

química nova

NA ESCOLA

VOLUME

40

Nº 3, AGOSTO 2018

- 144 Energia, Sociedade e Meio Ambiente no Desenvolvimento de Um Biodigestor: a Interdisciplinaridade e a Tecnologia Arduino para Atividades Investigativas
Haroldo G. Oliveira, Ricardo Antonello, Antônio J. Fidélis e Bruno J. D. Rinaldi
- 153 Ambiente Virtual de Aprendizagem para a Aplicação de Atividades Didáticas Pautadas na Resolução de Estudos de Caso
Nilcimar S. Souza, Patrícia F. O. Cabral e Salete L. Queiroz
- 160 Da Intencionalidade à Responsabilidade Lúdica: Novos Termos para Uma Reflexão Sobre o Uso de Jogos no Ensino de Química
Cinthia M. Felício e Márlon H. F. B. Soares
- 169 As Muitas Interpretações da Entropia e a Criação de Um Material Didático Para o Ensino da Interpretação Probabilística da Entropia
Higo L. B. Cavalcanti, Edvan A. Ferreira, Paloma G. Abrantes e Gláucia N. Cavalcanti
- 178 Análise dos Artigos Sobre “Natureza da Ciência” Publicados na Seção História da Química da Revista QNesc entre 1995-2016
Viviane Arrigo, Natany D. S. Assai, Álvaro Lorencini Jr., Mariana A. B. S. de Andrade e Fabiele C. D. Broietti
- 186 Modelizações Astronáuticas na Perspectiva da Educação CTS: Proposta de Atividade Integradora ao Ensino de Ciências
Paulo Vitor T. Souza, Nicéa Q. Amauro e Marcos Fernandes-Sobrinho
- 196 Estudo da Motivação do Aluno no Processo de Ensino e Aprendizagem Promovida pelo Uso de Modelos Moleculares, Validado por Meio de Áudio e Vídeo
Paulo H. Fabri e Rosana A. Giacomini
- 209 Medindo a Pressão Osmótica de Soluções em Osmômetro Construído com Membrana de Ovos de Aves
Marcelo G. Santos e Wagner G. Bastos
- 214 O Ensino de Química no Ensino CTS Brasileiro: Uma Revisão Bibliográfica de Publicações em Periódicos
Júlia D. Bouzon, Juliana B. Brandão, Taís C. dos Santos e Álvaro Chrispino

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 - Ijuí, RS - Brasil)

Luiz Henrique Ferreira (UFSCar - São Carlos, SP - Brasil)

Marcelo Giordan (FE-USP - São Paulo, SP - Brasil)

Otávio Aloísio Maldaner (UNIJUÍ - Ijuí, 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 Doui Duati

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, microfílmicas 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

Química e Sociedade / Chemistry and Society

144 Energia, Sociedade e Meio Ambiente no Desenvolvimento de Um Biodigestor: a Interdisciplinaridade e a Tecnologia Arduino para Atividades Investigativas

Energy, Society and Environment in Digester Construction: the Interdisciplinarity and Arduino Technology for Research Activities

Haroldo G. Oliveira, Ricardo Antonello, Antônio J. Fidélis e Bruno J. D. Rinaldi

Educação em Química e Multimídia / Chemical Education and Multimedia

153 Ambiente Virtual de Aprendizagem para a Aplicação de Atividades Didáticas Pautadas na Resolução de Estudos de Caso

Virtual Learning Environment for Carrying out Didactic Activities Based on Solving Case Studies

Nilcimar S. Souza, Patrícia F. O. Cabral e Salete L. Queiroz

Espaço Aberto / Issues/Trends

160 Da Intencionalidade à Responsabilidade Lúdica: Novos Termos para Uma Reflexão Sobre o Uso de Jogos no Ensino de Química

From Intentionality to Playful Responsibility: New Terms for Reflection about Use of Games in Chemistry Teaching

Cinthia M. Felício e Márlon H. F. B. Soares

Conceitos Científicos em Destaque / Scientific Concepts Highlighted

169 As Muitas Interpretações da Entropia e a Criação de Um Material Didático Para o Ensino da Interpretação Probabilística da Entropia

The Many Interpretations of Entropy and the Creation of a Didactic Material for the Teaching of the Probabilistic Interpretation of Entropy

Higo L. B. Cavalcanti, Edvan A. Ferreira, Paloma G. Abrantes e Gláucia N. Cavalcanti

