma inalação por um longo tempo ou ingestão excessiva. É necessário esclarecer que não estamos incentivando os estudantes a inalarem ou ingerirem vinagre, apenas utilizando a situação para a problematização inicial da sequência didática.

Alguns estudantes reconheceram os riscos à exposição de substâncias e, mesmo se tratando de um produto alimentício, utilizariam as propriedades específicas para identificar o vinagre. Percebemos que os estudantes usaram os conhecimentos adquiridos anteriormente como uma possibilidade de resolver o problema proposto. No entanto, eles consideraram o vinagre como uma substância e não uma mistura de várias substâncias (principalmente, água e ácido acético). Além disso, eles não explicaram como utilizariam essas propriedades para identificar o vinagre. Alguns estudantes, no entanto, identificariam o vinagre pela classificação da substância em simples ou composta. Pode-se perceber as dificuldades dos estudantes em diferenciar substâncias de misturas. Silva e Amaral (2016) analisaram as concepções de estudantes do Ensino Médio sobre o conceito de substância, afirmando que as ideias informais expressas pelos estudantes podem estar relacionadas com uma discussão limitada, ou até mesmo inexistente, na sala de aula.

Apenas um estudante utilizou a mudança de estado físico para classificar o vinagre. Acredita-se que o estudante pretendia utilizar uma propriedade específica para identificar o vinagre, como por exemplo, a temperatura de ebulição. No entanto, ele escreveu apenas a mudança de estado.

Na segunda questão, como se tratava de um material de



Quadro 1: Categorias identificadas para a primeira questão

| **Imagine uma situação em que sua mãe solicitou que você pegasse o vinagre na geladeira para ela. Entretanto, ao abrir a geladeira você deparou com vários líquidos que não possuíam rótulos. Qual o procedimento adotado por você para identificar o vinagre?** | | |
|---|---|---|
| **Categorias** | **Subcategorias** | **Estudantes*** |
| Propriedades organolépticas | Cor | E1A, E8A, E15A, E20B, E21B, E28B e E30B |
| | Sabor | E1A, E5A, E6A, E12A, E20B, E21B, E22B, E23B, E24B, E25B e E29B |
| | Odor | E1A, E2A, E3A, E5A, E6A, E7A, E8A, E10A, E12A, E13A, E14A, E15A, E16A, E17A, E19B, E20B, E21B, E22B, E23B, E24B, E25B, E28B, E29B e E30B |
| | Aspecto | E8A e E24B |
| Propriedades específicas | Densidade | E4A, E9A, E16A, E18B, E23B, E24B, E28B e E30B |
| | Ponto de fusão | E4A, E9A, E17B, E18B, E23B, E24B, E26B, E27B, E28B e E30B |
| | Ponto de ebulição | E4A, E9A, E17B, E18B, E23B, E24B, E26B, E27B, E28B e E30B |
| Mudança de estado físico | Ebulição | E11A |
| | Condensação | E11A |
| Classificação das substâncias | Substância simples | E22B e E29B |
| | Substância composta | E22B e E29B |

*A resposta de alguns estudantes se enquadra em diferentes categorias. As letras E, A e B indicam, respectivamente, estudante, turma A e turma B.

limpeza, esperava-se que os estudantes não mencionassem as propriedades organolépticas, visto que, no rótulo desses produtos existem orientações de que não se deve inalar ou ingerir tais misturas. A partir da análise das respostas dos estudantes das duas turmas foram estabelecidas as categorias indicadas no Quadro 2.

Os estudantes ainda utilizaram as propriedades organolépticas para identificar a água sanitária, mas por meio do tato e odor. Ao contrário do observado para a primeira questão, os estudantes não mencionaram o sabor, associando riscos à ação de ingerir água sanitária. Embora a inalação deva ser evitada, pelo cheiro característico seria possível identificá-la, conforme transcrito a seguir: "*Apenas não utilizaria o paladar, pois pode ser tóxico*" (E1A).

As propriedades específicas também seriam utilizadas pelos estudantes, mas, como na questão anterior, eles não explicaram como se daria essa identificação.

Alguns estudantes identificariam pela cor ou formato da embalagem, conforme transcrito a seguir: "*[...] ver a cor do litro* (sic) *que a agua* (sic) *estava e ele e* (sic) *verde*" (E10A). Em geral, os frascos que contêm a água sanitária são verdes e com um formato característico e, possivelmente, o estudante entendeu essa característica como um critério seguro para a identificação de seu conteúdo.

A resposta transcrita a seguir ilustra o uso de propriedades químicas para a identificação da água sanitária: "*Faria testes ex:* (sic) *pegar a água sanitária e colocar em um tecido preto ou qualquer se o tecido começar ficar branco é água sanitária*" (E16B). O estudante explica como essa identificação ocorreria, por meio da adição da água sanitária ao tecido, seguido de seu descoramento. Provavelmente, alguns estudantes já presenciaram essa situação, e esse método seria eficaz e sem riscos para a identificação da água sanitária. O estudante não utiliza os termos "transformação química" ou "reação química" para explicar a alteração de cor. Essa resposta nos chamou a atenção, pois a partir do uso de uma propriedade química o estudante identificaria o material.

A partir dessas questões conheceram-se as ideias dos estudantes e um problema foi proposto, criando situações em que os mesmos seriam levados a raciocinar e (re)construir novas ideias, conforme indicado por Carvalho (2013). Além disso, isso nos permitiu discutir com mais ênfase certos conceitos ao longo da sequência didática, articulando esses conceitos com o contexto mais adequado, o que tem sido sugerido no estudo de Paik (2015).

*Compreendendo as Ideias dos Estudantes nos Grupos*

Em ambas as turmas, discutiu-se a atividade inicial, mas os conceitos ácido e base não foram abordados. Na 2ª aula, pediu-se aos estudantes que formassem grupos, ampliou-se a situação problema e forneceu-se um tempo para que os estudantes propusessem uma solução. A formação de grupos de estudantes para levantamento e teste de hipóteses pode facilitar a comunicação entre os estudantes, pois os mesmos podem possuir desenvolvimento intelectual semelhante e maior liberdade para proporem ideias uns para os outros, do que para o professor (Carvalho, 2013). Por meio da análise do material produzido pelos grupos de estudantes foi possível estabelecer as categorias indicadas no Quadro 3.

Surgiram muitas questões durante essa atividade, mas não houve qualquer interferência com propostas de solução para o problema e os estudantes de ambas as turmas puderam recorrer ao livro didático. Durante a discussão nos grupos, observou-se uma dificuldade dos estudantes explicarem cada proposta de solução do problema. Não se esperava que eles organizassem os materiais em ácidos e bases, visto que, até



Quadro 2: Categorias identificadas para a segunda questão

| **Imagine outra situação em que sua mãe solicitou que você pegasse água sanitária para ela, mas os materiais de limpeza de sua casa estavam com os rótulos danificados. Você usaria o mesmo procedimento da questão anterior? Explique.** | | |
|---|---|---|
| **Categorias** | **Subcategorias** | **Estudantes*** |
| Propriedades organolépticas | Tato | E1A, E5A, E8A, E20B, E21B, E22B, E23B e E25B |
| | Odor | E1A, E2A, E6A, E12A, E13A, E15A, E19B, E20B, E21B, E22B, E23B e E25B |
| Propriedades específicas | Densidade | E4A, E9A, E24B, E28B e E30B |
| | Ponto de fusão | E4A, E9A, E17B, E24B, E26B, E28B e E30B |
| | Ponto de ebulição | E4A, E9A, E17B, E24B, E26B, E28B e E30B |
| Não explicou como identificaria | Negativa | E3A, E7A, E14A, E18B, E27B e E29B |
| Embalagem | Cor do recipiente | E10A |
| | Formato do recipiente | E23B |
| Mudança de estado físico | Ebulição | E11A |
| | Condensação | E11A |
| Propriedades químicas | Alteração de cor de um tecido preto | E16B |

*A resposta de alguns estudantes se enquadra em diferentes categorias. As letras E, A e B indicam, respectivamente, estudante, turma A e turma B.

Quadro 3: Categorias identificadas para o problema apresentado

| **Rotineiramente, utilizamos em nossos lares materiais de limpeza, alimentícios, cosméticos, medicamentos etc. Em nossa casa, organizamos esses materiais em locais apropriados, por exemplo: medicamentos com medicamentos, materiais de limpeza com materiais de limpeza, ambos longe do alcance de crianças e animais domésticos. Quimicamente, como podemos organizá-los?** | | |
|---|---|---|
| **Categorias** | **Subcategorias** | **Grupos*** |
| Organizam conforme a Tabela periódica | Organização em metais e não metais. | G1A |
| Não organizam quimicamente, apenas repetem o que está escrito no enunciado | Alimentos, limpeza e medicamento | G2A, G3B |
| Organizam pelas propriedades físicas | Densidade, pontos de fusão e ebulição | G3A, G1B e G2B |
| Organizam pela toxicidade | Substâncias tóxicas com substâncias tóxicas | G1B |
| Organizam em misturas homogênea e heterogênea | Homogênea e heterogênea | G1B |

*A resposta de alguns estudantes se enquadra em diferentes categorias. As letras G, A e B indicam, respectivamente, grupo de estudantes, turma A e turma B.

aquele momento, esses conceitos não haviam sido discutidos.

Um grupo propôs uma solução para o problema por meio da classificação em metais e não metais, conforme indicado a seguir: "*Podem ser agrupados pelas propriedades da tabela periódica não-metais* → (sic) *alimentícios, pois contém; S, Na, cosméticos pois contém Se; os materiais de limpeza que contém Cl, os medicamentos podem entrar nesse grupo também*" (G1A). Percebe-se que os estudantes tiveram dificuldades para explicar a escolha e cometeram alguns equívocos, como, por exemplo: classificar o sódio (Na) e o selênio (Se) como não metais e considerarem os materiais como sendo formados por um único elemento. Conforme discutido anteriormente, os estudantes apresentam dificuldades no entendimento dos conceitos de elemento, substância e mistura. Essas dificuldades podem explicar o fato de que dois grupos não propuseram uma forma de organizar os materiais, apenas repetiram o que estava escrito na questão.

Alguns grupos afirmaram que a organização deveria ser feita pelas propriedades físicas: "*Podemos organizá-los de acordo com o ponto de fusão, ponto de ebulição, densidade*" (G2B). Um desses grupos ainda enfatiza que essa organização pode ser feita pela toxicidade e pelo tipo de mistura, conforme descrito a seguir: "*[...] substâncias tóxicas com tóxicas, misturas homogênea com heterogênea*" (G1B). Percebe-se, mais uma vez, a dificuldade em diferenciar mistura de substância, pois, aparentemente, os estudantes não consideraram todos os materiais utilizados como misturas.

Após os estudantes discutirem, em grupos, uma proposta para a organização dos materiais, foi solicitado a eles que propusessem um experimento para diferenciar quimicamente alguns materiais conhecidos. Isso foi solicitado para que os estudantes deixassem de ser apenas observadores das aulas, mas passassem a atuar nesse processo, uma característica do ENCI defendida por Carvalho (2013). No entanto, as propostas de experimentos basearam-se apenas na classificação dos materiais, e não na descrição de procedimentos e materiais a serem utilizados para um experimento. Suart e Marcondes (2009), aplicando atividades experimentais investigativas para uma turma de primeira série do Ensino Médio, perceberam que os estudantes possuem dificuldades para descrever os procedimentos. De acordo com as autoras, isso é compreensível, pois os estudantes não estão acostumados com esse tipo de atividade. Dessa forma, elas sugerem

> *[...] a importância em proporcionar atividades que permitam aos alunos desenvolverem habilidades de escrita e leitura, as quais poderão desenvolver outras habilidades essenciais para o desenvolvimento do raciocínio lógico e cognitivo* (Suart & Marcondes, 2009, p. 51).

Ao perceber a dificuldade dos estudantes durante a proposta de um experimento, um breve texto sobre os indicadores ácido e base foi apresentado. Esse texto foi lido juntamente com toda a turma e, em seguida, foi solicitado aos grupos que analisassem o que eles propuseram anteriormente (apenas classificações e não um experimento de fato). Esse momento pode fornecer condições para os estudantes analisarem o que escreveram e pensarem a respeito. É importante deixar o estudante errar, pois isso leva à reflexão e à busca do acerto, outra característica do ENCI defendida por Carvalho (2013). Ainda de acordo com a mesma autora, "o erro, quando trabalhado e superado pelo próprio aluno, ensina mais que muitas aulas expositivas quando o aluno segue o raciocínio do professor e não o seu próprio" (p. 3). Dessa forma, solicitou-se que os estudantes escrevessem se manteriam ou modificariam o que eles haviam escrito anteriormente. Em todos os grupos de ambas as turmas, todos sugeriram alguma modificação do que eles haviam escrito anteriormente.

Após discussão das propostas de experimentos apresentadas pelos grupos, aquela que contemplou todos os materiais disponíveis para o experimento foi selecionada. Os procedimentos foram estabelecidos a partir do consenso

de todos os grupos, conforme indicado pela transcrição a seguir: "**Materiais: *Soluções indicadoras: · Extrato de repolho roxo · Fenolftaleína * Substâncias: · Suco de limão · Coca-Cola® · Leite Magnésio* (sic) *· Água Sanitária · Veja Multi-uso* (sic). *Vinagre * Utensílios: 2 seringas 12 copos transparentes * Procedimentos * 1º Colocar as substâncias nos copos identificados. 2º Testar com o indicador natural (Extrato de repolho roxo). 3º Testar com o indicador fenolftaleína. 4º Observação (cores). 5º escrever a conclusão*" (G1B). Como os procedimentos escritos pelos grupos foram semelhantes, optou-se por transcrever o texto de apenas um grupo. Embora se perceba uma evolução da descrição do experimento pelos estudantes, eles ainda consideraram os materiais, como, por exemplo, suco de limão e Coca-Cola®, como substâncias. Nesse momento, aproveitou-se para discutir os conceitos de elemento, substância e mistura, pois essas dificuldades foram verificadas desde a primeira aula.

Em ambas as turmas, os próprios estudantes realizaram o experimento. Após o término do experimento, os estudantes deveriam responder a uma questão relacionada às cores dos sistemas estudados. A partir da análise das respostas foi possível categorizá-las como indicado no Quadro 4.

Apenas dois grupos de ambas as turmas citaram as diferenças e as semelhanças existentes entre os materiais de acordo com os indicadores utilizados. Por fim, classificaram esses materiais como pertencentes a um mesmo grupo por possuírem colorações semelhantes, como, por exemplo: "*Em relação ao indicador repolho roxo, deduzimos que coca-cola® e vinagre são semelhantes, pois possuem cores iguais (vermelho). Por outro lado, vimos que o Leite de Magnésio* (sic)*, Água Sanitária, veja multiuso são componentes de um mesmo grupo, pois se assemelham a uma mesma cor (verde). Com o indicador fenofitaleína* (sic) *reparamos que o leite de Magnésio* (sic)*, Água Sanitária e Veja Multioso* (sic) *adquiriram a mesma cor (rosa). E a coca-cola® e o vinagre adquiriram cores semelhantes também (marrom claro)*" (G1B). Mesmo os estudantes tendo esquecido de mencionar o suco de limão, eles agruparam corretamente os materiais de acordo com as cores observadas, após a adição dos indicadores utilizados. A coloração da Coca-Cola® e do vinagre se mantém, pois a fenolftaleína, em meio ácido, é incolor, não alterando a cor do sistema.

A mudança de cor do indicador ao ser adicionado na Coca-Cola® é mais difícil de ser percebida, devido à própria coloração desse refrigerante. Por isso, os grupos consideraram que não houve alteração de cor para a Coca-Cola®, afirmando que ela é neutra, conforme transcrito a seguir: "*[...] a coca cola* (sic) *permaneceu neutra*" (G1A). O uso da palavra "neutra" não indica a característica do meio, visto que não houve discussão sobre o meio neutro. O uso dessa palavra pelos estudantes se refere ao fato de não terem percebido a alteração de cor do indicador quando adicionado na Coca Cola®.

Os outros grupos interpretaram a questão comparando as cores iniciais dos materiais com as cores finais, após a adição dos indicadores, e não as semelhanças ou diferenças de cores entre os materiais. Dessa forma, eles não perceberam a diferença de cores entre os materiais que contêm ácido ou base. Essa afirmação está baseada nas respostas fornecidas por esses grupos, conforme ilustrado a seguir: "*Diferenças p* (sic) *todas as substâncias ficaram de cor diferente menos a coca-cola* (sic). *Semelhaças* (sic) *p* (sic) *A* (sic) *coca não mudaram* (sic) *de cor*" (G3A).

De modo geral, os estudantes afirmaram que a alteração de cor está relacionada com os materiais utilizados, e não com o indicador. Nesse momento, a explicação para alteração de cor não havia sido discutida com os estudantes, mas foi mencionado que a adição do indicador era essencial para que isso ocorresse. Portanto, a alteração de cor está relacionada com o indicador, e não com o ácido ou a base que está no meio. O ácido ou a base no meio influenciará a predominância de uma das formas do indicador, implicando na variação de cor.

Na quarta aula, solicitou-se a leitura e discussão de um texto sobre a teoria dos indicadores para sistematização dos conceitos estudados. Após a leitura e discussão do texto, enfatizou-se que a mudança de cor se dá em função de características do indicador e a sua ação em meio básico ou ácido, e não, simplesmente, ao ácido ou a base que há no meio utilizado nos experimentos. Nesse momento, introduziu-se e discutiu-se a definição de ácido e base de Brønsted-Lowry, no que se refere à transferência do $H^+$ (nomeado como próton, pois o hidrogênio se liga à base sem os elétrons que ele compartilhava com o ácido, formando a ligação com os pares

Quadro 4: Categorias identificadas para o experimento realizado

| Baseado nas cores dos sistemas finais, há semelhanças entre quais materiais? E as diferenças? | | |
|---|---|---|
| **Categorias** | **Subcategorias** | **Grupos*** |
| Perceberam a diferença de cores entre os materiais que contêm ácido ou base | Veja®, leite de magnésia e água sanitária | G1A e G1B |
| | Vinagre, suco de limão e Coca Cola® | |
| Consideram a Coca Cola® neutra | Não ocorreu mudança de cor | G1A, G2A, G3A |
| Não perceberam a diferença de cores entre os materiais que contêm ácido ou base | Colocaram materiais contendo ácidos ou bases no mesmo grupo | G2A, G3A, G2B e G3B |
| | Todos alteraram as cores | |

*A resposta de alguns estudantes se enquadra em diferentes categorias. As letras G, A e B indicam, respectivamente, grupo de estudantes, turma A e turma B.

de elétrons da base). Não se discutiu a definição de Brønsted-Lowry em termos de mecanismo. Analisou-se, apenas, a equação que representa a reação ácido-base, isto é, a espécie que continha o próton inicialmente (ácido) e a espécie para a qual o próton foi transferido (base), formando uma espécie carregada positivamente (ácido conjugado) e uma carregada negativamente (base conjugada). Assim, discutiu-se sobre a forma ionizada e não ionizada, explicando a diferença de cores dos indicadores nos meios ácido ou básico. Em seguida, pediu-se que os estudantes explicassem a mudança de cor dos sistemas, baseando-se na definição discutida. De acordo com as respostas dos estudantes foi possível estabelecer as categorias descritas no Quadro 5.

Percebeu-se uma evolução dos grupos de estudantes em relação ao entendimento sobre os indicadores. Eles reconheceram que a mudança de cor do sistema ocorre devido ao indicador, e não, simplesmente, pelo ácido ou a base que estão sendo investigados. Essa afirmação pode ser ilustrada pela transcrição a seguir: "*Pois os indicadores ácido-base são ácidos e bases muito fracas. O que realmente muda de cor é o indicador*" (G1A). É importante ressaltar que não se enfatizou a força de ácidos e bases, apenas discutiu-se que há diferenças entre os ácidos sobre a extensão com que o próton é transferido para uma base (se a transferência ocorre completamente, dizemos que é um ácido forte, caso contrário, será um ácido fraco).

Os grupos de estudantes em ambas as turmas reconheceram a natureza dos indicadores ácido e base, visto que explicaram as diferenças entre as cores pela predominância de uma cor na forma ionizada, que é diferente da cor na forma não ionizada, conforme ilustrado pela seguinte transcrição: "*Os indicadores são ácidos e bases fracas cuja cor da forma não-ionizada difere da forma ionizada*" (G3A).

Muitos estudantes explicaram a variação de cor do indicador baseando-se na transferência de $H^+$, conforme indicado a seguir: "*Porque ele entra* (sic) *na fase protonada transformando-se em* $H^+$" (G1B). Embora exista certa confusão nessa resposta, os estudantes explicaram a diferença das cores baseando-se na forma protonada ou desprotonada do indicador. Isso porque a mudança de cor ocorre devido à protonação de uma espécie.

Percebe-se que os estudantes utilizaram a definição de ácido e base para explicar as diferenças de cores dos indicadores em diferentes meios. Isso pode nos indicar a importância de se considerar o contexto em que o conceito foi desenvolvido e utilizá-lo de acordo com a necessidade daquela situação. Essa forma de abordagem para o conceito de ácido e base tem sido indicada em diversos estudos, dentre os quais cita-se Vos e Pilot (2001) e Paik (2015). O ensino das definições de ácido e base pautado na simples transmissão de informações de forma linear – Arrhenius, Brønsted-Lowry e Lewis –, sem uma atenção para o contexto que essas definições surgiram, faz com que os estudantes memorizem essas definições. Essa abordagem não favorece o entendimento sobre a aplicação dessas definições nos contextos que lhes cabem. Não se discutiu a definição de Arrhenius com os estudantes, pois, para o contexto de aulas propostas, a definição de Brønsted-Lowry era a mais adequada. A definição de Arrhenius pode ser discutida mais tarde com os estudantes, quando, por exemplo, se for abordar o estudo das pilhas, no que se refere às soluções eletrolíticas. Nesse momento, o professor pode trabalhar as ideias de Arrhenius enquanto definição de ácido e base, e comparar com a definição de Brønsted-Lowry. Dessa forma, os estudantes conheceriam as diferentes definições de ácido e base, selecionando a mais adequada para cada situação específica (Vos e Pilot 2001).

Em ambas as turmas recolheram-se as respostas dos grupos e uma discussão geral foi feita. Reforçou-se que as outras definições de ácido e base não foram discutidas, pois o objetivo era explicar quimicamente a ação dos indicadores, o que foi feito pela definição ácido e base de Brønsted-Lowry. Esse foi o momento de sistematização coletiva do conhecimento, no qual os estudantes escutaram as opiniões dos colegas de diferentes grupos, relembrando todas as etapas e (re)construindo o conhecimento, característica do ENCI apontada por Carvalho (2013).

*Compreendendo a Produção Textual dos Estudantes*

Na quinta aula, solicitou-se aos estudantes que produzissem, individualmente e sem consulta ao caderno, livros e outras anotações, um texto sobre a questão problema apresentada na segunda aula. De acordo com Carvalho (2013), esse momento de sistematização individual dos conceitos é fundamental para o processo de ensino e aprendizagem, pois permite que os estudantes escrevam sobre o que eles entenderam. Por meio da análise das produções textuais dos estudantes de ambas as turmas foi possível estabelecer as categorias listadas no Quadro 6.



Quadro 5: Categoria identificada na questão proposta na quarta aula

| **Baseado na teoria discutida com a sua professora, por que há variação de cor de um indicador quando o meio é acido ou básico?** | | |
|---|---|---|
| **Categorias** | **Subcategorias** | **Grupos*** |
| Os indicadores são os responsáveis pela mudança de cor | O indicador muda de cor | G1A, G2A, G3A, G1B, G2B e G3B |
| | A cor da forma ionizada é diferente da forma não ionizada | |
| | Protonação de uma das formas | |

* As letras G, A e B indicam, respectivamente, grupo de estudantes, turma A e turma B.

Quadro 6: Categorias identificadas para a produção textual dos estudantes

| **Escreva um texto, mínimo de 20 linhas, respondendo à questão inicial: "Rotineiramente, utilizamos em nossos lares materiais de limpeza, alimentícios, cosméticos, medicamentos etc. Em nossa casa organizamos esses materiais em locais apropriados, por exemplo: medicamentos com medicamentos, materiais de limpeza com materiais de limpeza, ambos longe do alcance de crianças e animais domésticos. E quimicamente, como podemos organizá-los?" Além disso, neste texto, você deve abordar os aspectos ambientais relacionados ao uso inadequado desses materiais, e explicar o impacto causado por alguns deles no ambiente.** | | |
|---|---|---|
| **Categorias** | **Subcategorias** | **Estudantes*** |
| Em alguns momentos mencionaram os conceitos discutidos ao longo da sequência didática | Ácidos e bases possuem propriedades diferentes | E2A, E4A, E5A, E7A, E8A, E16B, E18B, E22B, E23B, E24B, E25B, E28B, E29B, E30B, E32B e E33B |
| | As propriedades organolépticas não podem ser utilizadas para identificar a maioria dos materiais com os quais temos contato | |
| | A mudança de cor do meio ocorre em função da ionização do indicador, pois o mesmo pode ser um ácido ou uma base fraca | |
| | De acordo com Brønsted-Lowry, a definição de ácido e base está relacionada com a transferência do próton, portanto, só há um ácido se houver uma base | |
| Em alguns momentos mencionaram os conceitos discutidos ao longo da sequência didática, mas de forma inadequada | Os ácidos e bases são elementos | E5A, E10A, E11A, E13A, E15A, E16B, E23B, E26B, E27B, E28B e E30B |
| | O indicador se transforma em $H^+$ | |
| | O indicador pode alterar a cor dos elementos | |
| | Escreveram frases que não conseguimos entender | |
| Em alguns momentos descreveram as aulas da sequência didática | Não houve uma abordagem dos conceitos discutidos, apenas a descrição dos procedimentos realizados em cada aula | E3A, E4A, E6A, E8A, E11A, E12A, E20B, E21B e E22B |
| Mencionaram as consequências causadas pelas substâncias ácidas e básicas no ambiente | Destruição de monumentos e contaminação de ambientes pela chuva ácida | E4A, E5A, E6A, E8A, E12A, E14A, E15A, E17B, E19B, E22B, E23B, E25B, E30B, E32B e E33B |
| | Descarte inadequado de ácidos e bases, contaminando os rios e o solo | |

*A resposta de alguns estudantes se enquadra em diferentes categorias. A codificação dos estudantes para as discussões da produção textual e da atividade questionário inicial é a mesma. Isso explica o fato de alguns códigos não manterem a sequência, pois há estudantes que faltaram na aula que foi aplicado o questionário inicial, mas vieram na aula que foi aplicada a produção textual e vice-versa. As letras E, A e B indicam, respectivamente, estudante, turma A e turma B.



Muitos estudantes mencionaram, adequadamente, os conceitos discutidos durante as aulas como forma de resolver a questão proposta. Assim, consideramos que novas ideias foram elaboradas, tendo em vista as transcrições que apresentaremos a seguir. Os estudantes ressaltaram as diferenças entre ácidos e bases, no que se refere ao sabor, "*Por exemplo se considerarmos alimentos presentes em nosso dia-a-dia que são ácidos veremos que o gosto deles no geral é azedo, como ocorre no limão. Porém alimentos que são básicos possuem um gosto que "amarra" a boca como uma banana verde*" (E2A). Apesar desta diferenciação, os estudantes reconheceram que as propriedades organolépticas não são o método mais adequado para identificar os materiais que são usados no dia a dia: "*Identificar uma substância ... apenas pelo gosto, além de ser um método que pode falhar, é também muito perigoso* (sic) *pois existem muitos ácidos e bases que são fortes, tóxicos e podem até matar, como o ácido sulfúrico usado nas baterias dos automóveis e o hidróxido de sódio comercialmente usado como soda*" (E2A). Vale ressaltar, ainda, que o estudante associa a força do ácido com a sua toxicidade, embora este aspecto não tenha sido discutido na sequência didática. É importante esclarecer que essa relação não é adequada, pois ácidos fracos também podem ser extremamente tóxicos, como por exemplo, o ácido cianídrico. Reconhecendo que as propriedades organolépticas não são o método mais adequado para essa identificação, os estudantes ainda apontaram uma proposta: "*Descobrimos que a maneira mais adequada é indicar a substância por ácido-base* (sic)*, utilizando indicadores*". Cabe ressaltar que os estudantes não mencionaram que os materiais que eles utilizaram eram misturas, constituídas por ácidos ou bases. Alguns estudantes ainda consideraram os ácidos e bases como elementos: "*Alguns elementos como o $H_2SO_4$, $H_2CO_3$ e $HNO_3$...*" (E30B). Mesmo com as discussões sobre elemento, substância e mistura, alguns estudantes ainda continuaram com dificuldades para diferenciar esses conceitos. Estudos já descritos na literatura, como, por exemplo, o de Schnetzler (2002), indicaram que concepções "inadequadas" de estudantes sobre conceitos científicos importantes foram detectadas mesmo após a aprovação em cursos de

Ciências. Esses estudos associaram a persistência de ideias prévias dos estudantes ao fato dos professores de Ciências não as considerarem para discutir os conceitos científicos e valorizarem apenas as avaliações que solicitam a resposta correta, impedindo que os estudantes se manifestem sobre como realmente entendem os conceitos (Schnetzler, 2002).

No que se refere aos indicadores utilizados, os estudantes reconheceram a natureza e a função dos mesmos na sequência didática: "*Indicadores são ácidos ou bases fracas utilizadas para identificar outras bases e ácidos*" (E14A) e "*... quem sofre* (sic) *com a transformação de cor é o indicador ao entrar em contato com tais substâncias [ácidos e bases]. Se um ácido provocar a alteração de cor do indicador, a base fara* (sic) *o indicador voltar à cor original e assim por diante*" (E22B). Essa transcrição configura mais uma evolução das ideias dos estudantes, que acreditavam que a mudança de cor estava relacionada, simplesmente, ao meio, e não ao indicador. Ainda no que se refere aos indicadores, muitos estudantes generalizaram que, em meio básico, a cor predominante sempre será a cor azul ou verde e, que em meio ácido, a cor será vermelha ou rosa. Essa generalização não está correta, pois não existem relações entre as cores verde e azul para bases, e vermelha ou rosa para ácidos. Percebeu-se, ainda, que os estudantes utilizaram a definição de Brønsted-Lowry para explicar a diferença de cor dos indicadores nos meios ácido e básico. Uma observação marcante, a partir da análise da produção textual dos estudantes, foi a de que eles reconheceram que a definição de Brønsted-Lowry envolve a transferência do próton e só há um ácido se houver uma base e vice-versa. Isso pode ser exemplificado pela transcrição a seguir: "*De acordo com a teoria Bronsted-Lowry, o ácido doa $H^+$ e a base recebe $H^+$, um ácido só é acido se existir uma base e vice-versa*" (E4A). Uma estudante reforça a natureza conceitual da definição de Brønsted-Lowry, mencionando o termo reação: "*[…] ácidos são substâncias capazes de doar um próton em uma reação química, bases* (sic) *composto capazes de aceitar um próton numa reação*" (E7A). Embora a maioria dos estudantes tenha mencionado corretamente os conceitos discutidos, alguns ainda apresentaram dificuldades de entendimento dos conceitos e de escrever sobre esses conceitos: "*Nessa mudança de cor ocasiona porque ocorre a protonização* (sic) *do indicador transformando-se em $H^+$*" (E23B).

A maioria dos estudantes mencionou o impacto provocado no ambiente por ácidos e bases, mesmo apresentando alguns equívocos, conforme transcrito a seguir: "*O ácido sulfúrico, presente em baterias de carro, também presente em chuva ácida causam desnaturação* (sic) *das plantas e aumenta a acidez da água dos rios, fazendo* (sic) *inviável a sobrevivência de seres nesse meio*" (E4A). Embora os estudantes tenham considerado a desnaturação das plantas e não das proteínas, o que acarreta prejuízos para a plantas, eles citaram exemplos e explicaram que a presença do ácido aumenta a acidez da água. Os estudantes mencionaram, também, a destruição de monumentos pela chuva ácida: "*A chuva assida* (sic) *causa desidratação das plantas, almenta* (sic) *a acidez da água dos rios e provoca deterioração de monumentos históricos*" (E8A). É importante ressaltar que o conceito de pH não foi discutido na sequência didática. Apesar disso, de modo geral, os estudantes perceberam que a presença de ácidos e bases, resultante de atividades humanas, pode alterar e desequilibrar o ar, o solo e a água.

"*Primeiro tinha uma visão totalmente errado* (sic) *sobre o que era realmente ácidos e bases, mais* (sic) *depois dessa temporada de estudos que mim* (sic) *ajudaram muito além de saber ácidos e bases compreendi o que era realmente química, eu gostei muito disso*" (E11A). Os estudantes reconheceram que suas ideias precisavam ser (re)construídas e que a sequência didática foi relevante para essa (re)construção, permitindo um momento para reflexão, discussão e elaboração de novas ideias.

Muitas propostas de abordagem sobre ácidos e bases, principalmente em periódicos brasileiros, não delimitam os conceitos trabalhados em cada proposta, apresentando, basicamente, atividades experimentais. Além disso, são pouquíssimas as propostas que discutem os aspectos sociais, econômicos e tecnológicos envolvendo a influência que os ácidos e as bases exercem sobre esses aspectos (Nunes *et al.*, 2016). De modo geral, tentamos discutir uma definição ácido-base a partir de uma atividade experimental investigativa, valorizando a discussão não só do conceito em si, mas os aspectos sociais e ambientais envolvidos. Ao compararmos as análises realizadas, ao longo da sequência didática, percebemos uma evolução das respostas, muitas vezes fundamentadas nos conhecimentos científicos discutidos no contexto das atividades em grupos e individuais.

## Considerações Finais

Como o ENCI se caracteriza por uma postura mais ativa dos estudantes no processo de ensino e aprendizagem, fundamentamos nosso trabalho em ações voltadas para essa maior participação. Em algumas atividades, como a proposta de soluções para um problema e, principalmente, sugestão de experimentos, percebemos muitas dificuldades por parte dos estudantes. Isso pode indicar a ausência de propostas de atividades desse tipo para esses estudantes.

No que se refere à comparação entre as duas turmas de 2º ano, não percebemos diferenças significativas que mereceriam ser discutidas ao longo do trabalho. Reconhecemos as especificidades de cada turma, mas, durante a análise dos registros escritos, observamos que as ideias dos estudantes de ambas as turmas eram semelhantes, o que nos permitiu realizar uma análise e discussão conjuntas.

Ao compararmos as respostas, no percurso da sequência didática, observamos uma evolução e uma riqueza de detalhes que antes não era notada. Dessa forma, acreditamos que a sequência didática pode ter sido importante para isso. Não afirmamos que as aulas foram interessantes para todos os estudantes e que elas os induziram a se posicionarem corretamente sobre o tema abordado, mas podemos afirmar que as aulas ocorreram com mais debates, diálogos, reflexões

e participações dos estudantes do que as demais aulas a que eles estavam acostumados.

Em relação aos conceitos químicos abordados, nossas expectativas foram superadas, visto que os estudantes reconheceram os aspectos fundamentais do que pretendíamos discutir, tais como: há maneiras mais eficazes e seguras do que as propriedades organolépticas para a identificação dos materiais, no caso a caracterização química; a mudança de cor de um indicador está relacionada à sua forma no meio em questão; um ácido de Brønsted-Lowry doa o próton ($H^+$) apenas se houver uma base para aceitá-lo e vice versa; e há impacto gerado pela presença de ácidos e bases no solo, água e ar. Foi possível perceber que os estudantes compreenderam os principais aspectos abordados a respeito do conceito de ácido e base discutido, visto que o ensino desse conceito não foi apresentado em uma sequência linear das definições de ácido e base. Ou seja, não apresentamos as definições na ordem como elas são comumente discutidas – Arrhenius, Brønsted-Lowry e Lewis. A definição discutida foi selecionada mediante sua adequação para auxiliar a resolução do problema proposto. Dessa forma, os estudantes fizeram mais do que memorizar uma ou outra definição sem relacioná-la ao seu contexto de aplicação.

Se os resultados obtidos nessas turmas investigadas puderem ser generalizados, então o ENCI contribuiu de forma satisfatória para a discussão de conceitos científicos, que são comumente apresentados por meio de um ensino transmissivo e sem significado para os estudantes. Por meio da análise dos dados obtidos neste trabalho, podemos argumentar que a construção de conceitos científicos se dá de forma mais eficiente quando é feita por meio de um processo investigativo.

**Cleuzane Ramalho de Souza** (cleuzaners24@gmail.com), graduada em Química – Licenciatura pela Faculdade Cidade de João Pinheiro e especialista em Ensino de Ciências por Investigação pela Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), leciona na Escola Estadual Antônio Soares da Cruz. Guaraciama, MG – BR. **Fernando César Silva** (fcsquimico@yahoo.com.br), graduado em Química – Licenciatura pela Universidade de Itaúna, doutor em Química pela UFMG, é professor adjunto da Faculdade de Educação da UFMG. Belo Horizonte, MG – BR.

## Referências

BELL, B.; BRADLEY, J. D. e STEENBERG, E. Chemistry education through microscale experiments. In: GARCÍA-MARTÍNEZ, J. e SERRANO-TORREGROSA, E. (Eds.). *Chemistry education*: best practices, opportunities and trends. Weinheim: Wiley-VCH, 2015.

CAPECCHI, M. C. V. M. O ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.). *Ensino de ciências por investigação*: condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

CARVALHO, A. M. P. (Org.). *Calor e temperatura*: um ensino por investigação. São Paulo: Livraria da Física, 2014.

_____. O ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.). *Ensino de ciências por investigação*: condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

HOFSTEIN, A. Laboratory work, forms of. In: GUNSTONE, R. (Ed.). *Encyclopedia of science education*. Dordrecht: Springer, 2015.

_____.; KIPNIS, M. e ABRAHAMS, I. How to learn in and from science laboratories. In: EILKS, I. e HOFSTEIN, A. (Eds.). *Teaching chemistry:* a study book. Rotterdam: Sense, 2013.

LAMBA, R. S. Inquiry-based student-centered instruction. In: GARCÍA-MARTÍNEZ, J. e SERRANO-TORREGROSA, E. (Eds.). *Chemistry education*: best practices, opportunities and trends. Weinheim: Wiley-VCH, 2015.

MORAES, R. e GALIAZZI, M. C. *Análise textual discursiva*. Ijuí: Unijuí, 2016.

NUNES, A. O.; DANTAS, J. M.; OLIVEIRA, O. A. e HUSSEIN, F. R. G. S. Revisão no campo: o processo de ensino-aprendizagem dos conceitos ácido e base entre 1980 e 2014. *Química Nova na Escola*, v. 38, n. 2, p. 185-196, 2016.

PAIK, S.-H. Understanding the relationship among Arrhenius, Brønsted-Lowry, and Lewis theories. *Journal of Chemical Education*, v. 92, n. 9, p. 1484-1489, 2015.

SCHNETZLER, R. A pesquisa em ensino de química no Brasil: conquistas e perspectiva. *Química Nova*, v. 25, n. 1, p. 14-24, 2002.

SILVA, J. R. R. T. e AMARAL, E. M. R. Concepções sobre substância: relações entre contextos de origem e possíveis atribuições de sentidos. *Química Nova na Escola*, v. 38, n. 1, p. 70-78, 2016.

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

VOS, W. e PILOT, A. Acids and bases in layers: the stratal structure of an ancient topic. *Journal of Chemical Education*, v. 78, n. 4, p. 494-499, 2001.

**Abstract:** *An Inquiry-Based Sequence Related to the Discussion of Acid and Base Concepts.* Teaching based on the simple transmission of information, without an attention to how this information will be signified by the students, can explain the difficulty in learning the concepts of acid and base. Many critics have been made to this approach for acid and base definitions in textbooks. The aim of this paper is to investigate the concepts of acid and base held by students of two High School classes of a public school, after a didactic sequence with an investigative approach. Data collection instruments were based on students' records, and Discursive Textual Analysis was used to analize these records. Although students presented many difficulties in putting forward their ideas, they were successful in providing solutions to the problem raised and in proposing experiments; an evolution was noticed along the didactic sequence. Regarding the concepts discussed, students recognized that the color change of an indicator is related to its shape in the medium in question and that a Brønsted-Lowry acid donates the proton ($H^+$) only if there is a base for accepting it. The investigative approach allowed students to apply the concepts of acid and base in the context of the organization of materials, but also in the serious environmental problems caused by the inappropriate disposal of these materials.
**Keywords:** chemistry education, inquiry-based science education, laboratory work in high school

http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160132

# As Videoaulas em Foco: Que Contribuições Podem Oferecer para a Aprendizagem de Ligações Químicas de Estudantes da Educação Básica?

**Laila T. G. de Almeida, José D. Ayala e Ana L. de Quadros**

Este trabalho surgiu da percepção dos autores quanto à necessidade de materiais didáticos que possam ser usados como apoio aos estudantes em atividades extraclasse e que, além de criar situações de aprendizagem, sejam também atrativos. Assim, selecionamos para análise um conjunto de videoaulas sobre Ligações Químicas bastante acessadas pelo público. O objetivo foi investigar se essas videoaulas representam um material de apoio adequado a ser usado pelos estudantes do Ensino Médio. A análise dos vídeos mostrou limitações significativas no que se refere aos aspectos técnico-estéticos, à qualidade científica dos conteúdos desenvolvidos e à proposta pedagógica.

▶ ensino de química, videoaulas, ligações químicas ◀



Recebido em 31/03/2018, aceito em 15/06/2018

Em razão dos avanços tecnológicos ocorrem mudanças em diversos cenários e não seria diferente para a sala de aula. Aranha e Feferbaum (2015), ao refletirem sobre o ambiente escolar, reforçam que esse novo cenário exige a busca por metodologias inovadoras, por estratégias pedagógicas que possam engajar mais os estudantes e por ferramentas que possam estimular a aprendizagem.

Ao tratar da autonomia dos estudantes, Aranha e Feferbaum (2015, p. 15) afirmam que, "considerando que o discente administra sua agenda de estudos, é possível conferir a ele mais autonomia e ajudá-lo a desenvolver um maior senso de responsabilidade sobre seu próprio processo de aprendizagem". Para o ensino de Química, também é indicado promover a autonomia do estudante e, para isso, as tecnologias de comunicação e informação podem oferecer contribuições significativas, se devidamente exploradas.

Se na sala de aula essa autonomia é esperada, nos estudos extraclasse ela é indispensável. Dentre os diversos tipos de informações disponibilizados na *Internet* estão as videoaulas que, segundo Almeida *et al.* (2009), consistem em um conteúdo audiovisual que agrada a juventude por meio da comunicação verbal e gestual que geralmente difere da verticalização observada na rotina escolar. Nossa experiência com o Ensino Superior tem mostrado que os estudantes de graduação recorrem com frequência a recursos alternativos à sala de aula para o entendimento dos conteúdos desenvolvidos nas aulas – entre eles, às videoaulas disponibilizadas na *Internet*. Isso dirigiu nossa atenção para as videoaulas, já que estudantes da Educação Básica também podem vir a fazer uso desse recurso.

Nossa experiência com o Ensino Superior tem mostrado que os estudantes de graduação recorrem com frequência a recursos alternativos à sala de aula para o entendimento dos conteúdos desenvolvidos nas aulas – entre eles, às videoaulas disponibilizadas na *Internet*.

Desenvolvemos este trabalho com o objetivo de avaliar a qualidade das videoaulas e, com isso, analisar se as que tratam de Ligações Químicas poderiam ser indicadas aos estudantes da Educação Básica, como forma de estudo complementar. Para isso, usamos as aulas disponíveis no *YouTube*, por ser um *site* de amplo acesso por estudantes.

## Referencial Teórico

De acordo com o Guia de Livros Didáticos de Química do PNLD 2015 (Brasil, 2014), as obras selecionadas devem vir acompanhadas de livro digital, em função de demandas que têm emergido na atualidade. A respeito dessas obras digitais, se afirma que "pensar o ensino de Química na relação com a

tecnologia convida a inusitados e estimulantes desafios, que conduzem à produção de diferentes objetos educacionais digitais, na forma de vídeos, de simulações, de jogos, de infográficos, entre outros" (Brasil, 2014, p. 11). Nota-se, portanto, que o uso de recursos tecnológicos aliados ao ensino tem recebido atenção. As videoaulas são um exemplo de artefato tecnológico disponibilizado ao ensino. Porém, o uso do vídeo não garante, por si só, sucesso no processo de ensino e aprendizagem. É necessário que ocorra a incorporação das dimensões pedagógicas e didáticas.

Sobre os vídeos, Morán (1995), em um trabalho teórico, propõe uma classificação em: vídeo simples, vídeo como sensibilização, vídeo como ilustração, vídeo como simulação, vídeo como conteúdo de ensino, vídeo como produção, vídeo como avaliação e vídeo como integração/suporte de outras mídias.

Arroio e Giordan (2006, p. 11), ao tratarem de alguns aspectos da cultura e da linguagem audiovisual na sala de aula, afirmam que o vídeo "apresenta como vantagem a possibilidade de ser visto quantas vezes for necessário, congelando a imagem, avançando ou retrocedendo a fita para algum trecho específico de interesse do professor ou do aluno". Esses autores lembram, no entanto, que o uso excessivo de vídeos em sala de aula pode limitar a interação com os estudantes, e, no caso de um vídeo muito longo, tornar a aula cansativa.



Ferrés (1998) nos diz que um bom vídeo pode ser usado em sala de aula para introduzir um novo assunto, para despertar a curiosidade ou a motivação para novos temas. Com isso, esse autor acredita que o vídeo facilita o desejo de pesquisa nos estudantes, ao mesmo tempo em que aprofunda o assunto. Ferrés (1998) diz, ainda, que o vídeo pode ser usado para simular experiências que seriam perigosas em laboratório ou que exigiriam muito tempo para serem desenvolvidas. Em outros casos o vídeo pode acelerar um processo, como é o caso do crescimento de uma planta. Pereira *et al.* (2009), ao analisarem o conteúdo dos vídeos educativos sobre Transformações Químicas, apontam pontos positivos e negativos, afirmando que o vídeo não substitui o professor e que seu uso só tem sentido como parte de um amplo planejamento.