História da Química / History of Chemistry

178 Análise dos Artigos Sobre "Natureza da Ciência" Publicados na Seção História da Química da Revista QNesc entre 1995-2016

Analysis of the Articles on "Nature of Science" Published in the History of Chemistry Section of the Journal QNesc Between 1995-2016

Viviane Arrigo, Natany D. S. Assai, Álvaro Lorencini Jr., Mariana A. B. S. de Andrade e Fabiele C. D. Broietti

Relatos de Sala de Aula / Chemistry in the Classroom

186 Modelizações Astronáuticas na Perspectiva da Educação CTS: Proposta de Atividade Integradora ao Ensino de Ciências

Astronautical Modeling in the Perspective of STS Education: Proposal of Integrative Activity in the Teaching of Sciences

Paulo Vítor T. Souza, Nicéa Q. Amauro e Marcos Fernandes-Sobrinho

Ensino de Química em Foco / Chemical Education in Focus

196 Estudo da Motivação do Aluno no Processo de Ensino e Aprendizagem Promovida pelo Uso de Modelos Moleculares, Validado por Meio de Áudio e Vídeo

Assessment of Student Motivation in the Teaching and Learning Process Promoted by Using Molecular Models, Validated with Audio and Video Recording

Paulo H. Fabri e Rosana A. Giacomini

Experimentação no Ensino de Química / Practical Chemistry Experiments

209 Medindo a Pressão Osmótica de Soluções em Osmômetro Construído com Membrana de Ovos de Aves

Measuring the Osmotic Pressure of Solutions in Osmometer Made with Membrane from Bird Eggs

Marcelo G. Santos e Wagner G. Bastos

Cadernos de Pesquisa/Research Letters

214 O Ensino de Química no Ensino CTS Brasileiro: Uma Revisão Bibliográfica de Publicações em Periódicos

Chemistry Teaching in Brazilian CTS Teaching: a Bibliographic Review of Journal Articles

Júlia D. Bouzon, Juliana B. Brandão, Tais C. dos Santos e Álvaro Chrispino

XIX Encontro Nacional de Ensino de Química

A expectativa com relação ao XIX Encontro Nacional de Ensino de Química (ENEQ), anunciada em nosso Editorial anterior, foi alcançada: o evento, de fato, fez história. Ocorrido entre os dias 16 e 19 de julho de 2018, na Universidade Federal do Acre, em Rio Branco, sob a coordenação geral de Adriano Antonio Silva e de Gahelyka Aghta Pantano Souza, o ENEQ contou com a inscrição de 504 trabalhos, sendo 466 aprovados nas modalidades pôster, MOMADIQ e comunicação oral. Dele participaram 442 pessoas, foram apresentados 416 trabalhos e foram oferecidas 2 palestras, 13 Experiências da Licenciatura em Foco, 7 oficinas e 22 minicursos. A sessão de divulgação de livros permitiu aos presentes o acesso a mais de 20 títulos sobre assuntos variados vinculados à educação em química, evidenciando a pujança da área. Esta pujança é, em grande parte, resultante da dedicação e empenho de professores como Wildson Luiz Pereira dos Santos, da Universidade de Brasília, com quem tivemos a satisfação de compartilhar a Editoria desta Revista entre 2013 e 2015, homenageado postumamente no evento. A atuação de Wildson é destacada neste número da **QNEsc**, na seção Cadernos de Pesquisa, idealizada pelo próprio, onde se revela a sua autoria na obra mais referenciada com enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) no ensino de química no Brasil: “Educação em Química: compromisso com a cidadania”.

Além de ter acontecido pela primeira vez na Região Norte do país, durante a realização do ENEQ foi criada a Sociedade Brasileira de Ensino de Química (SBEnQ), entidade ansiosamente esperada pela nossa comunidade, e que tem o propósito de acolher e representar professores e pesquisadores em ensino de química. Seu primeiro presidente, eleito na ocasião, é Gerson Mol, da Universidade de Brasília. A criação da SBEnQ ensejará oportunidades de desenvolvimento do ensino de química e das pesquisas na área, assim como a divulgação das mesmas. Que a SBEnQ tenha um futuro promissor e que venha a promover “transformações e mudanças no contexto educacional contemporâneo”, como indicava a temática escolhida para o ENEQ 2018!

O entusiasmo com que relatamos algumas das ações que foram desencadeadas no ENEQ também se faz presente na apresentação deste número da **QNEsc**, o qual traz artigos que estão associados a 9 seções distintas da Revista, conferindo-lhe caráter bastante diversificado.