Investigamos, nas videoaulas, o conteúdo de "Ligações Químicas". Para fundamentar nossa pesquisa nesse assunto usamos o trabalho de Duarte (2001), que analisa com propriedade alguns aspectos específicos das Ligações Iônicas, Covalentes e Metálicas, dois livros didáticos de ensino superior (Greenwood e Earnshaw, 1998; Brown *et al.*, 2016) e uma publicação de Jenkins *et al.* (1991) presente no *site* da União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC). Com isso, foi possível analisar os vídeos em termos de coerência teórica.

Outra questão importante ao avaliarmos um conteúdo é a proposta de ensino e como os conceitos são inseridos e desenvolvidos. Dessa forma, procuramos identificar, na literatura, concepções alternativas comumente apresentadas por estudantes sobre as Ligações Químicas, a fim de nos certificarmos se as videoaulas analisadas contribuem ou não para reforçar possíveis erros conceituais ou ideias equivocadas.

Segundo Fernandez e Marcondes (2006), as principais dificuldades conceituais dos estudantes com relação ao conteúdo de Ligações Químicas são: confusão entre ligação iônica e covalente; entendimento dos compostos iônicos como entidades discretas sem retículo cristalino; ideia de que as ligações covalentes são fracas e que os elétrons, nesse tipo de ligação, são compartilhados igualmente; confusão entre ligação covalente e forças inter e intramoleculares; antropomorfismos; regra do octeto como justificativa para a formação das ligações; geometria e polaridade das moléculas; energia nas ligações e representação. Para as autoras, ter o conhecimento dessas concepções pode auxiliar o professor a se preparar previamente de modo a utilizar recursos para tentar evitá-las.

Nahum *et al.* (2010) também apontam alguns dos principais equívocos ao ensinar e aprender sobre as Ligações Químicas. Pontuam, por exemplo, a questão da eletronegatividade e a polaridade das ligações, afirmando que o conceito de eletronegatividade é inserido apenas no contexto da Ligação Covalente, e não no contexto geral das Ligações Químicas. Para o nosso trabalho, saber de antemão essas concepções, dificuldades e equívocos auxilia a analisar esses tópicos das videoaulas com maior atenção.

A respeito da utilização de vídeos do *site YouTube*, encontramos outros trabalhos que também têm como fonte para coleta de dados o conteúdo desse *site*. Fidelis e Gibin (2016) tratam da análise de videoaulas de Química disponíveis no *site YouTube* com a intenção de quantificar as ocorrências de contextualizações. Sobre as possibilidades de uso de um vídeo, esses autores afirmam que os vídeos se mostram como potenciais materiais de oposição ao modelo de ensino tradicional, já que dispõem de estratégias metodológicas mais atrativas, atividades práticas de ciências, bem como de diversas maneiras de contextualizar os conteúdos. Porém, ao abordarem aspectos gerais das videoaulas analisadas, esses autores alertam que as aulas acontecem na forma de *slides*, com um professor como narrador ou explicando o conteúdo e que "é observada uma tendência de aula expositiva, com apresentação de definições, exemplos e resolução de exercícios nas videoaulas" (Fidelis e Gibin, 2016, p. 719).

Sem dúvida, há grandes apostas para a utilização dos vídeos e das novas tecnologias, mas entendemos que isoladamente não solucionam os diversos problemas de aprendizagem decorrentes de longos anos de um modelo ultrapassado de ensino, conforme apontam Almeida *et al.* (2009).

Sem dúvida, há grandes apostas para a utilização dos vídeos e das novas tecnologias, mas entendemos que isoladamente não solucionam os diversos problemas de aprendizagem decorrentes de longos anos de um modelo ultrapassado de ensino, conforme apontam Almeida *et al.* (2009). Essas autoras afirmam que "na Sociedade da Informação as

exigências são maiores e o fator determinante para o sucesso é a inovação. O acesso fácil e rápido a fontes de informação cria um dilema para a humanidade, pois, por si só ele não representa conhecimento" (p. 154).

Acreditamos que as tecnologias podem contribuir com seu imenso potencial para os estudos extraclasse, porém é necessário que as informações contidas nesses vídeos possam ter significado para os estudantes, já que isso é fundamental para a aprendizagem.

Outros autores tratam do uso de vídeos do *site YouTube* como estratégia em sala de aula. Pereira e Eichler (2010) utilizam vídeos educativos com experimentos sobre Reações Químicas, como instrumento de apoio ao ensino em sala de aula. Eles justificam essa opção em função da precariedade de recursos de laboratório na escola.

Para este trabalho, as videoaulas, uma das modalidades de recurso audiovisual, serão analisadas considerando sua possível contribuição como material complementar às aulas do professor e, nesse caso, para serem usadas por estudantes da Educação Básica em estudos extraclasse.

## Metodologia

*O Olhar para as Videoaulas*

Arroio e Giordan (2006, p. 9), ao definirem videoaula, afirmam que "é uma modalidade de exposição de conteúdos de forma sistematizada". Neste trabalho estamos propondo o uso de videoaulas como atividade extraclasse, ou seja, como uma forma de o estudante complementar seus estudos realizados em sala de aula.

As videoaulas como recurso audiovisual podem, por exemplo, simular experimentos e proporcionar associações entre conceitos abstratos e imagens, utilizando diferentes modos para auxiliar a compreensão dos conteúdos pelos estudantes.

Como já dissemos, estamos avaliando a possibilidade do uso de videoaulas como um instrumento que pode ser indicado pelo professor como complementação da aula presencial. Uma vez que os vídeos analisados podem ser usados para aprender sobre Ligações Químicas, é essencial pensar na qualidade dessas videoaulas.

A proposta deste trabalho surgiu quando percebemos uma possível demanda de estudantes da Educação Básica que desejam realizar estudos extraclasse, por meio de videoaulas.

*População e Amostra*

Ao buscarmos por videoaulas de Ligações Química, com narração em português, na rede mundial de computadores, percebemos que existe uma variedade de plataformas que oferecem esses materiais. Em *sites* de universidades brasileiras, onde esperávamos encontrar conteúdos *online* de qualidade, notamos que o material oferecido, quando de acesso aberto, em sua maioria se destina ao público universitário ou a professores, oferecendo um conteúdo que não está direcionado para os estudantes do Ensino Médio.

Assim, escolhemos o *site YouTube*, por ser de livre acesso e por ter uma grande quantidade de material disponível. Escolhemos o conteúdo de Ligações Químicas por considerá-lo indispensável no entendimento da constituição dos materiais e, assim, imprescindível para o aprofundamento em outros conhecimentos químicos. Uma vez definido o conteúdo das videoaulas, nos baseamos na classificação de "relevância" usada pelo *site YouTube*.

A "relevância" que define a ordem com que os vídeos aparecem em uma busca no *site YouTube* é construída com base em vários fatores associados. O número de visualizações retrata o interesse que o público espectador demonstra em assistir determinado conteúdo. Porém, há uma divisão entre visualizações legítimas e ilegítimas. São consideradas visualizações legítimas aquelas em que o espectador, que deve ser uma pessoa real, espontaneamente opta por acessar o *link* do vídeo e assiste boa parte do conteúdo exibido. Já as visualizações ilegítimas são aquelas em que o espectador é levado a algum vídeo a partir de outro e permanece por pouco tempo. Também são consideradas ilegítimas aquelas visualizações que advêm de compra ou troca constante de visualizações, de *sites* com reprodução automática, de *layouts* com títulos enganosos ou redirecionamentos para vídeos sem relação com a busca do espectador ou mesmo quando o usuário aperta a tecla F5, que atualiza e recarrega a página, já que o *site* leva em consideração o IP do usuário. Assim, essas visualizações consideradas ilegítimas não são contabilizadas pelo *site YouTube*.

As videoaulas são ferramentas que podem ser utilizadas no ensino, visto que a informação chega ao espectador de maneira pedagogicamente organizada e a interação entre o aprendiz e a tela do computador se dá por meio da linguagem audiovisual.

Além das visualizações, outros aspectos são levados em consideração para resultar na ordem de aparecimento da listagem (relevância) que o *site* oferece, tais como: informações contidas no título, retenção da audiência (tempo de visualização × tempo total do vídeo), palavras-chave na descrição, *tags*, duração do vídeo, compartilhamento, quantidade de seguidores conseguidos após a visualização do vídeo, comentários, curtidas e descurtidas. Todos esses fatores resultam no parâmetro denominado pelo *site* como **relevância**.

Assim sendo, nossa busca, realizada em agosto de 2017, apresentou 16.400 vídeos envolvendo Ligações Químicas, ordenados por relevância. Optamos por desconsiderar os vídeos cuja visualização estivesse abaixo de 100 mil. Selecionamos as 15 primeiras videoaulas (relevância e visualização) e codificamos como V01 a V15, para facilitar a discussão dos dados.

*Análise das Videoaulas*

As videoaulas são ferramentas que podem ser utilizadas no ensino, visto que a informação chega ao espectador de maneira pedagogicamente organizada e a interação entre o

aprendiz e a tela do computador se dá por meio da linguagem audiovisual.

Oliveira *et al.* (2001) propõem critérios de avaliação de *softwares* educativos (SE), divididos nas seguintes categorias: Interação aluno-SE-professor, fundamentação pedagógica, conteúdo e programação, sendo que cada uma dessas categorias apresenta seus subcritérios.

Gomes (2008) trata da linguagem audiovisual e das características pedagógicas dos vídeos didáticos. Por meio de uma análise qualitativa, esse autor propõe cinco categorias e seus respectivos subcritérios para a análise de materiais audiovisuais educacionais. As categorias apresentadas por ele são: conteúdos, aspectos técnico-estéticos, proposta pedagógica, material de acompanhamento e público a que se destina.

Para este trabalho, nos baseamos em Oliveira *et al.* (2001) e em Gomes (2008) e definimos as seguintes categorias de análise: (a) Dados de autoria; (b) Qualidade do vídeo; (c) Qualidade científica dos conteúdos desenvolvidos; (d) Aspectos técnico-estéticos; e (e) Proposta Pedagógica.

Cada uma dessas categorias tem subcategorias que permitem um olhar mais específico sobre os dados. Para os dados de autoria, as subcategorias definidas foram a presença de informações de título, de autores, o tempo de duração, a data de postagem e a identificação das referências usadas. Para a qualidade do vídeo olhamos para a qualidade do som e da imagem, de forma a identificar a clareza de ambos. No que se refere ao conteúdo, o olhar se deu sobre a qualidade científica, ou seja, se o conteúdo está conceitualmente correto ou se pode levar a concepções alternativas e a clareza com que os conceitos e seus significados são apresentados ao público. Nos aspectos técnico-estéticos destacamos a qualidade da comunicação, representada pelo uso de modos semióticos variados (gestos, expressões), a riqueza visual advinda das interações entre imagem-imagem, imagem-palavra, imagem-música, imagem-efeitos sonoros, música-efeitos sonoros e a inclusão de elementos que poderiam destacar aspectos importantes do que estava sendo comunicado. Por fim, a proposta pedagógica inclui as subcategorias de contextualização, aplicação prática do conteúdo, interdisciplinaridade, sugestões de atividades, recapitulações e sínteses, exemplificações, esquemas, gráficos, relação entre os conceitos trabalhados com outros conceitos e a presença de diferentes formas de representação.



## Resultados

A análise foi feita aula a aula. Porém, para tornar o texto mais fluido, optamos por descrever os dados em função das categorias de análise. Iniciamos por apresentar as aulas selecionadas no *site* em questão, no Quadro 1, mantendo a ordem de relevância.

Dessa seleção fazem parte dois vídeos de música, que foram analisados junto aos demais, considerando as nossas categorias.

*a) Dados de Autoria*

Os vídeos analisados neste trabalho são, em sua maioria, produzidos por cursinhos preparatórios para vestibular e para o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), a exemplo dos vídeos V02, V05, V07, V08, V12 e V15. Além desses, o V01 e o V04, que trazem um professor como autor, também fazem parte de um conjunto maior de vídeos de um desses cursinhos. Os vídeos V06, V09 e V10 pertencem a um canal que produz vídeos diversos, tanto de conteúdos do Ensino Médio quanto de outros assuntos. Os vídeos V11 e V14 estão disponíveis em um canal específico de conteúdo, mas não fica claro se esse canal é ligado a cursinho pré-vestibular ou pré-ENEM. O V03 apresenta um professor e seus estudantes cantando uma música (*funk*) e o autor parece ter sido um desses estudantes, que filmou a aula. Já o V13 parece ser um trabalho produzido para a escola e o responsável pela publicação é um dos estudantes.

Esses vídeos possuem duração variável, sendo que o menor deles tem 03 min e 26 s (V13), que corresponde ao tempo da música, e o maior tem 50 min e 52 s (V14), durante o qual o professor ensina ligações iônicas e faz uma espécie de diálogo com os ouvintes, com o excessivo uso de pausas, como, por exemplo: "Vocês devem estar se perguntando (*pausa*), então eu vou explicar isso". No conjunto dos demais vídeos, sete deles têm duração entre 10 min e 20 min, e outros seis têm duração inferior a 10 min.

Observamos, ainda, que eles foram postados no *site YouTube* entre 2009 e 2015. Apenas o V13, que foi produzido por um grupo de estudantes, informa a data de produção, e se observa que foi produzido dois anos antes de ser postado no *site*. Destacamos que nenhum dos vídeos menciona as referências utilizadas para geração de seus conteúdos.

*b) Qualidade do Vídeo*

No geral, tanto a imagem quanto o som possuem qualidade suficiente para serem entendidos pelos "visualizadores". No entanto, alguns deles poderiam ter dedicado mais atenção a esses fatores. O V02 e o V07, por exemplo, apresentam, durante todo o vídeo, a lousa cheia de informações. Ao longo desses vídeos, os narradores discorrem sobre o conteúdo presente na lousa e nem sempre apontam ou destacam a parte do conteúdo da qual estão falando. Pareceu-nos que eles contam com a possibilidade de que todos saibam exatamente do que está sendo tratado.

Em um vídeo, em que há a possibilidade de edição ou de múltiplas gravações, não é aceitável que o narrador fique de costas para o público enquanto se comunica com esse público.

No caso do V01, notamos que o professor fica, em vários momentos, de costas para a câmera enquanto está falando. Em uma sala de aula não é esperado que isso aconteça, pois se a intenção é comunicar, ver a expressão do falante certamente contribui para a eficácia da comunicação. Em um vídeo, em que há a possibilidade de edição ou de múltiplas gravações, não é aceitável que o narrador fique de costas para o público enquanto se comunica com esse público. No V04, que tem

Quadro 1: Conjunto de videoaulas analisadas

| Código | Título | Nº de visualizações | *Link* | Conteúdo abordado |
|---|---|---|---|---|
| **V01** | 1. Ligações Químicas: A Ligação Iônica | 1.215.164 | https://www.youtube.com/watch?v=JJt2UEBSvlw&t=9s | Ligação Iônica |
| **V02** | Química - Ligações Químicas | 1.044.024 | https://www.youtube.com/watch?v=DJCEuoBQV_M | Ligações Iônica e Covalente |
| **V03** | Funk das ligações | 876.924 | https://www.youtube.com/watch?v=unW6WUWJgdA&t=213s | Ligações Iônica, Covalente e Metálica |
| **V04** | 2. Ligações Químicas: A Ligação Covalente | 824.663 | https://www.youtube.com/watch?v=3jYy4XhtpxU | Ligação Covalente |
| **V05** | Química - Aula 05- Ligações químicas | 710.475 | https://www.youtube.com/watch?v=qaitmlBzi98&t=89s | Ligações Iônica, Covalente e Metálica |
| **V06** | Química - Ligações Químicas - Parte 1-2 | 475.951 | https://www.youtube.com/watch?v=rRqbXuCB2BU | Ligações Iônica e Covalente |
| **V07** | Química - Ligações Químicas - Ligação Iônica | 417.753 | https://www.youtube.com/watch?v=mB2LLpHrQK8&t=14s | Ligação Iônica |
| **V08** | Eletronegatividade, Teoria do Octeto e Ligações Iônicas | 269.824 | https://www.youtube.com/watch?v=5BRKA38-ZFw | Ligação Iônica |
| **V09** | Química: Ligações Covalentes Polares e Apolares | 242.791 | https://www.youtube.com/watch?v=nxzd8FhjdS0 | Ligação Covalente |
| **V10** | Química - Ligações Químicas - Parte 2-2 | 226.056 | https://www.youtube.com/watch?v=w5W7uiLp9F4 | Ligações Covalente e Metálica |
| **V11** | Ligações Químicas: Iônica e Covalente | 192.926 | https://www.youtube.com/watch?v=gT0yhCkA0AU&t=376s | Ligações Iônica e Covalente |
| **V12** | Química - Polaridade das ligações e das moléculas | 192.917 | https://www.youtube.com/watch?v=onFI5lPf7-Y | Ligação Covalente |
| **V13** | Ligações Químicas - Música | 160.257 | https://www.youtube.com/watch?v=Ifcs4tCQPdQ | Ligações Iônica e Covalente |
| **V14** | LIGAÇÕES IÔNICAS | 132.363 | https://www.youtube.com/watch?v=h24RYu_yQSc | Ligação Iônica |
| **V15** | Ligações Químicas - Ligação Covalente | 118.181 | https://www.youtube.com/watch?v=Uf4SaWjG3qc | Ligação Covalente |

o mesmo narrador, isso também acontece, embora não seja de forma tão contínua.

O V06 e o V10 apresentam a imagem em baixa resolução, o que não se justifica, já que a plataforma digital na qual os vídeos foram postados aceita vídeos de alta qualidade. Chamou a nossa atenção também o fato de alguns narradores pronunciarem, no vídeo, algumas palavras incompletas, como se esperassem que os ouvintes a completassem. No V05, por exemplo, o professor pronuncia "eletro.....negativo", enfatizando a sílaba "tro", como se convidasse os supostos ouvintes a completarem com ele a palavra.

Destacamos, ainda, o uso da voz em algumas dessas aulas. Sabemos que o professor é um comunicador e a voz é o principal veículo dessa comunicação. Por ser uma ferramenta essencial à profissão, o uso adequado está diretamente atrelado ao bom desempenho do professor em sala de aula ou à sua capacidade de se fazer entender verbalmente. A empatia com o estudante também depende dos recursos de comunicação que o professor usa.

Em função de barulhos externos, de momentos de mais "agitação" dos estudantes ou até mesmo de um excesso de conteúdos a ser ensinado em um curto espaço de tempo, a voz do professor pode ser indevidamente explorada, o que tem ocasionado inúmeros alertas sobre a saúde da voz. No caso desses vídeos, não há estudantes e nem barulhos externos, o que não representa desafios no uso da voz. Porém, em alguns deles, a voz é extremamente constante (ver V05), sem alteração significativa da *loudness*[1] (intensidade), da velocidade de fala ou do *pitch*[2] (frequência). Certamente essa constância não contribui para manter a atenção do ouvinte.

*c) Qualidade Científica dos Conteúdos Desenvolvidos*

Acreditamos que nesse quesito se encontram os maiores problemas presentes nas videoaulas analisadas. Em nenhuma

das 15 videoaulas analisadas podemos garantir a qualidade científica em 100% dos conceitos desenvolvidos. Trazemos alguns exemplos que mostram deficiências conceituais e que podem dar ao leitor uma ideia sobre essa qualidade.

Por se tratar de Ligações Químicas, é natural a menção à Tabela Periódica e aos elementos químicos. Em relação às famílias, denominação dada às 18 colunas em que os elementos químicos estão distribuídos, desde 1988 a IUPAC recomenda que essas colunas recebam denominação simples de 1 a 18 (Fluck, 1988). Dentre os vídeos analisados, quatro deles ainda fazem referência às famílias A e B.

Ainda em relação a essa Tabela, os gases nobres são usados como modelo para justificar as ligações químicas dos demais elementos químicos. Isso acontece pelo fato de os gases nobres serem considerados muito estáveis e, por isso, dificilmente se ligariam a outros elementos. Segundo Greenwood e Earnshaw (1998), Linus Pauling sugeriu, em 1933, a preparação de compostos com Kr e Xe, ou seja, com dois gases nobres. Apenas em 1962 compostos de gases nobres foram produzidos, como é o caso do $XePtF_6$. Após essa síntese, outros compostos foram preparados (por exemplo $XeF_4$ e $XeF_2$), dando início à química dos gases nobres (Greenwood e Earnshaw, 1998, p. 892-904). Desde então, diversos compostos de gases nobres (especialmente o xenônio) foram sintetizados, sendo que a maioria não segue a regra do octeto. Atualmente já existem compostos de xenônio, criptônio, radônio e, mais recentemente, de argônio, sendo que até mesmo alguns compostos muito instáveis de He e Ne já foram sintetizados.

Ao explicarem a distribuição eletrônica, praticamente todos os vídeos continuam falando em camadas de elétrons, quando deveriam considerar os níveis de energia, como orienta a IUPAC há mais de duas décadas (Jenkins *et al.*, 1991).

Em alguns dos vídeos que mencionam os gases nobres, há afirmações categóricas de que eles não interagem. Apenas em uma das videoaulas analisadas (V07) foi informado que os gases nobres dificilmente interagem. Porém, mesmo nessa há problemas, conforme pode ser percebido na transcrição da fala do narrador:

> *Eu falei um pouquinho sobre os gases nobres, lá na aula de Tabela Periódica. Falei pra vocês que os gases nobres, também chamados de gases inertes, são pouco ou nada reativos. Pois é, eles não são reativos, não reagem nem com eles e nem com qualquer outro elemento químico da Tabela Periódica.*

É possível perceber que mesmo citando a possibilidade de ligação de gases nobres, o narrador se contradiz em seguida, ao afirmar que "não reagem nem com eles e nem com qualquer outro elemento químico".

Ao explicarem a distribuição eletrônica, praticamente todos os vídeos continuam falando em camadas de elétrons, quando deveriam considerar os níveis de energia, como orienta a IUPAC há mais de duas décadas (Jenkins *et al.*, 1991). Além disso, o uso do termo "dativa" aparece nos vídeos V11, V13 e V15, o que evidencia um baixo grau de atualização em relação ao que é regulamentado pela IUPAC.

Um erro recorrente entre os estudantes refere-se a considerar a carga do íon e o número de oxidação como similares. É possível que os vídeos V02, V06 e V14 estejam reforçando essa "confusão". Ao desenhar os átomos com suas respectivas cargas, ora deixam o sinal à frente do número, ora deixam o número à frente do sinal, o que pode ser de difícil compreensão para os estudantes, já que, por convenção, usualmente o sinal antecedendo o número remete ao número de oxidação, e o sinal vindo após o número geralmente é associado à carga efetiva de um íon. O número de oxidação foi criado, segundo Brown *et al.* (2016), com a finalidade de manter o controle sobre os elétrons ganhos ou perdidos em um processo de oxidação/redução. Nos casos dos metais alcalinos e alcalinos terrosos, a carga efetiva dos íons e o número de oxidação são iguais. Porém, entre os não metais, isso nem sempre acontece. O oxigênio, por exemplo, tem o seu íon com carga 2– e o número de oxidação é, geralmente, –2. Ao formar um peróxido o número de oxidação do oxigênio passa para –1. O hidrogênio é outro exemplo típico: pode ter número de oxidação +1, quando ligado a um não metal, ou –1, quando ligado a um metal. Como se trata de informações diferentes, é indicado que a representação indique essa diferença, para não gerar "confusão".

Erros conceituais mais específicos aparecem em todos os vídeos. No V01 o narrador, ao se referir a $Na_2O$, fala "óxido de nitrogênio". Considerando esse erro como um descuido do narrador – e não como uma "transmutação" química – isso até poderia acontecer em uma aula, sem que o professor tomasse consciência desse "deslize". Mas, em um vídeo, que é produzido em um contexto completamente diferente da sala de aula e que poderia ser editado assim que o erro fosse percebido, não é admissível que isso se mantenha. No V02, a narradora menciona que os metais estão localizados apenas nas famílias 1A, 2A e 3A, ignorando os metais de transição localizados nas outras famílias da Tabela Periódica. No V04 há a menção a retículo cristalino quando é ensinada a Ligação Covalente, em um contexto que pode confundir o ouvinte. O V05, ao se referir à Ligação Metálica, afirma por várias vezes que os elétrons "livres" dos metais explicam as propriedades dos materiais metálicos. Segundo Duarte (2001), o modelo de explicação por meio de "elétrons livres" foi refutado, por não levar em conta as interações elétron-elétron e o potencial eletrostático. Além disso, nesse vídeo, as Ligações Iônicas são resumidas como a junção entre metais alcalinos e metais alcalinos terrosos com halogênios e calcogênios. Com isso, metais importantes presentes no dia a dia dos estudantes não são considerados, como é o caso do cobre, do ferro e outros. As ligações covalentes são tratadas em duas subclasses: polares e apolares.

Com exceção do V09, que cita a diferença de eletronegatividade como definidora do tipo de ligação, em nenhum

outro vídeo as ligações iônicas e covalentes são diferenciadas pela medida de eletronegatividade, ou seja, não é considerado o fato de que uma diferença menor de eletronegatividade vai gerar ligações covalentes polares enquanto uma diferença grande de eletronegatividade gera ligação iônica. Apropriamo-nos do exemplo dos compostos de flúor, usado por Brown *et al.* (2016), no Quadro 2.

Com esses exemplos, Brown *et al.* (2016) argumentam que a eletronegatividade define o tipo de ligação química.

No V09 a locutora comete dois "deslizes" graves: falou "neon" quando deveria ter falado neônio e, ao mencionar a fórmula da sacarose, ao ler "O", de oxigênio, a locutora lê "zero". No V12, o símbolo delta (Δ) é tratado como sendo sigma. O V13, além de diversos outros problemas, afirma que a ligação iônica vai formar íons.

Outro aspecto que acreditamos que carece de esclarecimento aos estudantes em geral refere-se às ligações iônicas. No exemplo do cloreto de sódio (NaCl), há a formação de uma rede cristalina na qual a carga sobre um íon não limita a quantidade de ligações que esse pode formar. Dessa forma, seria importante explicar que a intercalação de íons positivos e negativos permite que os íons fiquem próximos, de maneira que as atrações equilibrem as repulsões. Assim, no caso do cloreto de sódio, cada íon é rodeado por seis íons de carga oposta.

O vídeo V03 praticamente não foi explorado, por se tratar de uma paródia feita pelo professor que parece ter a única intenção de memorizar e absolutamente nenhuma intenção de entendimento. O V13 foi pouco explorado, por parecer ter sido produzido por estudantes, e por não ser possível saber se passou por alguma avaliação do professor, já que foi postado praticamente dois anos após a sua produção.

Se o leitor assistir aos vídeos mencionados, irá notar que outros erros conceituais estão presentes, além dos que destacamos. Além desses erros que descrevemos anteriormente, há outros problemas de representação e de apresentação de conteúdo que também podem levar à formação de concepções alternativas, além de possível confusão conceitual. Se os estudantes estão recorrendo a esses vídeos por não entenderem adequadamente os conceitos trabalhados em aula, certamente não encontrarão o amparo buscado.

Se os estudantes estão recorrendo a esses vídeos por não entenderem adequadamente os conceitos trabalhados em aula, certamente não encontrarão o amparo buscado.

*d) Aspectos Técnico-Estéticos*

Ferrés (1998) destaca o vídeo como um meio de comunicação e, também, de ensino. Essa comunicação com os "visualizadores", com a intenção de ensinar determinado conteúdo, permite classificá-los como vídeos didáticos.

Ao tratar dos aspectos técnico-estéticos, nosso primeiro olhar foi para os aspectos narrativos dos vídeos. Consideramos que a comunicação envolve o uso de gestos, já que as narrativas agregam componentes ligados a emoção. Os vídeos V01, V03, V04, V05, V07, V08, V10, V12 e V14 apresentam apenas gestos simples, produzidos mais como um hábito, sem que tenham valor semântico. Os vídeos V02 e V06 trazem gestos associados ao que o narrador está comunicando. Por exemplo, no V02 o narrador trata das famílias da Tabela Periódica enquanto a mão acompanha as linhas verticais e no V06 a narradora, ao falar da união dos átomos, aproxima uma mão da outra como se quisesse representar essa união. Vale destacar o uso de gestos para representar as ligações, que podem auxiliar na construção de concepções alternativas, como aconteceu no vídeo V13. Nesse vídeo, um "ator", representando um átomo, joga um suposto elétron, usando um taco de golfe, para o "ator" que representa o outro átomo, construindo a ideia de transferência. No entanto, esse gesto pode dar uma ideia de que o primeiro átomo "decidiu" transferir esse elétron. Os vídeos V09, V11 e V15 não mostram o locutor/narrador.

Por se tratar de aulas que fazem uso de tecnologia para chegar ao público, olhamos, também, para a riqueza visual dos vídeos, gerada pela variedade de recursos. Notamos que os vídeos V05, V06, V10 e V12 alternam entre uma tela em que é mostrado o narrador, momentos em que aparece uma tela de projeção e momentos em que os dois aparecem. O vídeo V09 usa uma projeção para comunicar o conteúdo, mas apesar de mostrar água e açúcar e dizer que ocorre dissolução sem que ocorra a dissociação, não mostra essa dissolução, ou seja, não faz nem mesmo uma simulação do que acontece. O V13, que é o vídeo produzido pelos estudantes talvez seja o que mais traz variedade tecnológica como parte da comunicação do conteúdo, como simulação, encenação, cores e sons que acompanham a encenação, o que o torna divertido. Porém, como já tratado no item anterior, o V13 está carregado de situações que poderiam levar a concepções alternativas. Os vídeos V01, V02, V03, V04, V07, V08, V11, V14 e V15 não usam qualquer recurso tecnológico ao desenvolver o conteúdo, ficando a aula restrita ao uso da lousa.

Em relação às interações entre imagem-imagem, imagem-palavra, imagem-música, imagem-efeitos sonoros, música-efeitos sonoros, interações de reforço, de comparação e

Quadro 2: Exemplos de relação entre eletronegatividade e ligação química

| | $F_2$ | HF | LiF |
|---|---|---|---|
| Diferença de eletronegatividade | 4,0 – 4,0 = 0 | 4,0 – 2,1 = 1,9 | 4,0 – 1,0 = 3,0 |
| Tipo de ligação | Covalente apolar | Covalente polar | Iônica |

Fonte: Brown *et al.*, 2016, p. 327.

de antítese, novamente notamos pouca atenção para isso. Os vídeos V01, V02, V04, V05, V06, V07, V08, V10, V11, V12, V14 e V15 não apresentam essas interações ao comunicar o conteúdo. Vale ressaltar que os vídeos V01, V02, V04, V05 V06, V07, V09 e V12 apresentam uma pequena vinheta no início e ao final do vídeo, sendo ela geralmente propaganda do cursinho ou do canal responsável pelo vídeo. O vídeo V03 traz a música (*funk*) contendo conteúdo que, apesar da limitação científica, faz interação música-imagem. O V13, dos estudantes, faz diversas interações entre imagem-música, imagem-palavra e algumas de imagem-efeitos sonoros. No V09 aparecem interações imagem-palavra, quando uma molécula animada vai sendo formada e uma nuvem eletrônica é mostrada para dar ideia da polaridade. Nesse vídeo há, também, a comparação entre a eletronegatividade de diferentes moléculas.

No que se refere aos elementos que poderiam ter sido incluídos para destacar partes de conteúdo ou conceitos importantes, algumas observações também podem ser feitas. Nos vídeos V01, V02, V06, V07, V11 e V15 foi usada a variação na cor do giz, ao escreverem na lousa. O V02 usa letras em tamanho aumentado para destacar certos conceitos. O V08 coloca frases ou palavras importantes dentro de quadros. O V09 faz o esmaecimento para destacar átomos e o V12, por sua vez, destaca a nuvem eletrônica na imagem projetada. Os vídeos V03, V04, V05, V13 e V14 praticamente não usam elementos de destaque.



*e) Proposta Pedagógica*

Em relação à proposta pedagógica, nosso olhar se dirigiu para alguns itens que consideramos importantes para que determinado conteúdo possa ter significado para o aprendiz.

Notamos que os vídeos V07, V09 e V12 falam de algum tipo de aplicação prática do conteúdo, embora com exemplos muito clássicos, como é o caso do NaCl, quando um dos locutores afirma "Esse cara aí é o sal de cozinha. O sal de cozinha é, portanto, um composto iônico". Vale ressaltar que o NaCl é o principal constituinte do sal de cozinha, chegando a representar 99% desse sal. Os demais vídeos não apresentam aplicação do conteúdo.

A contextualização também não recebeu qualquer tipo de atenção de quem produziu os vídeos. O V09, em seu início, mostra os três tipos principais de ligações e traz uma imagem de um material formado por cada um dos tipos (uma corrente para a ligação metálica, o sal de cozinha para a ligação iônica e o açúcar para a ligação covalente). Porém, mesmo mostrando esses materiais, a escolha nos pareceu mais próxima de uma simples exemplificação. O que foi possível perceber em muitos vídeos foi a exemplificação científica, que se resume em apresentar moléculas formadas por um ou outro tipo de ligação.

Em termos de interdisciplinaridade, observamos que o V09 e o V12 usam vetores, geralmente mais explorados na Física, para explicar a polaridade. O V09 explica o fato de a molécula de $CCl_4$ ser apolar, embora as ligações entre o carbono e o cloro sejam polares e o V12 faz uso dos vetores para outras moléculas.

Consideramos que apenas o V14 faz sugestões de atividades, mas elas se resumem a assistir a outras videoaulas desse mesmo canal. Sobre recapitulações e síntese, observamos que elas estão presentes nos vídeos V05, V06, V07, V09 e V14. Nos demais, apenas o conteúdo é desenvolvido, sem uma atenção para a maneira como é feito o fechamento do tema.

Não conseguimos identificar o uso de esquemas e gráficos. Alguns vídeos, como aconteceu no V09 (resumiu ou sintetizou os três tipos de ligações), fazem uma tabela com itens de conteúdo. Esquemas e gráficos, no entanto, não são usados.

Fazer relações entre diferentes conceitos, ao comunicar o conteúdo, é indicado para que o estudante perceba essas relações e os conceitos sejam percebidos como partes de um todo. O V08 e o V14, por exemplo, relacionam as interações entre as moléculas com a polaridade, a geometria molecular e a eletronegatividade, apesar de não o fazer em outros momentos da aula. O V09 relaciona a eletronegatividade com a escala de eletronegatividade de Linus Pauling e com o conceito de "eletrólitos". O V12 faz relação entre os conceitos de polaridade, eletronegatividade, propriedades da tabela periódica e momentos de dipolo e vetores, embora também trate, em outros momentos, de cada conceito separadamente, sem estabelecer as relações. Nos demais vídeos não conseguimos destacar momentos em que essa relação esteja explicitada.

Sobre as formas de representação para uma ligação química, observamos que os vídeos V01, V02, V04, V05, V09, V10, V12 e V15 usam mais de uma forma, geralmente com bolinhas (fórmulas de Lewis) e com traços. O V12 apresenta uma projeção com um modelo tridimensional. Para os demais, ou apenas uma forma de representação está presente ou não há atenção para o uso de diferentes representações.

Além de ensinar sobre as Ligações Químicas, os vídeos V01, V03, V04, V05, V07, V08, V09, V12, V13 e V14 apresentam as propriedades dos compostos gerados a partir dessas ligações, enquanto os demais não o fazem.

Notamos ainda um excesso de antropomorfismo, presente, por exemplo, nos vídeos V06 e V08 que, ao fazerem referência a como os átomos se ligam, citam termos como "se olham", "gostam", "querem" e até mesmo imagens com átomos descontentes quando isolados e contentes quando unidos, como pode ser percebido na Figura 1.

Atribuir características humanas, como sentimentos ou emoções, a entidades químicas tem sido criticado na literatura especializada, como já ressaltado por Fernandez e Marcondes (2006) e nos eventos que discutem o ensino de Ciências. Além disso, alguns vídeos enfatizam a memorização em detrimento do entendimento, como foi feito no vídeo V06, no qual se diz que "a carga do cátion escorrega no índice do ânion".

De maneira geral, podemos afirmar que os vídeos de aulas podem ser classificados como de transmissão de informações, sem uma atenção para como essas informações ganham significado para quem assiste aos vídeos. Portanto, apesar de usar recursos tecnológicos modernos, as aulas poderiam ser classificadas como muito tradicionais.

Figura 1: Antropomorfismo atribuído aos átomos. Fonte: captura da imagem do vídeo.

## O Que a Análise dos Vídeos nos Permite Afirmar?

A intenção inicial, ao analisar vídeos disponíveis no *YouTube* que tratassem de Ligações Químicas, foi investigar se eles representavam uma boa fonte de complementação dos estudos de sala de aula, ou seja, se os estudantes da Educação Básica teriam disponível materiais de qualidade para estudos extraclasse. Para viabilizar essa análise, selecionamos 15 vídeos de maior relevância e que tivessem mais de 100 mil visualizações.

Baseados na análise que fizemos desses vídeos, podemos afirmar que eles possuem limitações significativas em termos de aspectos técnico-estéticos, de conteúdo e de proposta pedagógica. Embora tenhamos presente a intenção de seus autores em colaborar com os estudantes, permitindo que tenham acesso a outras fontes de informação, além das aulas, a maneira como o fazem contrariam as tendências contemporâneas de ensino, amplamente discutidas em eventos e publicações do campo de ensino de Ciências.

Embora tenhamos presente a intenção de seus autores em colaborar com os estudantes, permitindo que tenham acesso a outras fontes de informação, além das aulas, a maneira como o fazem contrariam as tendências contemporâneas de ensino, amplamente discutidas em eventos e publicações do campo de ensino de Ciências.

Um meio tecnológico de amplo acesso é usado nessas aulas, sem que os recursos tecnológicos sejam explorados. Parte dessas aulas assumem um caráter de transmissão de informações, sem atenção para como elas são significadas pelos "receptores" dessas informações. Poderíamos até dizer que algumas delas são tão tradicionais quanto uma aula tradicional presencial. Os erros conceituais e a pouca atualização do conteúdo observados nesses vídeos nos mostra a fragilidade desse ensino, já que esses erros devem estar presentes também nas aulas presenciais de muitos cursinhos pré-vestibulares ou pré-ENEM e em aulas de Ensino Médio, além de, provavelmente, não serem problematizados durante a formação inicial de professores. Em relação à proposta pedagógica, pareceu-nos serem materiais metodologicamente limitados e voltados para a memorização em detrimento do entendimento.

Para fornecer ao leitor uma ideia de vídeo que explora os aspectos técnico-estéticos, indicamos aqueles resultantes de um concurso promovido pelo Centro de Comunicação da Ciência (*Center for Communicating Science*) da Universidade de Stony Brook, desde 2012. O vídeo "*What is a flame?*",[3] vencedor da primeira edição do concurso, foi produzido por um estudante de pós-graduação e explora as potencialidades do recurso tecnológico, mesclando animações, figuras do cotidiano, cores vibrantes, detalhes, efeitos sonoros e entonações variadas. Ele está disponível no *site YouTube*, e merece ser mais explorado nas escolas. Ele é um exemplo claro da contribuição que um centro de Ciência ofereceu para as instituições da Educação Básica. No caso do Brasil, as instituições de ensino superior, que formam professores para a Educação Básica, poderiam oferecer as condições adequadas para que esse tipo de produção pudesse acontecer. Afinal, formar professores também pode envolver a produção de material didático na forma de vídeo.



## Notas

[1]*Loudness* é a sensação psicofísica relacionada à intensidade, ou seja, ao se considerar um som, julga-se que ele seja mais forte ou mais fraco (Behlau, 2005).

[2]*Pitch* é a sensação psicofísica relacionada à frequência fundamental de um som, ou seja, refere-se à altura, se o som é considerado mais grave ou mais agudo (Behlau, 2005).

[3]*"What is a flame?"* é um vídeo com duração de 07 min e 30 seg, e está disponível no *site YouTube*, no *link* https://www.youtube.com/watch?v=5ymAXKXhvHI&t=6s, publicado em 26 de abril de 2012, por Benjamin J. Ames, coordenador do *Center for Communicating Science*.

**Laila Thayanne Gomes de Almeida** (lailatgalmeida@hotmail.com) é graduada em Licenciatura em Química pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Belo Horizonte, MG – BR. **José Danilo Ayala** (ayala@qui.ufmg.br) é professor associado do Departamento de Química/ICEx da UFMG. Belo Horizonte, MG – BR. **Ana Luiza de Quadros** (aquadros@qui.ufmg.br), doutora em Educação pela UFMG, mestre em Educação nas Ciências e licenciada em Química pela UNIJUÍ, é professora adjunta do Departamento de Química/ICEx da UFMG. Belo Horizonte, MG – BR.

## Referências


ALMEIDA, D. S.; AZEVEDO, E. B. V.; CARVALHO, L. A. e NOGUEIRA, L. A. O vídeo na construção de uma educação do olhar. *Perspectivas Online*, v. 3, n. 9, p. 153-174, 2009.

ARANHA, F. e FEFERBAUM, M. Editorial. *Ei! Ensino Inovativo,* v. 1, n. 1 especial, 2015. Disponível em http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/ei/issue/view/3058, acessado em Novembro 2018.

ARROIO, A. e GIORDAN, M. O vídeo educativo: aspectos da organização do ensino. *Química Nova na Escola*, n. 24, p. 8-11, 2006.

BEHLAU, M. *Voz: o livro do especialista*. Rio de Janeiro, Revinter, 2005, vol. 2.

BRASIL. Ministério da Educação (MEC). Secretaria de Educação Básica (SEB). *Guia de livros didáticos PNLD 2015.* Ensino médio: química. Brasília: MEC/SEB, 2014.

BROWN, T. L.; LEMAY JR., H. E.; BURSTEIN, B. E.; MURPHY, C. J.; WOODWARD, P. M. e STOLTZFUS, M. W. *Química:* a ciência central. 13ª ed. (Trad. E. Lopes; T. Jonas e S. M. Yamamoto). São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2016.

DUARTE, H. A. Ligações químicas: ligação iônica, covalente e metálica. *Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola,* n. 4, p. 14-23, 2001.

FERNANDEZ, C. e MARCONDES, M. E. R. Concepções dos estudantes sobre ligação química. *Química Nova na Escola*, n. 24, p. 20-24, 2006.

FERRÉS, J. Pedagogia dos meios audiovisuais e pedagogia com os meios audiovisuais. In: SANCHO, J. M. (Org.). *Para uma tecnologia educacional*. Trad. B. A. Neves. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.

FIDELIS, J. P. S. e GIBIN, G. B. Contextualização como estratégia didática em vídeo-aulas de química. *Revista Virtual de Química*, v. 8, n. 3, p. 716-722, 2016.

FLUCK, E. New notation in the periodic table. *Pure and Applied Chemistry*, v. 60, n. 3, p. 431-436, 1988.

GOMES, L. F. Vídeos didáticos: uma proposta de critérios para análise. *Travessias*, ed. 4. Educação, cultura, linguagem e arte, v. 2, n. 3, 2008.

GREENWOOD, N. N e EARNSHAW, A. *Chemistry of the elements*. 2ª ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 1998.

JENKINS, R.; MANNE, R.; ROBIN, R. e SENEMAUD, C. Nomenclature, system for X-ray spectroscopy. (Nomenclature, symbols, units and their usage in spectrochemical analysis – VIII. Recommendations 1991). *Pure and Applied Chemistry*, v. 63, n. 5, p. 735-746, 1991.

MORÁN, J. M. O vídeo na sala de aula. *Comunicação e Educação*, v. 2, p. 27-35, 1995.

NAHUM, T. L.; MAMLOK-NAAMAN, R.; HOFSTEIN, A. e TABER, K. S. Teaching and learning the concept of chemical bonding. *Studies in Science Education*, v. 46, n. 2, p. 179-207, 2010.

OLIVEIRA, C. C.; COSTA, J. W. e MOREIRA, M. *Ambientes informatizados de aprendizagem*: produção e avaliação de software educativo. Campinas: Papirus, 2001.

PEREIRA, E. C. e EICHLER, M. L. A utilização do *YouTube* no ensino de reações químicas. In: *Anais do XV Encontro Nacional de Ensino de Química*. Brasília, DF, 2010.

PEREIRA, L. T.; SOUZA, A. R. e ZULIANE, S. A. Q. *O uso do YouTube como ferramenta no ensino da química*: análise de vídeo. Monografia de Conclusão de Curso. UNESP, Bauru, 2009.


## Para Saber Mais

Ajuda do *YouTube*. *Como é feita a contagem de visualizações de vídeos*. Disponível em https://support.google.com/youtube/answer/2991785?hl=pt-BR, acessado em Novembro 2018.

Marketing de Conteúdo. *TUDO o que você precisa saber sobre SEO para YouTube e um pouco mais!* Disponível em https://marketingdeconteudo.com/seo-para-youtube/, acessado em Novembro 2018.

Gerenciamento de *YouTube*. *Como funcionam as visualizações no YouTube?* Disponível em http://gerenciamentodeyoutube.com.br/site/como-funcionam-as-visualizacoes-no-youtube/, acessado em Novembro 2018.


**Abstract:** *Video Classes in Focus: What Contributions Can they Offer to the Learning of Chemical Bonds by Elementary Education Students?* This study resulted from the authors' perception of the need for teaching materials that can be used to support students' learning in extra-class activities offering learning situations that are also interesting. Thus, we selected for analysis a set of video classes on chemical bonds available on the Internet, which have had a great number of accesses by the public. The objective was to investigate if the video classes are adequate learning support material for elementary education students. The analysis of the video classes revealed significant limitations concerning technical and aesthetical aspects, scientific quality of the contents presented and pedagogic proposal.


**Keywords:** chemistry teaching, video classes, chemical bonds

 http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160131

# Extração de Óleos Essenciais por Arraste a Vapor: Um Kit Experimental para o Ensino de Química

**João A. Valentim e Elane C. Soares**

A extração de óleos essenciais por arraste a vapor realizada no ensino médio por meio de diferentes propostas experimentais vem possibilitando diversas formas de ensinar Química através da experimentação. Neste artigo, apresentamos um kit experimental, elaborado no âmbito da pesquisa desenvolvida em um mestrado profissional, com a finalidade de contribuir para a prática docente de professores interessados em ensinar um ou mais tópicos específicos de Química a partir dessa temática. Esse kit demostrou ser um bom recurso didático no auxílio à prática de ensino experimental, de modo que, nas aulas, foi possível demostrar fenômenos que envolvem a obtenção de óleos essenciais das folhas de plantas aromáticas a partir da destilação direta com vapor de água. Os materiais alternativos utilizados para produzir o kit são de baixo custo e, uma vez adquiridos, constituem-se em recurso didático permanente do professor, que pode ser incluso a qualquer momento nos planejamentos das aulas, favorecendo o ensino de Química a partir da experimentação, enquanto articula teoria e prática.