A abordagem CTS, investigada na seção Cadernos de Pesquisa, é retomada na seção Relatos de Sala de Aula em proposta que articula os ensinamentos de química, física, matemática e artes a partir da construção e do lançamento

de foguetes. Na seção Ensino de Química e Multimídia, os autores do artigo “Ambiente Virtual de Aprendizagem para a aplicação de atividades didáticas pautadas na resolução de estudos de caso” apresentam ferramenta computacional que possibilita o oferecimento de uma nova roupagem para as atividades didáticas que se baseiam na resolução de casos investigativos. O destaque para as Novas Tecnologias de Informação e Computação (NTIC) é também encontrado na seção Química e Sociedade, no artigo “Energia, sociedade e meio ambiente no desenvolvimento de um biodigestor: a interdisciplinaridade e a tecnologia Arduino para atividades investigativas”, no qual a ferramenta *blog* foi útil para promover a aprendizagem envolvendo projeto de produção de biogás.

Reflexões sobre o uso de jogos no ensino de química, assunto abordado em muitas ocasiões da **QNEsc**, são apresentadas na seção Espaço Aberto, tendo em vista a proposição de uma linguagem que auxilie os profissionais atuantes nessa área de investigação. Em contraponto, na seção Ensino de Química em Foco os autores tratam da motivação do aluno no processo de ensino e aprendizagem, um tópico de interesse recente e que tem tomado vulto na área.

Com base em procedimento já observado em outras edições da Revista, os autores do artigo da seção História da Química, “Análise dos artigos sobre ‘Natureza da Ciência’ publicados na seção História da Química da Revista **QNEsc** entre 1995-2016”, tomaram como objeto de estudo textos dela oriundos com o propósito de analisar aqueles que salientam aspectos da construção do conhecimento científico para ensinar química.

Nas demais seções que completam a composição deste número, Experimentação no Ensino de Química e Conceitos Científicos em Destaque, estão os artigos: “Medindo a pressão osmótica de soluções em osmômetro construído com membrana de ovos de aves”, que fornece subsídios ao professor na realização de experimentos sobre a osmose; e “As muitas interpretações da entropia e a criação de um material didático para o ensino da interpretação probabilística da entropia”, que discute a origem do termo entropia e diferentes maneiras de interpretá-la.

Ótima leitura a todos!

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



Energia, Sociedade e Meio Ambiente no Desenvolvimento de Um Biodigestor: a Interdisciplinaridade e a Tecnologia Arduino para Atividades Investigativas

Haroldo G. Oliveira, Ricardo Antonello, Antônio J. Fidélis e Bruno J. D. Rinaldi

A abordagem ambiental e socioeconômica da produção de biogás foi realizada em sala de aula e permitiu aos alunos de Ensino Médio Técnico uma reflexão sobre a potencial geração de energia das propriedades rurais locais. Os alunos construíram um biodigestor de baixo custo e avaliaram sua eficiência na produção de biogás utilizando o microcontrolador Arduino UNO. Os resultados das etapas de discussão em sala de aula e no laboratório foram apresentados em feiras de ciências do Campus e posteriormente no *blog* criado pelos alunos. A contextualização através do tema biogás e a avaliação da eficiência do biodigestor utilizando uma ferramenta de controle e automação criou uma maior motivação para a aprendizagem, em sala de aula, de tecnologias que envolvem energia renovável e sua relação com a sociedade e meio ambiente.

► biogás, controle e automação, arranjos produtivos locais ◀

Recebido em 16/11/2017, aceito em 30/04/2018

144

A busca por fontes alternativas de energia tem sido uma preocupação constante, devido ao aumento do consumo e da dependência mundial das fontes de energia não renováveis (CGEE, 2010). No Brasil este cenário não é muito diferente. Há cerca de cinco anos, em 2013, a escassez de chuvas em praticamente todas as regiões do Brasil provocou uma crise de abastecimento de água. Este efeito não foi único. A falta de chuvas resultou em baixa produção de energia elétrica proveniente das hidrelétricas. Consequentemente, a tarifa de energia elétrica aumentou em função da energia distribuída naquele momento ser proveniente de fontes térmicas

A busca por fontes alternativas de energia tem sido uma preocupação constante, devido ao aumento do consumo e da dependência mundial das fontes de energia não renováveis (CGEE, 2010). No Brasil este cenário não é muito diferente.