▶ extração de óleos essenciais, experimentação, ensino de química ◀

Recebido em 05/04/2018, aceito em 04/06/2018



Os conhecimentos relacionados à extração de óleos essenciais de plantas aromáticas envolvem pesquisa em tecnologias para o aprimoramento de processos convencionais de extração, como a extração por solvente orgânico, hidrodestilação e também o desenvolvimento de técnicas tecnologicamente mais sofisticadas, como a de extração com fluído supercrítico (Costa *et al.*, 2006).

Grande parte dos óleos essenciais é obtido via hidrodestilação, sendo a extração realizada geralmente por: destilação com água, em que o material vegetal é imerso em água líquida; destilação com água e vapor, na qual o material vegetal é colocado acima do nível da água líquida; e destilação direta com vapor de água, cujo material vegetal é colocado em um recipiente onde é injetado somente vapor de água (Koketsu e Gonçalves, 1991).

No processo de extração de óleos essenciais por destilação direta com vapor de água, a água líquida é adicionada a um gerador de vapor e aquecida na presença de calor, até que entre em ebulição. Então, através da pressão proporcionada ao sistema, a água em condição de vapor percorre uma tubulação apropriada e passa a ser injetada na coluna de destilação (Tongnuanchan e Benjakul, 2014). A partir desse ponto, o vapor de água, saturado e superaquecido, é condição necessária para romper os vasos do tecido vegetal que armazenam os óleos essenciais, bem como elevar a pressão de vapor da mistura óleo-água contida na coluna de destilação a um valor superior ao da pressão atmosférica exercida sobre ela, destilando os componentes dos óleos essenciais em temperaturas um pouco menores que 100 °C, ainda que as substâncias orgânicas que compõem o óleo essencial tenham valores de pressão de vapor baixos e pontos de ebulição superiores ao da água (Rubinger e Braathen, 2012).

O aumento da pressão de vapor no sistema de destilação pode ser compreendido a partir da lei das pressões parciais de Dalton, a qual aponta que para uma mistura de dois ou mais líquidos imiscíveis, voláteis ou não, a uma dada temperatura, a pressão total de vapor dentro de um sistema de destilação será a soma das pressões parciais de vapor de todos os constituintes da mistura, ou seja, $P_{total} = P_1 + P_2 + P_3 + ... + P_n$ (Castellan, 2001).

A extração por arraste a vapor de água é uma técnica

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.

convencional muito utilizada em escala industrial e laboratorial, na obtenção de óleos essenciais das folhas de plantas aromáticas, por ser um processo simples e viável do ponto de vista econômico e sem uso de solventes tóxicos, quando comparado às tecnologias de extração com fluído supercrítico e extração com solventes orgânicos, respectivamente (Cassel e Vargas, 2006; Steffens, 2010).

Na extração de óleos essenciais em escala industrial, o rendimento de óleos obtido pode variar de acordo com a época da colheita, tipo e idade do material vegetal, espécie de planta, método utilizado no processo de extração, dentre outros aspectos. Para se ter uma ideia, no processamento, via destilação por arraste a vapor, de 1000 kg de biomassa foliar da espécie *Eucalyptus citriodora*, o rendimento de óleo obtido varia de 1 até 1,6%, ou seja, será extraída uma quantidade entre 10 e 16 kg de óleo essencial bruto (Vitti e Brito, 2003).

O óleo essencial coletado é uma mistura de substâncias voláteis e por isso é aconselhável, em pequena escala, coletar a mistura óleo-água com um recipiente em banho-maria frio e protegido da luz. A volatilidade dessa substância envolve a facilidade com que suas moléculas passam do estado líquido para o de vapor. Dentre os fatores dos quais depende a volatilidade das substâncias, está fundamentalmente a intensidade das forças intermoleculares (Antunes, 2013).



Outra característica interessante da mistura óleo-água associado às forças intermoleculares é a solubilidade. Nesse aspecto, a fração coletada é uma mistura na qual a baixa polaridade, solubilidade e densidade dos constituintes dos óleos essenciais, atestam as características hidrofóbicas, o sistema heterogêneo e a fase sobrenadante ao destilado, respectivamente. A característica hidrofóbica de uma substância orgânica está relacionada à polaridade de sua molécula, o que implica em forças intermoleculares que influenciam a solubilidade dos compostos orgânicos (Solomons e Fryhle, 2001).

Diante do exposto, a proposta experimental para extração de óleos essenciais que se projeta neste artigo abrange um kit experimental, elaborado com finalidade de contribuir na prática docente de professores interessados em ensinar conceitos de Química, a partir de fenômenos que envolvem a destilação direta com vapor de água e análise qualitativa do produto orgânico obtido.

## Construção do Kit Experimental

O kit experimental é basicamente constituído por uma mini caldeira, uma coluna de destilação e um condensador. Os materiais alternativos que o professor precisa adquirir para construir seu kit experimental são encontrados facilmente em casas comerciais de autopeças, materiais de construção e utensílios domésticos.

Para facilitar a montagem do kit em sala de aula, foi priorizado o uso de peças alternativas rosqueáveis e de fácil manuseio. Os acessórios que fazem a ligação entre os equipamentos são constituídos de cobre. A opção por esse tipo de metal envolve a facilidade de aquisição dos tubos e conexões, a maleabilidade do metal para moldar, o alto ponto de fusão para resistir ao calor durante a destilação e o perfeito ajuste entre tubo e conexão, pois proporcionam vedação de vapores.

O kit experimental (Figura 1) pode ser construído seguindo as etapas apresentado a seguir.

Figura 1: Kit experimental proposto para a extração de óleos essenciais por arraste de vapor.

*Mini Caldeira*

Para construir a mini caldeira (Figura 2), primeiro, faça dois furos na tampa da panela de pressão, um de cada lado do pino central e parafuse na ordem sequencial as peças C, F e H. Depois, retire a válvula do pino central da panela e coloque em um dos pinos laterais. No pino central, parafuse na ordem sequencial as peças E, A e B. Utilize a peça G como fonte de calor da mini caldeira de vapor.

Os furos na tampa da panela podem ser feitos com uma furadeira comum, sendo a medida da broca a mesma do pino que será fixado na tampa. O pino é vendido em comércios que consertam fogões e lojas que vendem utensílios domésticos. Esse item já acompanha um anel de vedação, que serve para evitar o vazamento de pressão entre a peça a ser fixada e a tampa.

*Coluna de Destilação*

Para dar início à construção da coluna de destilação (Figura 3), faça dois furos na tampa da peça E, e parafuse as peças A e B, conforme o modelo; dobre a peça G no formato de um "J" e fixe na parte interna da tampa, na peça B; coloque as peças D nas extremidades das peças C e F, dobrando conforme o modelo apresentado.

Utilize cola epóxi para fixar as conexões de metal na tampa do pote de vidro.

*Condensador*

Para construir o condensador (Figura 4), primeiro, faça um furo central em uma das tampas da peça E, e corte conforme o modelo X; depois, fixe a peça B; faça três furos na peça A, conforme a bitola das peças B e D, e então as fixe; dobre a peça C conforme o modelo Y e fixe na peça B,

*O que você vai precisar:*

A – 1 registro de esfera ¼

B – 2 niples redutor ¼ de latão

C – 2 pinos de panela de pressão

D – 1 panela de pressão com visor

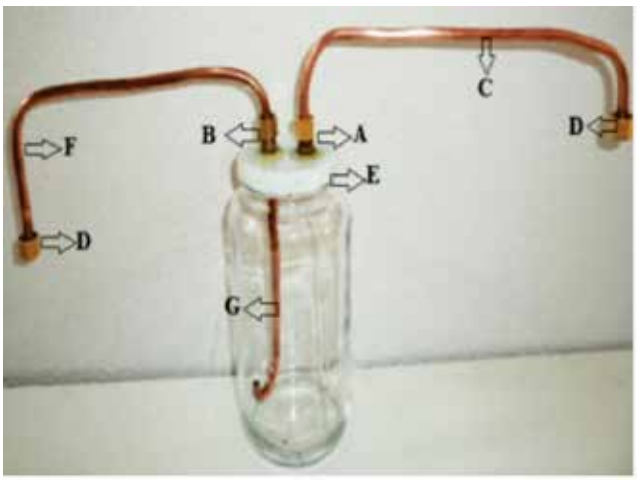
E – 1 luva ¼ de latão

F – 1 bucha de redução 1/4-5/16

G – 1 fogareiro elétrico de 1000 W

H – 1 manômetro

Figura 2: Modelo proposto de mini caldeira.




*O que você vai precisar:*

A – 1 conector ¼ de compressão

B – 1 união ¼ de compressão

C – 1 peça de cano de cobre ¼ (40 cm)

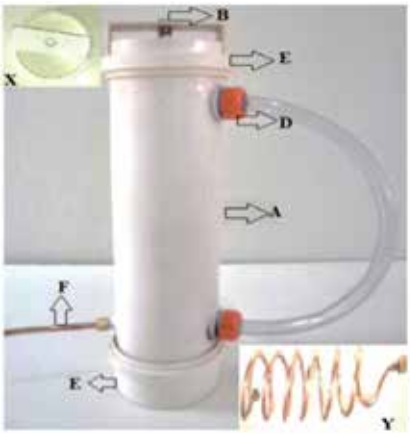
D – 2 porcas com anilha ¼

E – 1 pote de vidro de azeitona 500 g

F – 1 peça de cano de cobre ¼ (30 cm)

G – 1 peça de cano de cobre ¼ (15 cm)

Figura 3: Modelo proposto de coluna de destilação.




*O que você vai precisar:*

A – 1 peça de tubo de PVC 100 mm (50 cm)

B – 2 uniões ¼ de compressão

C – 1 peça de cano de cobre ¼ (100 cm)

D – 2 adaptadores rápidos de mangueira

E – 2 tampões de PVC 100 mm

F – 1 peça de cano de cobre ¼ (15 cm)

Figura 4: Modelo proposto de condensador.

localizada na parte superior e interna da peça A (ver modelo); conforme imagem, fixe as peças F e E na parte inferior da peça A. (Obs.: a mangueira lateral é apenas um recurso usado na ausência de fluxo contínuo de água, para evitar vazamento de água ao encher o condensador).

## Montagem do Experimento

Inicialmente, coloque a mini caldeira sobre fonte de calor, que é um fogareiro elétrico com uma potência de 1000 W. Em seguida, acrescente 1 L de água na mini

caldeira e no condensador, um volume suficiente para encher. Posteriormente picote as folhas da planta aromática escolhida e adicione o material vegetal na coluna de destilação (Figura 5). Faça a ligação dos equipamentos e depois inicie o processo de aquecimento da água, ligando a fonte de calor na tomada. Na saída do condensador posicione preferencialmente um frasco opaco, se possível em banho-maria frio, para coletar a mistura óleo-água. Após perceber a ebulição da água pelo visor da mini caldeira e a pressão acusada pelo manômetro e válvulas de segurança desse sistema, abra o registro cuidadosamente de modo a proporcionar uma pequena vazão de vapor que será injetado lentamente na coluna de destilação, para extração do óleo essencial.

Figura 5: Executando o experimento com o kit experimental.

## Resultados e Discussão

No experimento realizado (Figura 5) optou-se pela extração de óleo essencial da folha de eucalipto da espécie *Eucalyptus citriodora*. Conforme se observa, as folhas da planta aromática são colocadas sobre a coluna de destilação e o vapor d'agua produzido pela mini caldeira é injetado, misturado ao material vegetal, provocando um rompimento dos vasos do tecido vegetal, onde estão armazenados o óleo essencial que é, então, liberado e arrastado pela corrente de vapor até o condensador. Ao passar pelo condensador de serpentina, refrigerado com água natural, a mistura óleo-água perde energia cinética e calor, sofrendo uma transformação física do estado de vapor para o de líquido, sendo coletada na saída do condensador por um recipiente apropriado.

Nesta proposta experimental, utilizando folhas picotadas de eucalipto, a quantidade de material vegetal que enche a coluna de destilação fornece, a partir do destilado (mistura água-óleo), fração de óleo essencial suficiente apenas para uma análise qualitativa. O rendimento de óleo essencial, obtido sobre a massa foliar fresca utilizada no experimento realizado, foi de aproximadamente 0,15%.

A mini caldeira leva em média 30 min para produzir vapor, considerando o volume de água de 1,0 L e fonte de calor conforme especificado neste trabalho. O tempo de 10 min de destilação é suficiente para obter uma amostra de óleo essencial. O condensador com uma coluna de água de 50 cm de altura proporciona a condensação de vapores, sem fluxo de água, por um período suficiente para coletar a amostra do destilado. A média do tempo gasto para realizar o experimento é de 50 min, considerando o período entre a montagem do experimento e a coleta do destilado.

## Considerações Finais

O kit experimental demostrou ser um recurso bastante didático na escola para auxiliar a prática de ensino experimental na ausência de vidrarias e equipamentos de laboratório. Nas aulas foi possível demonstrar fenômenos que envolvem processos de destilação por arraste a vapor, bem como outros experimentos que necessitem de fonte de calor, pressão de vapor e condensação de vapores. Esses materiais alternativos – uma vez produzidos e colocados de forma sistemática no planejamento do professor – podem favorecer a utilização da experimentação em sala de aula, ampliando e fortalecendo a articulação entre teoria e prática.

**João Augusto Valentim** (joervalentim@uol.com.br), licenciado em Química e mestre em Ensino de Ciências Naturais (PPGECN/Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT)), é professor de Química da Secretaria Estadual de Educação (SEDUC). Cuiabá, MT – BR. **Elane Chaveiro Soares** (elaneufmt@gmail.com), licenciada em Química e doutora em Educação pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS), é professora do Departamento de Química e docente, orientadora e coordenadora do Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências Naturais – Mestrado Profissional (PPGECN/UFMT). Cuiabá, MT – BR.

## Referências

ANTUNES, M. T. *Ser protagonista*: química, 3º ano. 2ª ed. São Paulo: Edições SM, 2013.

CASTELLAN, G. *Fundamentos de físico-química*. Trad. C. M. P. Santos e R. B. Faria. 1ª ed., 11ª reimpressão. Rio de Janeiro: LTC, 2001.

CASSEL, E. e VARGAS, R. M. F. Experiments and modeling of the *Cymbopogon winterianus* essential oil extraction by steam distillation. *Journal of the Mexican Chemical Society*, v. 50, n. 3, p. 126-129, 2006.

COSTA, T. S.; PELAIS, A. C. A.; CORRÊA, N. C. F.; FRANÇA, L. F. e MARQUES, M. O. M. Avaliação da extração de óleos essenciais de vetiver (*Vetiveria zizanioides*) com $CO_2$ supercrítico. *Revista Brasileira de Plantas Medicinais*, v. 8, n. 4, p. 100-103. 2006.

KOKETSU, M. e GONÇALVES, L. S. *Óleos essenciais e sua extração por arraste a vapor*. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CTAA, 1991.

RUBINGER, M. M. M. e BRAATHEN, P. C. *Ação e reação*: ideias para aulas especiais de química. Belo Horizonte: RHJ, 2012.

STEFFENS, A. H. *Estudo da composição química dos óleos essenciais obtido por destilação por arraste a vapor em escala*

*laboratorial e industrial*. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Tecnologia de Materiais). Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

SOLOMONS, G. e FRYHLE, C. *Química orgânica*. Trad. W. O. Lin. 7ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2001, vol. 1.

TONGNUANCHAN, P. e BENJAKUL, S. Essential oils: extraction, bioactivities, and their uses for food preservation. *Journal of Food Science*, v. 79, n. 7, p. R1231-R1249, 2014.

VITTI, A. M. S. e BRITO, J. O. *Óleo essencial de eucalipto*. Documentos florestais n. 17. Piracicaba: ESALQ, 2003.

**Abstract:** *Extraction of Essential Oils by Steam Distillation: An Experimental Kit for Chemistry Teaching.* The extraction of essential oils by steam distillation carried out in high school classes over different experimental proposals enabled several ways of teaching Chemistry by means of experimentation. In this article, we present an experimental kit developed in the scope of the research developed in a professional master's degree, with the purpose of contributing to the teaching practice of teachers interested in teaching one or more specific topics of Chemistry from this subject. This kit proved to be a good didactic resource in aiding the practice of experimental teaching, so that in the classes it was possible to demonstrate phenomena involving the obtaining of essential oils from the leaves of aromatic plants from the direct distillation with water vapor. The alternative materials used to produce the kit are inexpensive and once acquired, are a permanent didactic resource for the teacher, which can be included at any time in the lesson plans, favoring the teaching of Chemistry through the experimentation as it articulates theory and practice.
**Keywords:** extraction of essential oils, experimentation, chemistry teaching

## ATEE WINTER CONFERENCE 2019
## Science and Mathematics Education in the 21st century
## University of Minho, Braga – Portugal
## April, 15 to 17

The University of Minho, Braga, Portugal, has the honour to welcome and host the Association for Teacher Education in Europe (ATEE) Winter Conference 2019.

The ATEE is a non-profit European organisation, whose aim is to enhance the quality of Teacher Education in Europe and to support the professional development of teachers and teacher educators at all levels. ATEE includes several Research and Development Communities (RDC). The ATEE Winter conference is annually organised by one RDC. The RDC on Science and Mathematics Education, together with the University of Minho, is in charge of the organisation of the ATEE Winter Conference 2019.

Nowadays, Science and Mathematics Education is an area of interest to policy-makers worldwide. It is a relevant area not only for the ongoing scientific and technological development of modern, globalised and digital societies, but also for citizenship education and the sustainability of the Planet. Moreover, it contributes to the full development of the individual learner. Science and Mathematics teachers, teacher educators and researchers can therefore help to make a difference beyond the classroom.

However, Science and Mathematics Education is under pressure. It has been unable to develop good levels of literacy and numeracy, to lead enough youngsters to engage in science and technology careers, and to overcome many people's dislike and even fear of the subjects.

Thus, the goal of the Conference is essentially to promote forward-looking approaches that combine engagement and enjoyment with effectiveness in developing knowledge and skills, and hence to foster ways of overcoming the challenges that the area has been facing.

Within this frame, the sub-themes are intended to provide structure and focus to the Conference, but also to allow people to make submissions in their own areas of interest and to encourage multidisciplinary discussions.

The 2019 ATEE Winter Conference focuses on **Science and Mathematics Education in the 21st century.** It aims at fostering a deep discussion of the following issues related to the conference theme:

- Innovative approaches to teaching science / mathematics
- Technologically enhanced science / mathematics education
- Science / mathematics education and the STEM agenda
- Science / mathematics education in multicultural and inclusive schools
- Science / mathematics teacher education in a changing world
- 21st century assessment in science / mathematics education

The conference target population is made of teacher educators, teachers, prospective teachers and other professionals somehow related to science and mathematics education and teacher education, at all education levels.

More information is available from: http://net.ie.uminho.pt/ateewinter2019/index.html

http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160133

# O Uso de Multirrepresentação e Ciclos de Interação em uma Aula Virtual de Química

## The Use of Multirepresentation and Interaction Cycles in a Virtual Chemistry Class

*Emerich M. Sousa e João C. M. Paiva*

**Resumo:** Objetivou-se neste trabalho a elaboração de aula virtual de química, referente ao tópico de gases reais, para o nível de ensino médio, potencialmente significativa para o aluno e que fizesse uso de ciclos de interação e multirrepresentação. A multirrepresentação foi usada para favorecer a abstração, complementar informação, refinar o entendimento, favorecer o uso com poder argumentativo e coordenar diferentes registros semióticos. Os ciclos de interação incluíram perguntas de iniciação, transições entre o mundo dos objetos e eventos e o mundo das teorias e modelos, relações entre distintos referentes, operações de discutir/explicar/generalizar e diversas intenções do material. O estudo foi do tipo QUANT-qual, com *design* quasi-experimental. A amostra foi constituída por 153 alunos da segunda série do ensino médio de uma escola pública do Brasil. Utilizaram-se pré-teste e pós-teste idênticos, com questões abertas. Os alunos foram divididos em quatro grupos, e cada grupo interagiu com um tipo de aula virtual: sem inovações, contendo ciclos de interação, contendo multirrepresentação e os dois recursos simultaneamente. A informação levantada nos testes foi analisada de acordo com um guia validado. Os grupos que tiveram contato com as inovações apresentaram magnitude de efeito maior para a variável pontuação de produção de texto do que o grupo sem inovações. Na análise qualitativa, observou-se aumento do número de alunos que utilizaram adequadamente a multirrepresentação, com aumento da qualidade das representações. O estudo, apesar das suas limitações, deixa um fundamento animador quanto às inovações didáticas empreendidas. O entendimento de algumas relações na construção do discurso no ensino de química poderá contribuir, em futuras investigações, para a ampliação da investigação a outros conteúdos de química, outras ciências, outros níveis de escolaridade e ensino não formal.

**Palavras-chave:** Ensino-Aprendizagem de Química. Estudo dos Gases. Aprendizagem Significativa. Semiótica. Ciclos de Interação. Multirrepresentação.

**Abstract:** The aim was to develop virtual lesson for chemistry, referring to the topic of real gases at the secondary level, potentially meaningful for the student and to make use of interaction cycles and multirepresentation. Multirepresentation was used to favor abstraction, complement information, refine understanding, favor use with argumentative power, and coordinate different semiotic records. Interaction cycles included initiation questions, transitions between the world of objects and events and the world of theories and models, relationships between different referents, discuss/explain/generalize operations and diversifications of material intentions. The study was of type QUANT-qual and with quasi-experimental design. The sample consisted of 153 students who attended the second grade of high school in a public school in Brazil. They used identical pre-test and post-test, with open questions. Students were divided into four groups and each group interacted with a type of virtual lesson: without innovations, with interaction cycles, with multirepresentation, and with both resources. The information collected in the tests was analysed according to a validated guide. The groups that had contact with the innovations had a greater magnitude of effect for the variable of text production score than the group without innovations. In the qualitative analysis, we observed an increase in the number of students who used the multirepresentation adequately, with an increase in the quality of the representations. The study, despite its limitations, leaves an encouraging foundation for the undertaken didactic innovations. The understanding of some relations in the construction of discourse in chemistry teaching may contribute, in future studies, to the expansion of the investigation to other contents of chemistry, other sciences, other levels of education and non-formal education.

**Keywords:** Teaching and Learning of Chemistry. Gas Study. Meaningful Learning. Semiotics. Interaction Cycles. Multirepresentation

**Emerich Michel de Sousa** (emerich.sousa@ufv.br) é professor de Química no Colégio de Aplicação da Universidade Federal de Viçosa (CAp-Coluni) e doutor em Ensino e Divulgação das Ciências da Universidade do Porto (UP), Portugal. Viçosa, MG – BR. **João Carlos de Matos Paiva** (jcpaiva@fc.up.pt), professor associado no Departamento de Química e Bioquímica, membro da Unidade de Ensino das Ciências da Faculdade de Ciências, coordenador do núcleo de "Cultura Científica, Multimédia e Educação" do Centro de Investigação em Química da UP (CIQUP), é diretor do Doutoramento em Ensino e Divulgação das Ciências da UP. Porto – PT.
Recebido em 03/11/2017, aceito em 31/08/2018

A seção "Cadernos de Pesquisa" é um espaço dedicado exclusivamente para artigos inéditos (empíricos, de revisão ou teóricos) que apresentem profundidade teórico-metodológica, gerem conhecimentos novos para a área e contribuições para o avanço da pesquisa em Ensino de Química.

O potencial oferecido pelas tecnologias da informação e da comunicação (TICs) para melhorar o ensino das ciências tem sido bem documentado. O desafio central para os professores é integrar o uso das TICs ao processo pedagógico e utilizar a tecnologia com uma postura inteligente e crítica (Steiner e Mendelovitch, 2017). Cabe ao docente considerar uma perspectiva questionadora, criativa e dinâmica em sua proposta metodológica, de forma que as tecnologias não sejam inseridas como meros adereços às aulas, mas que integrem e contribuam para o processo educacional (Moreno e Heidelmann, 2017).

Ekici e Pekmezci (2015) defendem que o uso de experiências visuais, auditivas e táteis enriquece a educação científica, e as instruções devem incluir abordagens multimodais para atingir mais sentidos e favorecer uma aprendizagem mais permanente e eficaz. Para Bidarra e Rusman (2017), a vantagem é a flexibilidade da abordagem de ensino e um *design* instrucional que pode ser alterado pelo aluno de acordo com suas necessidades pessoais e o contexto de aprendizagem. Fozdar (2015) destaca as oportunidades para a partilha de informações, recursos e experiências, bem como o oferecimento de oportunidades de trabalho em rede com colegas, estudantes, tutores e a instituição. Para atingir esses objetivos, Hinostroza *et al.* (2016) reforçam a necessidade de desenvolver habilidades digitais de professores e alunos, especificamente aquelas associadas à busca e seleção de informações disponíveis na internet e ao desenvolvimento e apresentação de produtos de informação.

Problemas relacionados à implantação de tecnologias, à pesquisa e à adoção por parte dos professores e alunos têm sido relatados.

Almeida (2008), em um resgate da história das TICs na educação do Brasil e de Portugal, salienta que as práticas avançaram e superaram obstáculos, mas, apesar da crescente quantidade de equipamentos colocados nas escolas no Brasil e em Portugal, a concretização das ações mostra-se aquém dos objetivos e desejos. Os computadores continuam subutilizados por distintos motivos, que dependem menos da presença da tecnologia na escola e mais de aspectos político-pedagógicos e de uma adequada formação dos educadores.

Bidarra e Rusman (2017) destacam a grande oferta de tecnologias educacionais à disposição dos alunos: telefones celulares inteligentes, *software* de rede, aplicações de aprendizagem, recursos educacionais abertos, ferramentas colaborativas, ambientes imersivos, ferramentas de produção e distribuição de mídia. No entanto, mesmo que a maioria da geração de aprendizes de hoje use dispositivos digitais, aplicativos de internet e redes sociais em uma base diária, principalmente para comunicação e entretenimento, há pouco conhecimento de como usar essas ferramentas e mídia para tornar a educação científica mais significativa, eficaz e atraente. Além disso, como ressaltam Paiva e Costa (2010), os alunos geralmente estão extremamente interessados em recursos digitais, porém, muitas vezes, passam pelas aplicações de forma precipitada e apressada.

Giordan (2015), em levantamento dos artigos publicados na revista brasileira *Química Nova na Escola* (QNEsc), descobriu que, nos dez anos anteriores, foram publicados apenas sete artigos na seção Educação em Química e Multimídia, o que representa cerca de um artigo a cada cinco edições do periódico, o que está abaixo da média das demais seções. A popularização das tecnologias digitais não se traduziu em investigações no âmbito da educação química, o que pode ser indicativo de sua pequena repercussão nas salas de aula dessa disciplina.

Para Groff e Mouza (2008), criar ambientes de aprendizagem eficazes com tecnologia continua a ser um desafio para os professores. Kurt (2013) questiona por que razão os professores adotam práticas que utilizam tecnologia em um nível tão limitado. Cita algumas barreiras que impedem o uso da tecnologia disponível de forma eficaz em suas instruções: alguns professores acreditam que são incapazes de integrar a tecnologia em suas aulas devido à formação inadequada; alguns deles acreditam que não podem usar a tecnologia de forma eficiente porque não têm tempo suficiente; e alguns não podem usar a tecnologia porque as tecnologias disponíveis estão desatualizadas e, às vezes, acreditam não ter apoio suficiente. No tocante à formação dos professores, Aslan e Zhu (2017) e du Plessis (2016) chamam a atenção para a importância da capacitação dos futuros professores em integrar as TICs nas práticas de ensino.

Zhao *et al.* (2002) destacam algumas barreiras que dificultam a adoção de tecnologia em sala de aula. Groff e Mouza (2008) ampliaram a proposta de Zhao *et al.* (2002) e desenvolveram uma estrutura – o Inventário Individualizado para Integrar Inovações Instrucionais (i5) – que pode capacitar os professores para buscar soluções no início do processo e aumentar a probabilidade de ter sucesso com a integração tecnológica (Tabela 1).

Vários investigadores apontam algumas medidas no sentido de ultrapassar essas limitações. Para integrar tecnologia no ensino, Zhao *et al.* (2002) salientam alguns pontos importantes para os professores, como conhecer os recursos e as restrições de várias técnicas e o modo como as técnicas específicas podem apoiar suas próprias práticas de ensino e metas curriculares; saber como usar as tecnologias; a necessidade de perceber que a integração de tecnologia requer suporte de outros; e estar cientes das condições de habilitação da tecnologia que eles planejam usar – que fatores do contexto a fazem funcionar.

Koehler e Mishra (2009) alertam que o ensino efetivo com a tecnologia requer compreensão da representação dos conceitos que utilizam tecnologias, das técnicas pedagógicas que usam tecnologias de forma construtiva para ensinar o conteúdo, de como a tecnologia pode ajudar a corrigir alguns dos problemas que os alunos enfrentam e ser usada para desenvolver novas epistemologias ou fortalecer as antigas.

Tabela 1: Fatores que influenciam o sucesso das inovações tecnológicas nas salas de aula, adaptado de Groff e Mouza (2008)

| Legislativo | Professor | Projeto | Escola | Estudante | Tecnologia |
|---|---|---|---|---|---|
| Política<br>Legislação<br>Pesquisa | Proficiência tecnológica<br>Compatibilidade tecnologia-pedagogia<br>Percepção da dinâmica escolar | Distância da prática do professor<br>Distância da prática da escola<br>Distância dos recursos existentes<br>Dependência de pessoas<br>Dependência de recursos | Infraestrutura de recursos físicos<br>Infraestrutura de recursos humanos<br>Cultura local | Nível de conforto com a tecnologia<br>Distância com experiências anteriores<br>Crenças, atitudes e engajamento | Tráfego de dados<br>Conectividade<br>Incompatibilidade de sistemas |

## Ciclos de Interação

O processo de aprendizagem, de acordo com Mortimer e Scott (2002), não deve ser visto como a substituição das velhas concepções existentes antes do processo de ensino pelos novos conceitos científicos, mas como a negociação de novos significados num espaço comunicativo. Nesse contexto, deve existir uma preocupação em se utilizar um material que permita uma interação com alunos, para promover a construção do significado.



É importante que o uso das TICs incorpore os avanços no estudo da construção do discurso em sala de aula. Os recursos a serem considerados devem levar em consideração alguns dos compromissos que o professor tem na sua sequência de aula (Scott *et al*., 2011; Mortimer *et al*., 2005); a preocupação em promover a reflexão, no estudo individual, ou a discussão, quando no estudo em grupo, conforme citado por Paiva e Costa (2010); a garantia de que o conteúdo do discurso da sala de aula sofra modificações progressivas (Mortimer e Scott, 2002); a transição entre diferentes modelagens e níveis referenciais (Silva e Mortimer, 2010) e entre diferentes abordagens comunicativas, a fim de abordar diferentes objetivos de ensino (Aguiar *et al*., 2010; Mortimer e Scott, 2002).

A incorporação de perguntas no material tem a intenção de promover a reflexão, no estudo individual, ou a discussão, quando no estudo em grupo, conforme citado por Paiva e Costa (2010). As perguntas de iniciação (de produto, de escolha, de processo e de metaprocesso) (Mortimer *et al*., 2005) constituem-se em uma tentativa de conexão entre o assunto estudado e situações do mundo real reconhecidas pelo aluno e também em um incentivo ao engajamento emocional, com o estabelecimento de empatia com o material. Estimula a reflexão do aprendiz, que poderá buscar exemplos de sua própria experiência e com condições para relacionar novas informações, de maneira não arbitrária e não literal, com a própria estrutura cognitiva e permitindo que haja mais de uma voz a ser considerada na construção de sentidos.

As operações de descrição, explicação e generalização, de acordo com Silva e Mortimer (2010), ocorrem dentro de um determinado movimento pelo qual o conhecimento é trabalhado ao longo das interações até adquirir um acabamento final e constituir um enunciado, e essas discussões podem envolver aspetos observáveis e mensuráveis de um determinado sistema em análise, considerado o mundo dos objetos e eventos, ou podem fazer referência a entidades criadas por meio do discurso teórico das ciências, considerado o mundo das teorias e dos modelos. Concebe-se, ainda, que isso pode ser feito em três níveis referenciais: (*i*) referente específico, que corresponde a um objeto ou fenômeno em particular; (*ii*) classe de referentes, que corresponde a um conjunto de fenômenos ou objetos que apresentam características em comum; e (*iii*) referentes abstratos, que correspondem a princípios ou conceitos mais gerais que possibilitam pensar sobre fenômenos em particular ou classe de fenômenos.

Dentro do processo de interação do professor com os alunos, destacam-se as possibilidades de o professor introduzir e desenvolver a história científica e de o aluno ter condições de desenvolver sua visão do assunto e manifestar seu entendimento e, sempre que possível, rever o progresso da história científica, garantindo-se que o conteúdo do discurso da sala de aula sofra modificações progressivas. Na aula virtual, essa sequência pode ser implementada pela discussão de ideias relevantes do comportamento geral (classe de referentes), pelo trabalho com valores numéricos na equação reformulada com exemplos específicos (referentes específicos), para dar forma, selecionar e marcar ideias-chave, e, no final, pelo confronto dos resultados obtidos com as explicações já apresentadas anteriormente aos alunos, de modo a reforçar o enlace entre a abordagem fenomenológica e conceitual e revendo o progresso na história científica.

Cada estudante precisa ter a oportunidade de trabalhar as novas ideias, "especificando um conjunto de suas próprias palavras" em resposta a essas ideias, para que possa apropriar-se delas, tornando-as as suas próprias ideias (Mortimer e Scott, 2002). As transições entre interações dialógicas e de autoridade são fundamentais para apoiar a aprendizagem significativa do conhecimento disciplinar, pois diferentes objetivos de ensino são abordados (Aguiar *et al*., 2010).

Paiva e Costa (2010) ressaltam a importância de oferecer sugestões para ações e reflexões. Nesse sentido, Mortimer *et al.*

(2005) destacam as perguntas de iniciação de processo – que incentivam uma formulação mais completa pelo aluno e podem gerar uma cadeia de interações.

Scott *et al*. (2011) ressaltam que entender uma ideia envolve colocar em contato ideias novas e outras já existentes, fazer conexões entre estas ideias e, a partir daí, o número e qualidade das conexões criadas determinam a profundidade e a extensão da compreensão. Isso tem ressonância com a aprendizagem significativa de Ausubel e contrasta com o processamento superficial e a aprendizagem mecânica, caracterizada pela memorização de fatos discretos e pela falta de integração ou vinculação com ideias existentes. Esses autores identificam três objetivos principais para essas conexões: apoiar a construção do conhecimento, promover a continuidade e incentivar o engajamento emocional.

## Multirrepresentação

A fluência representacional envolve produzir significado usando combinações de modos de representação, incluindo representações verbais (baseadas em palavras), visuais (com base em diagramas e gráficos) e simbólicas (equações e fórmulas) (Hill e Sharma, 2015). O uso de multirrepresentações é fundamental para a resolução de problemas e o desenvolvimento da compreensão. Para ter sucesso dentro de uma disciplina, os alunos precisam de ser competentes com um formato de representação, escolher e usar representações individuais apropriadas e integrá-las quando necessário.

Edwards (2015) destaca que múltiplas representações valorizam a diferença ao proporcionar aos alunos diferentes oportunidades para desenvolver uma compreensão profunda dos conceitos. Quanto ao uso de simulações computacionais, López e Pintó (2017) salientam que, apesar de serem ferramentas educacionais efetivas com poder visual e comunicativo, a compreensão dos alunos sobre essas representações visuais representadas não pode ser dada como garantida, exigindo atenção por parte dos professores de ciência.

Ainsworth (1999) propõe três funções exercidas pelas multirrepresentações no processo de aprendizagem: (*i*) complementar e confirmar a compreensão de outra representação anterior; (*ii*) restringir e refinar a interpretação, limitando o foco do aluno àquilo que se deseja enfatizar; e (*iii*) promover abstração, viabilizar generalização e relacionar representações.

Duval (2012) expõe as três atividades cognitivas fundamentais ligadas à semiose: (*i*) a formação de uma representação identificável como uma representação de um registro dado; (*ii*) o tratamento de uma representação, que é a transformação desta representação no mesmo registro onde ela foi formada – é uma transformação interna a um registro; e (*iii*) a conversão de uma representação, que é a transformação dessa função em uma interpretação em outro registro, conservando a totalidade ou uma parte somente do conteúdo da representação inicial – é uma transformação externa ao registro de início.

Esse autor alerta para um isolamento de registros de representação, em todos os níveis de ensino, na grande maioria dos alunos. A ausência de coordenação entre dois ou mais registros não impede toda a compreensão, mas também não favorece em nada as transferências e as aprendizagens posteriores: torna os conhecimentos adquiridos pouco ou não utilizáveis em outras situações em que deveriam realmente ser empregados.

Para Laburú *et al*. (2011), uma aprendizagem significativa passa a prevalecer quando um mesmo conceito ou uma mesma proposição consegue ser expresso de diferentes maneiras, por meio de distintos signos ou de grupos de signos, equivalentes em termos de significados e que permitem a formação de vínculos entre os conhecimentos prévios do sujeito e os novos conceitos, possibilitando a estruturação de sentidos e de relações argumentativas.

Com base no uso de representações dos químicos, Kozma e Russell (2005) descreveram cinco níveis de competência representacional com base na geração, uso e compreensão das visualizações (Figura 1). Os cinco níveis variam desde o uso de características de superfície dos novatos para definir fenômenos químicos (nível 1) até o uso retórico dos especialistas em representações ou visualizações para argumentar, discutir e explicar fenômenos químicos (nível 5).

O desenvolvimento não é automático ou uniforme. Uma pessoa pode ser mais competente e mostrar habilidades de nível superior com um sistema específico (*e.g.* equações químicas) do que outra (*e.g.* gráficos). No entanto, ao longo do tempo e com orientação adequada, o aluno poderá avançar em suas habilidades, internalizá-las e integrá-las na prática regular. No exemplo a seguir são utilizadas representações correspondentes aos cinco níveis, a partir de um exemplo de compressão isotérmica dos gases (Figura 2).

O exemplo ilustra um recipiente com êmbolo contendo gás (Figura 2a), sobre o qual se aplica uma força externa (Figura 2b). A resultante externa sobre o êmbolo torna-se maior do que a força exercida pelas partículas gasosas (Figura 2c) presentes no recipiente. Se aumentarmos a compressão, o volume do recipiente diminui até determinado valor e é apenas ligeiramente maior que o volume total das moléculas (Figura 2d). Isso explica por que, em altas pressões, o gás real ocupa volume maior que um gás perfeito, pois na teoria cinética o volume das moléculas é desprezado (Figura 2e).

## O Problema

A química, segundo Özmen (2004), tem sido considerada, por professores de química, pesquisadores e educadores, um assunto difícil para os jovens estudantes.

As questões fundamentais levantadas e que motivaram o estudo foram: (*i*) em sala de aula, o discurso científico que se instaura e se constrói é feito por um somatório de ações que envolvem as intenções do professor, as operações de descrição, explicação e generalização, a escolha de modelos apropriados e

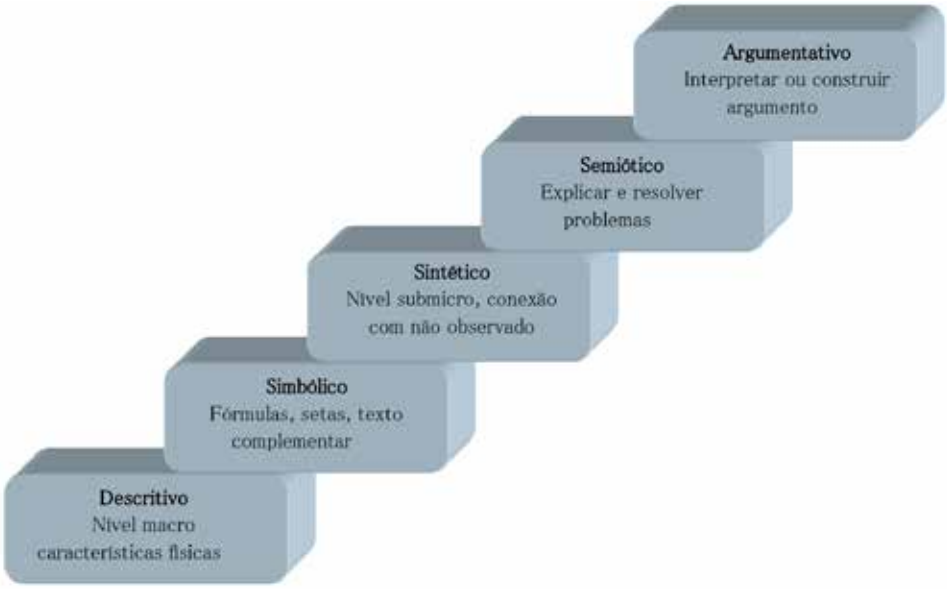



Figura 1: Níveis de competência representacional, segundo Kozma e Russell (2005).



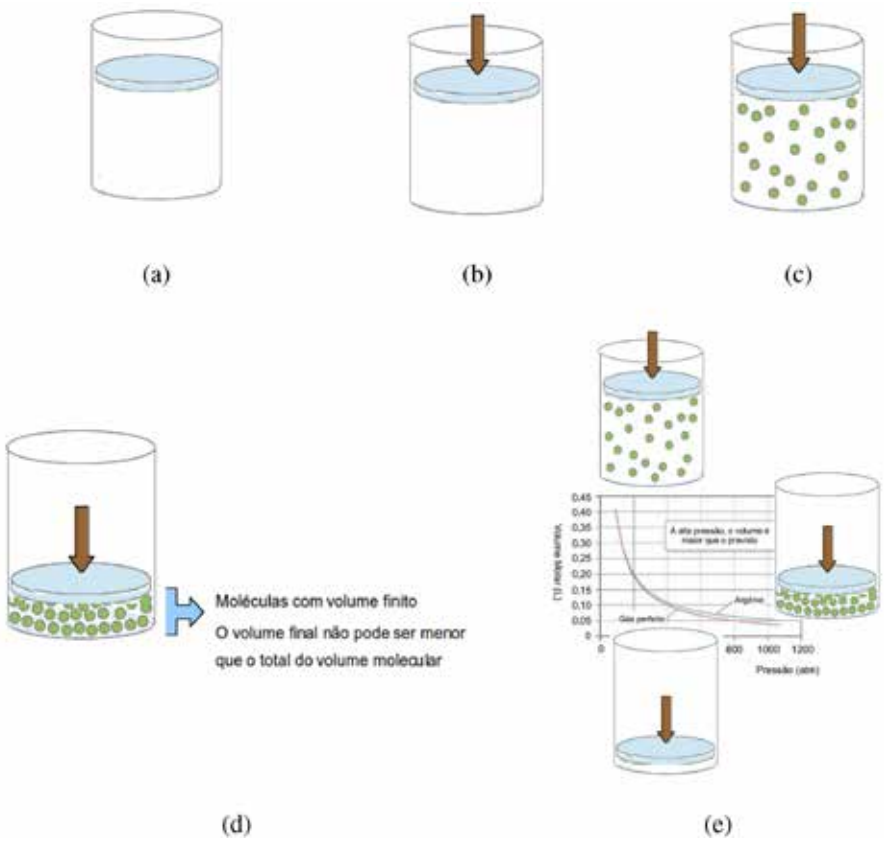



Figura 2: Ilustrações dos cinco níveis de competência representacional, a partir de Kozma e Russell (2005).

de níveis de referência, a abordagem comunicativa, os tipos de interações e as conexões entre as ideias – como transpor essa riqueza e complexidade para um material de aprendizagem?; (*ii*) espera-se que, durante a aprendizagem das ciências, o aluno desenvolva a sua fluência representacional e que possa não somente usar as representações para explicar relações entre propriedades e processos, mas também explicar a preferência por um tipo de representação em detrimento de outros – como conseguir que um material de aprendizagem tenha potencial para desenvolver essa competência representacional nos alunos?; e (*iii*) é desejável que o aluno consiga estabelecer significados novos a partir da interação entre seus conhecimentos prévios e o material de aprendizagem, e, para isso, o material deve fornecer condições para que a aprendizagem seja significativa, isto é, não arbitrária e não literal (Ausubel, 2003) – como utilizar esses recursos na criação de um material potencialmente significativo?

Objetivou-se neste trabalho a criação de material específico para o uso em ambiente virtual de aprendizagem, aliando tecnologia e recursos discursivos, que pudesse agregar valores à formação dos alunos do colégio, estender o contato com o conteúdo de química para além do horário de aula e servir de referência para licenciandos em experiência de prática escolar. O material foi caracterizado como uma aula virtual, que se refere a período estruturado de tempo destinado a abordar um determinado assunto ou atividade e que está disponível em um ambiente virtual de aprendizagem.

## Metodologia

O estudo apresentou uma componente de análise quantitativa, trabalhando com dados numéricos e submetidos à análise estatística e outra componente de análise qualitativa, observando o nível de competência representacional dos alunos. Assim, justifica-se classificar este estudo como QUANT-qual, uma abordagem mista, mas com preponderância quantitativa (MacCarthy *et al*., 2013; Hernández Sampieri *et al*., 2010).

Recorreu-se a um método de amostragem não probabilístico – amostragem de conveniência. A amostra foi constituída por 153 alunos, que se encontravam interessados no estudo e disponíveis para colaborar, de um total de 168 alunos que cursavam a segunda série do ensino médio. Os alunos desta série apresentavam média de idade de 16,4 anos, com 50,6% do sexo feminino e 49,4% do sexo masculino. O acesso ao colégio é muito concorrido, e isso pode ser notado na porcentagem de alunos que já haviam cursado a primeira série (45,8%) ou mesmo a segunda (1,8%) e optaram por reiniciar o ensino médio, repetindo a primeira série. Quase a totalidade dos participantes tem acesso à internet (99,4%) e computador em casa (97,6%). Quanto ao grau de instrução da mãe, 27,7% responderam ter até o ensino superior completo e 32,5% com o ensino superior completo e pós-graduação (especialização, mestrado ou doutoramento). Em relação ao grau de instrução do pai, 19,9% responderam ter até o ensino superior completo e 16,9% com o ensino superior completo e pós-graduação. Apenas 13,2% dos alunos são originários da própria cidade onde o colégio se situa, e os demais são provenientes de outras cidades.