Há cerca de cinco anos, em 2013, a escassez de chuvas em praticamente todas as regiões do Brasil provocou uma crise de abastecimento de água. Este efeito não foi único. A falta de chuvas resultou em baixa produção de energia elétrica proveniente das hidrelétricas. Consequentemente, a tarifa de energia elétrica aumentou em função da energia distribuída naquele momento ser proveniente de fontes térmicas (queima de carvão fóssil). Tal fato ganhou atenção da sociedade em geral sobre os problemas das fontes energéticas de que dispomos atualmente.

(queima de carvão fóssil). Tal fato ganhou atenção da sociedade em geral sobre os problemas das fontes energéticas de que dispomos atualmente. Particularmente no Brasil, existe uma forte dependência da energia proveniente de hidrelétricas, as quais são influenciadas por regimes pluviais sazonais (Rosa, 2009). Assim, a queima de combustíveis fósseis foi uma opção encontrada para suprir a eventual falta de energia proveniente de hidrelétricas. Como resultado, dióxido de carbono (CO₂) é liberado no ambiente, o que, nas últimas décadas, tem sido associado ao aquecimento global. Curiosamente, cerca de dois anos após a estiagem prolongada de 2013, a hidrelétrica binacional Itaipu apresentou

um modelo de produção de biogás a partir de fezes de galinhas provenientes de propriedades rurais do oeste paranaense (<https://veja.abril.com.br/economia/titica-de->

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

galinha-coloca-37-carros-para-rodar-no-brasil/). O biogás é produzido pela biodigestão anaeróbia – sem a presença de oxigênio – de resíduos orgânicos presentes no lixo ou esterco de animais. Este gás, também chamado de biometano, foi utilizado em veículos para locomoção de funcionários dentro da usina. Assim como o exemplo do oeste do Paraná, o oeste de Santa Catarina é uma região estratégica para a produção de biogás, pois possui muitas propriedades rurais com criação de suínos, sendo, portanto, bastante promissora na produção de bioenergia através da utilização de esterco desses animais. A região localizada nas proximidades da cidade de Concórdia, SC, por exemplo, responde por aproximadamente 64% da produção de carne suína no Brasil (Fongaro *et al.*, 2014). A matéria prima assim seria de fácil obtenção, os subprodutos gerados poderiam ser utilizados como biofertilizantes e ainda poderiam promover a redução de gases de efeito estufa (Avaci *et al.*, 2013). Além disso, existe a possibilidade de criação de fontes energéticas descentralizadas e em pequena escala. Nesse sentido, a produção de energia sustentável poderia contribuir para a consolidação de um Arranjo Produtivo Local (APL) por meio de Empreendimentos Econômicos e Solidários conduzidos em Incubadoras Tecnológicas ou Cooperativas Agroindustriais locais e regionais (Erber, 2008).

A repercussão deste tipo de energia renovável foi amplamente comentada em sala de aula pelos alunos que realizaram o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) em novembro de 2016 (BRASIL, 2016). Isto foi um resultado da Questão 63 do Caderno 4 – Rosa, correspondente a Ciências da Natureza e suas Tecnologias, a qual envolvia o aproveitamento de fezes de animais (Projeto *Park Spark*, desenvolvido em Cambridge, MA [EUA]). Cachorros, gatos e animais domésticos, de modo geral, defecavam em praças e locais públicos quando passeavam com seus donos. Na questão, as fezes seriam recolhidas em recipientes apropriados (sacolas plásticas biodegradáveis) e introduzidas em biodigestores instalados no subsolo. A fermentação anaeróbica das fezes produziria biogás que seria utilizado como combustível para iluminação pública de praças e locais de caminhada.

Questões energéticas e socioeconômicas, tanto regionais quanto mundiais, relacionadas à produção de biogás motivaram os alunos do Ensino Médio Integrado em Técnico em Automação Industrial e Técnico em Segurança do Trabalho a desenvolver um protótipo de um biodigestor. Os alunos apresentaram seus conhecimentos prévios sobre o tema, ou seja, o processo de biodigestão como um fenômeno mais familiar de seu cotidiano, e relacionaram com conceitos mais gerais sobre energia, apresentados pelos livros de Ensino Médio de Química, Física e Biologia. Duas alunas,

que se disponibilizaram a confeccionar um biodigestor para atividades experimentais, sugeriram utilizar o microcontrolador Arduino UNO (uma plataforma de prototipagem eletrônica de código aberto em *hardware* e *software*) e sensores de gás metano (CH_4) como ferramentas para avaliar a eficiência do protótipo na geração de biogás. Os resultados obtidos foram discutidos entre os alunos através de *blogs* e divulgados em feiras de ciências do Campus. A ferramenta de Tecnologia da Informação *blog*, editada pelos próprios alunos do Ensino Médio Integrado, foi útil para promover a aprendizagem interdisciplinar envolvendo o projeto de produção de biogás.