Dentro da classificação dos *designs* experimentais, o presente trabalho classificou-se como quasi-experimental (Tuckman, 2012; Hernández Sampieri *et al*., 2010). Limitações práticas relativamente às oportunidades para selecionar ou designar os participantes e para manipular as condições impediram um controle experimental completo. O estudo decorreu em contexto escolar, com turmas já formadas, sem a possibilidade de constituir aleatoriamente os grupos necessários à investigação e, por questões éticas, ficou impossibilitado de administrar a intervenção a uma parte dos alunos, recusando-a à outra.

Utilizou-se como técnica de coleta de dados o inquérito por questionário com questões abertas, objetivando a comparação entre os grupos com base nas respostas dadas ao questionário usado como pré-teste e pós-teste. As questões abertas serviram a um duplo propósito: análise segundo critérios estabelecidos (McDermott e Hand, 2013), de modo a obter uma pontuação e posterior análise estatística, e avaliação qualitativa das respostas, permitindo classificar o nível de competência representacional (Kozma e Russell, 2005), a função exercida pela multirrepresentação (Ainsworth, 1999) e as atividades ligadas à semiose (Duval, 2012). Esta opção possibilitou obter mais informações nas respostas, com mais detalhes e sem limitar a capacidade de exposição do aluno. As perguntas abertas eram as mais adequadas para a análise de produção de texto, a utilização de múltiplos modos (verbal, visual e simbólico) e a forma de incorporação destes modos ao texto, que era o pretendido no trabalho. Desvantagens como tempo envolvido na interpretação das respostas e exigência de experiência do avaliador foram levadas em consideração, mas foram julgadas como contornáveis. A maior desvantagem seria a dificuldade de análise de uma maneira estatística; segundo Cohen *et al*. (2007), os dados não seriam facilmente comparados entre os participantes, e as respostas seriam difíceis de codificar e classificar. Essa dificuldade foi enfrentada a partir da escolha de um guia de correção adequado e validado, com critérios bem estabelecidos para analisar cada questão e de modo que a nota final representasse um somatório de vários itens analisados padronizadamente.



Os alunos assistiram às aulas normais do turno matutino, no dia da intervenção. Após um intervalo para o almoço, retornaram à tarde para a realização do pré-teste, exposição à aula virtual e realização do pós-teste, idêntico ao pré-teste.

As aulas virtuais foram elaboradas especificamente para a investigação, utilizando-se o KompoZer versão 0.8b3, multiplataforma, disponível para Linux, MacOS e Windows, seguindo os critérios de usabilidade técnica (Nielsen, 2003) e pedagógica (Nokelainen, 2006). Elas foram acessadas a partir de computador, através do arquivo HTML correspondente em modo *offline*.

O material abordou o tema de gases reais por ser um assunto pouco explorado no ensino fundamental, permitindo a investigação de conhecimento preeexistente e a avaliação de melhorias nas respostas dos alunos. Foi concebido para uma aprendizagem significativa e por recepção (Novak e Gowin, 1996), e a aula foi dividida em seis telas: Apresentação, Gases reais, Desvios de comportamento, Fator de compressibilidade, Equação de van der Waals e Referências. O conteúdo de química foi elaborado a partir de Tro (2015), Chang e Goldsby (2011), Petrucci *et al*. (2011), Levine (2009), Mortimer (2008), Barker (2007), Atkins e de Paula (2006), Engel e Reid (2006), Brown *et al*. (2004), Alcañiz (2003) e Castellan (2001).

Foram criados quatro tipos de aula virtual: sem inovações (1), contendo ciclos de interação (2), contendo multirrepresentação (3) e os dois recursos simultaneamente (4). As Figuras 3, 4, 5 e 6 ilustram a tela Fator de compressibilidade para cada uma das aulas, enfatizando as principais diferenças entre elas.

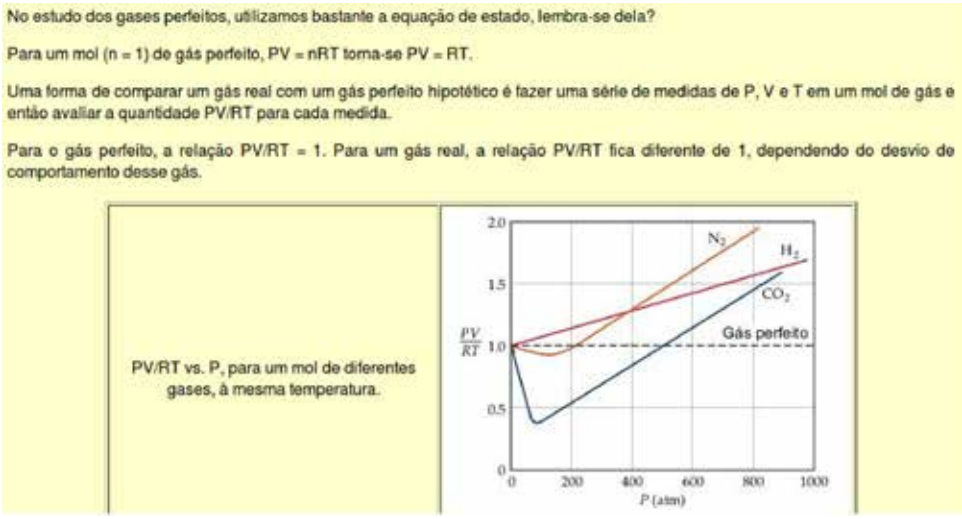



Figura 3: Tela Fator de compressibilidade para a aula virtual sem inovações.

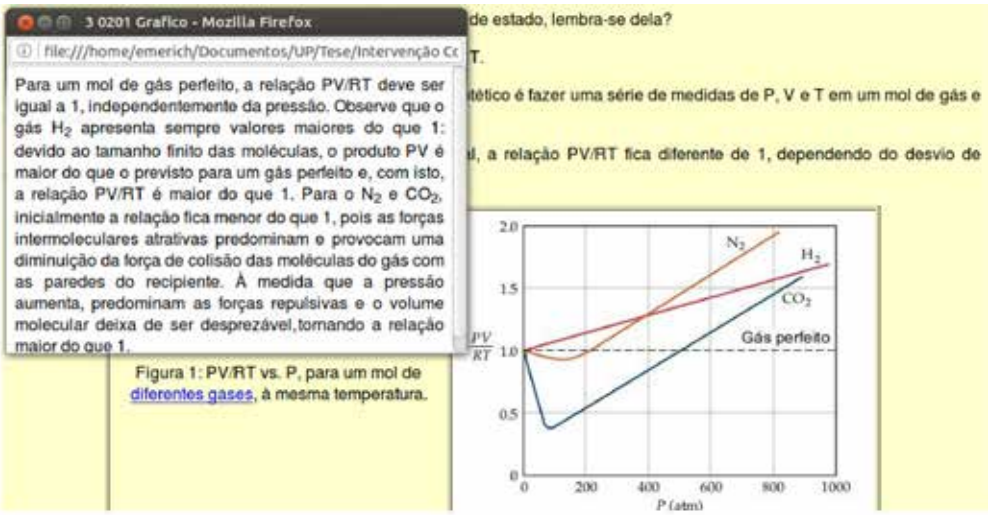



Figura 4: Tela Fator de compressibilidade para a aula virtual contendo ciclos de interações.

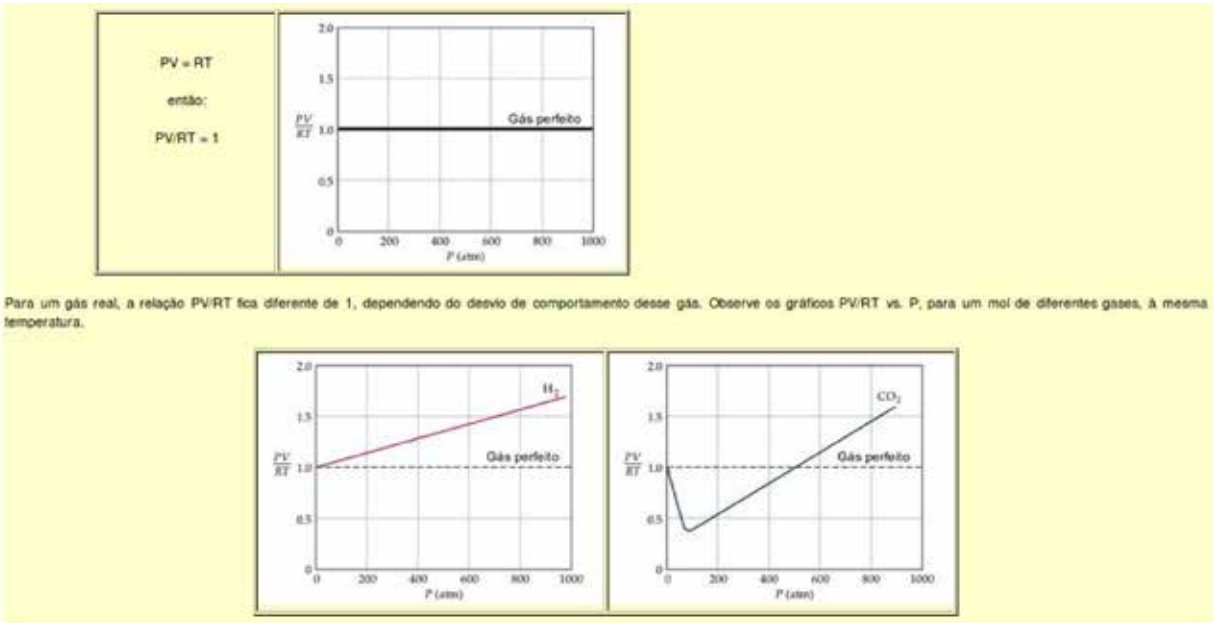



Figura 5: Tela Fator de compressibilidade para a aula virtual contendo multirrepresentação.

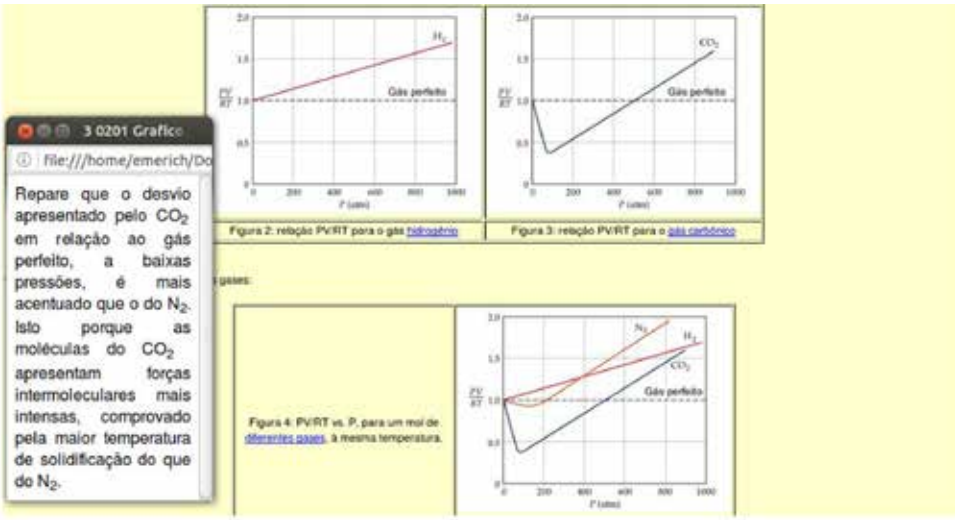



Figura 6: Tela Fator de compressibilidade para a aula virtual contendo multirrepresentação e ciclos de interações.

A tela inicia com uma questão, que é uma tentativa de resgatar a base conceitual dos alunos e favorecer o movimento no sentido da construção de novas concepções que serão desenvolvidas na sequência, corresponde, também, a um objetivo de promover a continuidade, conforme destacado por Scott *et al*. (2011), ao estabelecer um elo entre diferentes pontos no tempo. Apresenta-se a equação de estado (PV = nRT), atribui-se valor (n = 1) e rearranja-se a equação (PV / RT = 1), o que caracteriza uma atividade de tratamento, em que a representação sofre transformações internas ao próprio registro. Segue-se uma generalização dos gases reais para, na sequência, em um movimento de recontextualização com referentes específicos, se fazer a transformação dessa representação em um outro registro, agora gráfico, o que caracteriza uma conversão, que é uma representação externa ao registro de início.

O recurso interativo proposto tem o objetivo de auxiliar o aluno no entendimento do gráfico, à semelhança do comportamento que um professor poderia assumir em sala de aula, ao mostrar o traçado de cada ente e estabelecer relações com a teoria discutida previamente. Busca o favorecimento de conexões entre as ideias, com o objetivo de apoiar a construção do conhecimento, à semelhança do que é discutido por Scott *et al*. (2011).

A opção de multirrepresentação foi a substituição de um gráfico típico, com várias substâncias representadas ao mesmo tempo, por vários gráficos, cada um com uma substância representada separadamente. A interpretação dos gráficos exige a conexão entre os domínios fenomenológico e conceitual, o que já se constitui em um grande desafio. O recurso representacional proposto tem o objetivo de auxiliar o aluno no entendimento do assunto, à semelhança do comportamento que um professor poderia assumir em sala de aula, ao mostrar o comportamento de cada substância separadamente e depois representar uma síntese do que foi apresentado. Ao mostrar a relação entre representações, a multirrepresentação cumpre o objetivo de permitir aprofundar o entendimento.

Os gráficos foram adicionados para permitir e reforçar a conexão com o mundo dos objetos e eventos e recebem esclarecimentos adicionais para permitir a transição entre classes de referentes para um referente específico. A caixa de texto utiliza referentes específicos, abordados no gráfico, para tornar mais evidente a diferença de comportamento entre eles, e prepara caminho para futuras generalizações, que ocorrerão em um momento pertinente do material.

Recorreu-se ao *software* de apoio Excel para digitação dos dados e cálculos preliminares e ao Statistical Package for the Social Sciences (SPSS), v. 24.0, para a análise estatística descritiva e inferencial. Field (2009) cita quatro premissas para os testes paramétricos: a distribuição deve ser normal, a variância deve ser homogênea, os dados devem ser medidos em nível de intervalo e o comportamento de um participante não deve influenciar o comportamento de outro. Na presente investigação, os dados seguiram distribuição não normal, justificando a aplicação de testes não paramétricos. A desvantagem destes testes é que não são tão potentes quanto os paramétricos, sendo possível que, mesmo havendo diferenças entre os dados, elas não tenham sido detectadas.

Utilizou-se o relatório de magnitude de efeitos, de acordo com recomendação da Associação Americana de Psicologia (APA) (Barry *et al*., 2016). A magnitude de efeito, de acordo com Durlak (2009), avalia a grandeza ou a força dos resultados que ocorrem nos estudos de pesquisa e fornece uma medida sem escala, que reflete a significância prática da diferença ou a relação entre as variáveis (Maher *et al*., 2013).

## Resultados Quantitativos

Do conjunto estudado, destacam-se os resultados para três variáveis.

A variável Pontuação de Produção de Texto (PPT) consistiu no somatório de outras quatro variáveis (Obrigatoriedade, Correção gramatical, Exatidão e Completude), avaliadas para

cada questão e com pontuação igual a 0 (ausência desta característica), 1 (característica pouco presente), 2 (característica frequente) e 3 (característica sempre presente). Os grupos que tiveram contato com as diferentes aulas virtuais não mostraram diferenças, na partida. Os resultados no pós-teste foram significativamente maiores do que no pré-teste. Os grupos, no entanto, não apresentaram diferença estatisticamente significativa entre si, no pós-teste.

A magnitude de efeito da variável Pontuação de Produção de Texto apresentou valores maiores para os grupos que tiveram contato com os materiais com inovações (ciclos de interação e multirrepresentação). Como a capacidade de qualquer teste de significância para detectar um efeito depende inteiramente da potência estatística proporcionada pelo tamanho da amostra (Maher *et al*., 2013), no presente estudo, em que as amostras eram pequenas, a análise da magnitude de efeito ofereceu confiança aliada à significância prática da diferença entre as variáveis.

A variável Índice de Incorporação (II) foi criada para fornecer uma medida quantitativa da qualidade científica da resposta e do grau de incorporação de multirrepresentações. Levou em conta a capacidade do estudante para utilizar o texto de forma adequada, para empregar vários modos de representação de forma eficaz e para utilizar estratégias no sentido de ligar outros modos não texto com o texto. Os grupos que tiveram contato com as diferentes aulas virtuais não mostraram diferenças, na partida. Os resultados no pós-teste foram significativamente maiores do que no pré-teste. O pequeno contato dos alunos com a aula virtual (uma sessão de 50 min) pode não ter sido suficiente para sensibilizá-los e deixá-los fluentes quanto ao uso de representações não texto. Apesar disso, a variável Índice de Incorporação (II) apresentou resultado próximo do significativamente aceitável ($p = 0{,}06$), quando da comparação entre os diferentes grupos.

A variável identificada por Índice de Evolução Formativa (IEF) foi criada com o objetivo de analisar a *performance* global do estudante e incidiu sobre a essência do processo que transcorreu durante a intervenção, incluindo alguns medidores relevantes para o desempenho do aluno, importantes no dia a dia escolar, como aprovação, eventual influência da aula virtual na estruturação de respostas – com termos e conceitos transmitidos pelo material –, capacidade de representação em gráficos e melhoria na qualidade das respostas (mais completas e com maior exatidão científica). O sistema de pontuação das características analisadas derivou daquele utilizado na investigação (de 0 a 3), acrescido de sinal para contabilizar apoio ou prejuízo para o processo de ensino e aprendizagem. Considerou-se pontuação +3 se a qualidade medida estava presente e contribuiu para o processo de aprendizagem; zero, se a qualidade estava ausente; e –3, quando a qualidade medida estava presente, mas comprometeu o processo de aprendizagem. O somatório dos valores para o IEF poderia assumir: valor negativo, indicando prevalência de efeitos indesejáveis (como diminuição da taxa de aprovação, não ocorrência de acréscimos de exatidão e completude das respostas); valor zero, indicando que efeitos indesejáveis anularam os desejáveis; e valor igual ou maior que 3, indicando que os efeitos desejáveis foram superiores. Na presente investigação, valores iguais ou maiores que 3 foram obtidos por 54% dos alunos apresentados à aula virtual 1 (aula sem inovações), 68% dos alunos apresentados à aula virtual 2 (aula com multirrepresentação), 88% dos alunos apresentados à aula virtual 3 (aula com ciclos de interação) e 79% dos alunos apresentados à aula virtual 4 (aula com ciclos de interação e multirrepresentação).

Constatou-se, através do teste de Kruskal-Wallis, que a variável IEF foi significativamente afetada pelo tipo de material. Testes *post hoc* (Mann-Whitney e o de soma de postos de Wilcoxon) indicaram que os IEFs dos alunos que interagiram com os materiais 3 (ciclos de interação) e 4 (ciclos + multirrepresentação) foram significativamente maiores do que o IEF dos alunos que interagiram com o material 1 (tradicional). Considerou-se, portanto, que a aula virtual contribuiu para uma evolução formativa dos alunos.

## Resultados Qualitativos

A análise qualitativa das respostas mostrou-se mais útil para perceber alguma influência da aula virtual sobre a competência representacional. Observou-se aumento do número de alunos que utilizaram adequadamente a multirrepresentação, e é preciso ressaltar o aumento da qualidade das representações e o seu uso para funções de promover abstração, viabilizar generalização e relacionar as representações, muitas vezes com características argumentativas.

Ao todo, 18 alunos utilizaram a multirrepresentação no pré-teste. As representações não texto corresponderam a equação química (1 vez), fórmulas matemáticas (2 vezes) e figuras (15 vezes). As figuras situaram-se nos níveis icônico (1 vez), simbólico (11 vezes) e sintático (2 vezes), de acordo com a classificação de Kozma e Russell (2005). Desse total, apenas seis alunos usaram multirrepresentação apropriadamente.

No pós-teste, 12 alunos utilizaram a multirrepresentação, dos quais 11 fizeram-no de maneira apropriada. As representações não texto corresponderam ao uso de gráficos (2 vezes) e fórmulas matemáticas (2 vezes), todos no nível argumentativo, e figuras (8 vezes), com uso nos níveis simbólico e sintático.

Verificou-se, portanto, aumento do número de alunos que utilizaram adequadamente a multirrepresentação, além do aumento da qualidade das representações e do uso para funções de promover abstração, viabilizar generalização e relacionar as representações, o que, segundo Ainsworth (1999), permite um profundo entendimento da situação. Essas representações foram usadas de forma original, com critérios que os alunos julgaram importantes para sua escolha.

Observou-se, no pós-teste, a utilização de termos específicos empregados na aula virtual e de explicações construídas a partir

Tabela 2: Uso apropriado de representações e de termos e explicações embasados na aula virtual, em número absoluto de ocorrência, em cada uma das aulas virtuais, no pós-teste

| Aula virtual | Representações não-texto | Termos | Explicações |
|---|---|---|---|
| Sem inovações | 3 | 2 | 1 |
| Multirrepresentação | 3 | 1 | 2 |
| Ciclos de interação | 3 | 2 | 5 |
| Multi + ciclos | 3 | 1 | 7 |

da lógica do material. As expressões foram usadas dentro das respostas elaboradas pelos alunos, sinalizando uma apropriação com contextualização e internalização de conceitos, sem ser simplesmente por memorização. A Tabela 2 apresenta o uso apropriado de representações e de termos e explicações fundamentados na aula virtual, no pós-teste.

Observa-se na Tabela 2, nos alunos que utilizaram a aula virtual com recurso de ciclos de interação apenas e no material com recurso de ciclos de interação e multirrepresentação, um aumento do uso de explicações construídas a partir de argumentos expostos no material.

## Considerações Finais

Tuckman (2012) afirma que o tamanho da amostra deve ser capaz de evidenciar a diferença, caso exista, prevista na hipótese. O presente estudo teve à disposição um número limitado de alunos, e isso pode, segundo Maher *et al*. (2013), ter comprometido a eficiência dos testes estatísticos e diminuído a capacidade de significância para detectar um determinado efeito.

A experiência do pré-teste, de acordo com Tuckman (2012), pode aumentar a probabilidade de os sujeitos melhorarem o seu desempenho no pós-teste subsequente, principalmente no caso desta investigação, em que o pós-teste foi idêntico ao pré-teste e aplicado após curto intervalo de tempo. Assim, fica a dúvida sobre quão a melhoria no desempenho observado foi consequência da intervenção (aula virtual) ou do pré-teste. Além disso, ainda com base em Tuckman (2012), em outro conjunto de condições em que o pré-teste não tivesse sido aplicado, o tratamento poderia não ter os mesmos efeitos, o que afeta a generalização dos resultados.

O entendimento de algumas relações da construção do discurso no ensino de química, levantadas nesta investigação, poderá contribuir, em futuros estudos, para a ampliação de aplicabilidade em outras ciências e em outros níveis de escolaridade.

A utilização de equipe multidisciplinar, com a participação de professores, especialistas em tecnologia, profissionais da área de educação química e ensino de ciências, poderá possibilitar a otimização da implementação dos recursos propostos, aliados a outros que, porventura, sejam pertinentes.

O estudo tem grande potencial para ser utilizado com professores em formação, estabelecendo-se uma linha de investigação quanto à aceitação, perspectiva e possibilidades de uso de aula virtual e quanto às concepções dos futuros professores a respeito dos recursos de multirrepresentação e ciclos de interação.

Espera-se que a experiência advinda desta pesquisa em ensino de ciências possa contribuir para oportunos debates também no campo da divulgação de ciências, pois as discussões sobre multirrepresentação e ciclos de interação podem contribuir para o desenvolvimento de formas de suporte ao processo de construção de significados no ensino não formal.

## Referências


AGUIAR, O. G.; MORTIMER, E. F. e SCOTT, P. Learning from and responding to students' questions: the authoritative and dialogic tension. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 47, n. 2, p. 174-193, 2010.

AINSWORTH, S. The functions of multiple representations. *Computers & Education*, v. 33, n. 2-3, p. 131-152, 1999.

ALCAÑIZ, E. J. *Enlace químico y estructura de la materia*. Universidad de Alcalá, 2003. Disponível em http://www3.uah.es/edejesus/resumenes/EQEM.htm, acessada em Novembro 2018.

ALMEIDA, M. E. B Educação e tecnologias no Brasil e em Portugal em três momentos de sua história. *Educação, Formação & Tecnologias*, v. 1, n. 1, p. 23-36, 2008.

ASLAN, A. e ZHU, C. Investigating variables predicting Turkish preservice teachers' integration of ICT into teaching practices. *British Journal of Educational Technology*, v. 48, n. 2, p. 552-570, 2017.

ATKINS, P. W. e DE PAULA, J. *Atkins' physical chemistry*. 8ª ed. Oxford: Oxford University Press, 2006.

AUSUBEL, D. P. *Aquisição e retenção de conhecimentos*. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 2003.

BARKER, B. *Peterson's master AP chemistry.* 2ª ed. Lawrenceville: Peterson's, 2007.

BARRY, A. E.; SZUCS, L. E.; REYES, J. V.; JI, Q.; WILSON, K. L. e THOMPSON, B. Failure to report effect sizes: the handling of quantitative results in published health education and behavior research. *Health Education and Behavior*, v. 43, n. 5, p. 518-527, 2016.

BIDARRA, J. e RUSMAN, E. Towards a pedagogical model for science education: bridging educational contexts through a blended learning approach. *Open Learning*, v. 32, n. 1, p. 6-20, 2017.

BROWN, T. L.; LEMAY JR., H. E.; BURSTEN, B. E. e BURDGE, J. R. *Química. La ciencia central*. Naucalpan de Juárez: Pearson Educación, 2004.

CASTELLAN, G. *Fundamentos de físico-química*. Rio de Janeiro: LTC, 2001.

CHANG, R. e GOLDSBY, K. A. *Química*. 11ª ed. Porto Alegre: AMGH Editora Ltda, 2011.

COHEN, L.; MANION, L. e MORRISON, K. *Research methods in education.* 6ª ed. Abingdon: Routledge, 2007.

DU PLESSIS, A. Student-teachers' pedagogical beliefs: learner-centred or teacher-centred when using ICT in the science classroom? *Journal of Baltic Science Education*, v. 15, n. 2, p. 140-158, 2016.

DURLAK, J. A. How to select, calculate, and interpret effect sizes. *Journal of Pediatric Psychology*, v. 34, n. 9, p. 917-928, 2009.

DUVAL, R. Registros de representação semiótica e funcionamento cognitivo do pensamento. Trad. M. T. Moretti. *Revista Eletrônica de Educação Matemática*, v. 7, n. 2, p. 266-297, 2012.

EDWARDS, N. Multimodality in science education as productive pedagogy in a PGCE programme. *Perspectives in Education*, v. 33, n. 3, p. 159-175, 2015.

EKICI, F. T. e PEKMEZCI, S. Using ICT-supported narratives in teaching science and their effects on middle school students. *Turkish Online Journal of Educational Technology*, v. 14, n. 4, p. 173-186, 2015.

ENGEL, T. e REID, P. *Química física*. Madrid: Pearson Educación, 2006.

FIELD, A. P. *Discovering statistics using IBM SPSS statistics:* and sex and drugs and rock 'n' roll. 3ª ed. Los Angeles: SAGE, 2009.

FOZDAR, B. I. Open and distance learning (ODL): a strategy of development through its potential role in improving science & technology knowledge. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, v. 10, n. 2, p. 9-16, 2015.

GIORDAN, M. Análise e reflexões sobre os artigos de educação em química e multimídia publicados entre 2005 e 2014. *Química Nova na Escola*, v. 37, n. 2, p. 154-160, 2015.

GROFF, J. e MOUZA, C. A framework for addressing challenges to classroom technology use. *Association for the Advancement of Computing in Education Journal*, v. 16, n. 1, p. 21-46, 2008.

HERNÁNDEZ SAMPIERI, R.; FERNÁNDEZ COLLADO, C. e BAPTISTA LUCIO, P. *Metodología de la investigación*. 5ª ed. Ciudad de México: McGraw-Hill Interamericana, 2010.

HILL, M. e SHARMA, M. D. Students' representational fluency at university: a cross-sectional measure of how multiple representations are used by physics students using the representational fluency survey. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, v. 11, n. 6, p. 1633-1655, 2015.

HINOSTROZA, J. E.; IBIETA, A. I.; CLARO, M. e LABBÉ, C. Characterisation of teachers' use of computers and internet inside and outside the classroom: the need to focus on the quality. *Education and Information Technologies*, v. 21, n. 6, p. 1595-1610, 2016.

KOEHLER, M. J. e MISHRA, P. What is technological pedagogical content knowledge? *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, v. 9, n. 1, p. 60-70, 2009.

KOZMA, R. e RUSSELL, J. Students becoming chemists: developing representational competence. In: GILBERT, J. K. (Ed.). *Visualization in science education*. Dordrecht: Springer, 2005. p. 121-145.

KURT, S. Examining teachers' use of computer-based technologies: a case study. *Education and Information Technologies*, v. 18, p. 557-570, 2013.

LABURÚ, C. E.; BARROS, M. A. e SILVA, O. H. M. Multimodos e múltiplas representações, aprendizagem significativa e subjetividade: três referenciais conciliáveis da educação científica. *Ciência & Educação*, v. 17, n. 2, p. 469-487, 2011.

LEVINE, I. N. *Physical chemistry.* 6ª ed. New York: McGraw-Hill, 2009.

LÓPEZ, V. e PINTÓ, R. Identifying secondary-school students' difficulties when reading visual representations displayed in physics simulations. *International Journal of Science Education*, p. 1-28, 2017.

MACCARTHY, B. L.; LEWIS, M.; VOSS, C. e NARASIMHAN, R. The same old methodologies? Perspectives on OM research in the post-lean age. *International Journal of Operations and Production Management*, v. 33, n. 7, p. 934-956, 2013.

MAHER, J. M.; MARKEY, J. C. e EBERT-MAY, D. The other half of the story: effect size analysis in quantitative research. *CBE – Life Sciences Education*, v. 12, p. 345-351, 2013.

MCDERMOTT, M. A. e HAND, B. The impact of embedding multiple modes of representation within writing tasks on high school students' chemistry understanding. *Instructional Science*, v. 41, n. 1, p. 217-246, 2013.

MORENO, E. L. e HEIDELMANN, S. P. Recursos instrucionais inovadores para o ensino de química. *Química Nova na Escola*, v. 39, n. 1, p. 12-18, 2017.

MORTIMER, E. F. e SCOTT, P. Atividade discursiva nas salas de aula de ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 7, n. 3, p. 283-306, 2002.

_____; MASSICAME, T.; BUTY, C. e TIBERGHIEN, A. Uma metodologia de análise e comparação entre a dinâmica discursiva de salas de aulas de ciências utilizando *software* e sistema de categorização de dados em vídeo: parte 1, dados quantitativos. In: *Atas do V Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências*. Bauru, SP, 2005.

MORTIMER, R. G. *Physical chemistry*. 3ª ed. Oxford: Elsevier Academic Press, 2008.

NIELSEN, J. *Usability 101*: introduction to usability. 2003. Disponível em http://tfa.stanford.edu/download/IntroToUsability.pdf, acessada em Novembro 2018.

NOKELAINEN, P. An empirical assessment of pedagogical usability criteria for digital learning material with elementary school students. *Educational Technology & Society*, v. 9, n. 2, p. 178-197, 2006.

NOVAK, J. D. e GOWIN, D. B. *Aprender a aprender*. Lisboa: Plátano, 1996.

ÖZMEN, H. Some student misconceptions in chemistry: a literature review of chemical bonding. *Journal of Science Education and Technology*, v. 13, n. 2, p. 147-159, 2004.

PAIVA, J. C. e COSTA, L. A. Exploration guides as a strategy to improve the effectiveness of educational software in chemistry. *Journal of Chemical Education*, v. 87, n. 6, p. 589-591, 2010.

PETRUCCI, R. H.; HERRING, F. G.; MADURA, J. D. e BISSONNETTE, C. *Química general*. 10ª ed. Madrid: Pearson Educación, 2011.

SCOTT, P.; MORTIMER, E. e AMETLLER, J. Pedagogical link-making: a fundamental aspect of teaching and learning scientific conceptual knowledge. *Studies in Science Education*, v. 47, n. 1, p. 3-36, 2011.

SILVA, A. C. T. e MORTIMER, E. F. Caracterizando estratégias enunciativas em uma sala de aula de química: aspectos teóricos e metodológicos em direção à configuração de um gênero do discurso. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 15, n. 1, p. 121-153, 2010.

STEINER, D. e MENDELOVITCH, M. "I'm the same teacher": the attitudes of science and computer literacy teachers regarding integrating ICT in instruction to advance meaningful learning. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, v. 13, n. 5, p. 1259-1282, 2017.

TRO, N. J. *Chemistry*: structure and properties. Upper Saddle River: Pearson Education, 2015.

TUCKMAN, B. *Manual de investigação em educação*. 4ª ed.. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2012.

ZHAO, Y.; PUGH, K.; SHELDON, S. e BYERS, J. L. Conditions for classroom technology innovations. Teachers College Record, v. 104, n. 3, p. 482-515, 2002.

## Normas para Publicação

### *Preparação dos Manuscritos*

Os trabalhos deverão ser digitados em página A4, espaço duplo, tipo Times Roman, margens 2,5, devendo ter no máximo o número de páginas especificado para a seção da revista à qual são submetidos. Na primeira página deverá conter o título do trabalho e um resumo do artigo com, no máximo, 1000 caracteres (espaços inclusos) e a indicação de três palavras-chave, seguidos de suas traduções para a linha inglesa, incluindo o título.
Não deve haver indicação dos autores no documento com o manuscrito e nenhum dado ou marcas em qualquer parte do texto que conduzam à sua identificação, durante a avaliação como, por exemplo: nome e filiação institucional; nomes de projetos e coordenadores de projetos (quando não são indispensáveis); referências e citações (utilizar "Autor1, ano", "Autor2, ano"... para manter o anonimato); local, título ou local de defesa de mestrado ou doutorado; agradecimentos etc. Os autores devem eliminar auto-referências. As informações dos autores devem estar descritas na carta de apresentação aos editores, e esta deverá conter o título do trabalho, o(s) nome(s) do(s) autor(es), sua(s) formação(ções) acadêmica(s), a instituição em que trabalha(m) e o endereço completo, incluindo o eletrônico. Verifique as propriedades do documento para retirar quaisquer informações.
As referências citadas devem ser relacionadas ao final do texto, segundo exemplos abaixo:
**- Para livros** referência completa (citação no texto entre parênteses):
AMBROGI, A.; LISBÔA, J. C. e VERSOLATO, E. F. *Unidades modulares de química*. São Paulo: Gráfica Editora Hamburg, 1987. - (Ambrogi *et al.*, 1987).
KOTZ, J. C. e TREICHEL Jr., P. *Química e reações químicas*. Trad. J. R. P. Bonapace. 4ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2002. v. 1. - (Kotz e Treichel Jr., 2002).
**- Para periódicos** referência completa (citação no texto entre parênteses):
TOMA, H. E. A nanotecnologia das moléculas. *Química Nova na Escola*, n. 21, p. 3-9, 2005. - (Toma, 2005).
ROSINI, F.; NASCENTES, C. C. E NÓBREGA, J. A. Experimentos didáticos envolvendo radiação microondas. *Química Nova*, v. 26, p. 1012-1015, 2004. - (Rosini *et al*., 2004).
**- Para páginas internet** referência completa (citação no texto entre parênteses):
http://qnesc.sbq.org.br, acessada em Março 2008. – (Revista Química Nova na Escola, 2008).
Para outros exemplos, consulte-se número recente da revista.
Os autores devem, sempre que possível, sugerir outras leituras ou acessos a informações e reflexões a respeito dos temas abordados no texto, para serem incluídos em "Para Saber Mais".
As legendas das figuras devem ser colocadas em página à parte, ao final, separadas das figuras. A seguir devem ser colocadas as figuras, os gráficos, as tabelas e os quadros. No texto, apenas deve ser indicado o ponto de inserção de cada um(a).
Os autores devem procurar seguir, no possível, as normas recomendadas pela IUPAC, inclusive o Sistema Internacional de Unidades.

### *Condições para Submissão dos Artigos*

1) Os manuscritos submetidos não devem estar sendo analisados por outros periódicos.
2) Os autores são responsáveis pela veracidade das informações prestadas e responsáveis sobre o conteúdo dos artigos.
3) Os autores devem seguir as recomendações das Normas de Ética e Más Condutas constantes na página da revista http://qnesc.sbq.org.br/pagina.php?idPagina=17.
4) Os autores declaram que no caso de resultados de pesquisas relacionadas a seres humanos eles possuem parecer de aprovação de um Comitê de Ética em pesquisa.
5) No caso de envio de imagens, os autores devem enviar cópia do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido assinado pelo(s) sujeito(s) (ou seus responsáveis), autorizando o uso da imagem.
6) Os autores declaram a inexistência de conflito de interesses na submissão do manuscrito.
7) É responsabilidade dos autores garantirem que não haja elementos capazes de identificá-los em qualquer parte do texto.

### *Submissão dos Artigos*

Química Nova na Escola oferece aos autores a submissão on line, que pode ser acessada por meio do registro de Login e Senha. É possível registrar-se em nossa página na internet (http://qnesc.sbq.org.br) usando a opção Novo Usuário. Usuários das plataformas do JBCS e QN já estão cadastrados na base, devendo utilizar o mesmo Login e Senha. Após estar cadastrado no sistema, o autor pode facilmente seguir as instruções fornecidas na tela. Será solicitada a submissão de um único arquivo do manuscrito completo, em formato PDF. Está disponível uma ferramenta para gerar o arquivo .pdf, a partir de arquivo .doc ou .rtf, com envio automático para o endereço eletrônico do autor. Tão logo seja completada a submissão, o sistema informará automaticamente, por correio eletrônico, o código temporário de referência do manuscrito, até que este seja verificado pela editoria. Então será enviada mensagem com o número de referência do trabalho.
Se a mensagem com código temporário de submissão não for recebida, por algum motivo, a submissão não foi completada e o autor terá prazo máximo de 5 (cinco) dias para completá-la. Depois desse prazo, o sistema não permite o envio, devendo ser feita nova submissão.
O autor poderá acompanhar, diretamente pelo sistema, a situação de seu manuscrito.
Ao fazer a submissão, solicita-se uma carta de apresentação, indicando a seção na qual o artigo se enquadra, que deverá ser digitada no local indicado, sendo obrigatória a apresentação dos endereços eletrônicos de todos os autores.

### *Manuscritos revisados*

Manuscritos enviados aos autores para revisão devem retornar à Editoria dentro do prazo de 30 dias ou serão considerados como retirados.
A editoria de Química Nova na Escola reserva-se o direito de efetuar, quando necessário, pequenas alterações nos manuscritos aceitos, de modo a adequá-los às normas da revista e da IUPAC, bem como tornar o estilo mais claro - respeitando, naturalmente, o conteúdo do trabalho. Sempre que possível, provas são enviadas aos autores, antes da publicação final do artigo.
Todos os textos submetidos são avaliados no processo de duplo-cego por ao menos dois assessores. Os Editores se reservam o direito de julgar e decidir sobre argumentos divergentes durante o processo editorial.

## Seções / Linha Editorial

### *Química Nova na Escola (Impresso)*

Serão considerados, para publicação na revista Química Nova na Escola (impresso), artigos originais (em Português) que focalizem a área de ensino de Química nos níveis fundamental, médio ou superior, bem como artigos de História da Química, de pesquisa em ensino e de atualização científica que possam contribuir para o aprimoramento do trabalho docente e para o aprofundamento das discussões da área.

*Química Nova na Escola (On-line)*

Serão considerados, para publicação na revista Química Nova na Escola (on-line), além dos artigos com o perfil da revista impressa, artigos inéditos (empíricos, de revisão ou teóricos) em Português, Espanhol ou Inglês que apresentem profundidade teórico-metodológica, gerem conhecimentos novos para a área e contribuições para o avanço da pesquisa em Ensino de Química. Estes artigos deverão atender aos critérios da seção "Cadernos de Pesquisa".

Os artigos são aceitos para publicação nas seguintes seções:

**QUÍMICA E SOCIEDADE**
Responsável: Roberto Ribeiro da Silva (UnB)
Aspectos importantes da interface química/sociedade, procurando analisar as maneiras como o conhecimento químico pode ser usado - bem como as limitações de seu uso - na solução de problemas sociais, visando a uma educação para a cidadania. Deve-se abordar os principais aspectos químicos relacionados à temática e evidenciar as principais dificuldades e alternativas para o seu ensino.
Limite de páginas: 20

**EDUCAÇÃO EM QUÍMICA E MULTIMÍDIA**
Responsável: Marcelo Giordan (USP)
Visa a aproximar o leitor das aplicações das tecnologias da informação e comunicação no contexto do ensino-aprendizado de Química, publicando resenhas de produtos e artigos/notas teóricos e técnicos. Deve-se explicitar contribuições para o processo de ensino-aprendizagem.
Limite de páginas: 15

**ESPAÇO ABERTO**
Responsável: Otavio Aloísio Maldaner (Unijuí)
Divulgação de temas que igualmente se situam dentro da área de interesse dos educadores em Química, de forma a incorporar a diversidade temática existente hoje na pesquisa e na prática pedagógica da área de ensino de Química, bem como desenvolver a interface com a pesquisa educacional mais geral. Deve-se explicitar contribuições para o processo de ensino-aprendizagem.
Limite de páginas: 20

**CONCEITOS CIENTÍFICOS EM DESTAQUE**
Responsável: José Luís de Paula Barros Silva (UFBA)
Discussão de conceitos básicos da Química, procurando evidenciar sua relação com a estrutura conceitual da Ciência, seu desenvolvimento histórico e/ou as principais dificuldades e alternativas para o ensino.
Limite de páginas: 20

**HISTÓRIA DA QUÍMICA**
Responsável: Paulo Porto (USP)
Esta seção contempla a História da Química como parte da História da Ciência, buscando ressaltar como o conhecimento científico é construído. Deve-se apresentar dados históricos, preferencialmente, de fontes primárias e explicitar o contexto sociocultural do processo de construção histórica.
Limite de páginas: 15

**ATUALIDADES EM QUÍMICA**
Responsável: Edvaldo Sabadini (Unicamp)
Procura apresentar assuntos que mostrem como a Química é uma ciência viva, seja com relação a novas descobertas, seja no que diz respeito à sempre necessária redefinição de conceitos. Deve-se explicitar contribuições para o ensino da Química.
Limite de páginas: 15

**RELATOS DE SALA DE AULA**
Responsável: Nyuara Araújo da Silva Mesquita (UFG)
Divulgação das experiências dos professores de Química, com o propósito de socializá-las junto à comunidade que faz educação por meio da Química, bem como refletir sobre elas. Deve-se explicitar contribuições da experiência vivenciada e indicadores dos resultados obtidos.
Limite de páginas: 20

**ENSINO DE QUÍMICA EM FOCO**
Responsável: Ana Luiza de Quadros (UFMG)
Investigações sobre problemas no ensino da Química, explicitando os fundamentos teóricos, o problema, as questões ou hipóteses de investigação e procedimentos metodológicos adotados na pesquisa, bem como analisando criticamente seus resultados.
Limite de páginas: 25

**O ALUNO EM FOCO**
Responsável: Edênia Maria Ribeiro do Amaral (UFRPE)
Divulgação dos resultados das pesquisas sobre concepções de alunos e alunas, sugerindo formas de lidar com elas no processo ensino-aprendizagem, explicitando os fundamentos teóricos, o problema, as questões ou hipóteses de investigação e procedimentos metodológicos adotados na pesquisa, bem como analisando criticamente seus resultados.
Limite de páginas: 25

**EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE QUÍMICA**
Responsável: Moisés Alves de Oliveira (UEL)
Divulgação de experimentos que contribuam para o tratamento de conceitos químicos no Ensino Médio e Fundamental e que utilizem materiais de fácil aquisição, permitindo sua realização em qualquer das diversas condições das escolas brasileiras. Deve-se explicitar contribuições do experimento para a aprendizagem de conceitos químicos e apresentar recomendações de segurança e de redução na produção de resíduos, sempre que for recomendável.
Limite de páginas: 10

**CADERNOS DE PESQUISA**
Responsável: Editoria
Esta seção é um espaço dedicado exclusivamente para artigos inéditos (empíricos, de revisão ou teóricos) que apresentem profundidade teórico-metodológica, gerem conhecimentos novos para a área e contribuições para o avanço da pesquisa em Ensino de Química. Os artigos empíricos deverão conter revisão consistente de literatura nacional e internacional, explicitação clara e contextualização das questões de pesquisa, detalhamento e discussão dos procedimentos metodológicos, apresentação de resultados e com conclusões que explicitem contribuições, implicações e limitações para área de pesquisa em Ensino de Química. Os artigos de revisão deverão introduzir novidades em um campo de conhecimento específico de pesquisa em Ensino de Química, em um período de tempo não inferior a dez anos, abrangendo os principais periódicos nacionais e internacionais e apresentando profundidade na análise crítica da literatura, bem como rigor acadêmico nas argumentações desenvolvidas. Os artigos teóricos deverão envolver referenciais ainda não amplamente difundidos na área e trazer conclusões e implicações para a pesquisa e a prática educativa no campo do Ensino de Química, apresentando profundidade teórica, bem como rigor acadêmico nas argumentações desenvolvidas. Para esta seção, o resumo do artigo deverá conter de 1000 a 2000 caracteres (espaços inclusos), explicitando com clareza o objetivo do trabalho e informações sobre os tópicos requeridos para o tipo de artigo. Poderão ser indicadas até seis palavras-chaves.
Limite de páginas: 30 a 40.

A Divisão de Ensino da Sociedade Brasileira de Química
tem o prazer de anunciar mais um produto,
**Programas de TV Química Nova na Escola no formato DVD**.

Nesta edição dos **Programas de TV QNEsc**, você encontrará:

- Visualização Molecular
- Nanotecnologia
- Hidrosfera
- Espectroscopia
- A Química da Atmosfera
- A Química dos Fármacos.
- Polímeros Sintéticos
- As Águas do Planeta Terra
- Papel: origem, aplicações e processos.
- Vidros: evolução, aplicações e reciclagem.
- Vidros: origem, arte e aplicações.
- Látex: a camisinha na sala de aula.

São **12 títulos temáticos** em formato digital que totalizam cerca de 4 horas de programação.
Para outras informações e aquisição,
acesse *www.sbq.org.br* em Produtos da SBQ.