Conhecimentos Prévios e Expectativas de Aprendizagem

Atualmente, a divisão das áreas de conhecimento em componentes curriculares frequentemente resulta em um não discernimento das similaridades entre os conceitos de energia estudados nas disciplinas de Química, Física e Biologia. Nesse sentido, o tema bioenergia, indiretamente presente no cotidiano de vários alunos, mostrou-se bastante promissor na compreensão conceitual da energia, além de contribuir para o desenvolvimento mais significativo de atitudes sociais e ambientalmente responsáveis.

Os alunos demonstraram conhecimentos prévios a respeito das alternativas de geração de energia, por exemplo, em termelétricas, carvoarias, usinas nucleares e usinas eólicas.

Conceitos sobre reações exotérmicas e endotérmicas e associações com a sensação térmica por meio da queima de gás propano/butano e da evaporação de álcool sobre a pele foram comentadas pelos alunos. Os processos de transferência de energia (radiação, condução térmica e convecção) (Garcia *et al.*, 2017) foram apresentados pelos alunos para enriquecer a discussão. A transferência de energia pode ocorrer pelos processos de condução térmica (energia propagada em um meio material sólido, transmitida partícula por partícula através de movimento de vibração e condução de elétrons livres em materiais condutores, sem que ocorra transporte de matéria), de convecção (transporte de energia e matéria através da movimentação de diferentes partes de um material fluido [gases e líquidos] devido à diferença de densidade que surge mediante seu aquecimento ou resfriamento) e de radiação (transmissão de energia por meio de ondas eletromagnéticas, sem necessidade de um meio material). O sinal positivo ou negativo da variação da entalpia (transferência de calor, energia térmica em trânsito, a pressão constante) (Silva, 2005), que descreve se o calor está “entrando” ou “saindo” de um sistema em relação a suas vizinhanças, também foi

Atualmente, a divisão das áreas de conhecimento em componentes curriculares frequentemente resulta em um não discernimento das similaridades entre os conceitos de energia estudados nas disciplinas de Química, Física e Biologia. Nesse sentido, o tema bioenergia, indiretamente presente no cotidiano de vários alunos, mostrou-se bastante promissor na compreensão conceitual da energia, além de contribuir para o desenvolvimento mais significativo de atitudes sociais e ambientalmente responsáveis.

questionado. Conforme a definição adotada, a variação da entalpia apresenta valor negativo quando o calor é transferido do sistema para as vizinhanças (processo exotérmico). Se o sistema absorve calor das vizinhanças (processo endotérmico), o valor da variação da entalpia é positivo. Os alunos também relacionaram a ruptura da ligação química com a liberação de energia na forma de calor, conforme discutido em aulas de Biologia. Nessa disciplina, o rompimento das ligações químicas presentes em moléculas como as de ATP resultam em um aumento da energia do sistema na forma de calor, gerando uma concepção alternativa entre os alunos. As discussões sobre energia resultaram na recordação, por parte dos alunos, da Questão do ENEM relacionada aos biodigestores. Sob esta perspectiva, vários alunos relataram a facilidade de obtenção da matéria prima para os biodigestores como uma vantagem considerável de geração de energia, devido à grande produção de carne suína na região. Outros aspectos, como a reutilização dos resíduos orgânicos como biofertilizantes e a redução de emissões de gás estufa também foram levantados. Muitos alunos desenvolveram competências de produzir e avaliar argumentos e habilidades de reflexão acerca do tema. O objetivo foi alcançado em um encontro de duas aulas. Considerou-se o desenvolvimento do processo de aprendizagem sob uma perspectiva mais abrangente, o da energia das reações químicas, que incluíram aspectos conceituais, a relação entre a energia e estrutura das moléculas, e questões socioeconômicas e ambientais associadas à geração e uso de energias renováveis, e como estas estão sendo implementadas no Brasil e, particularmente, no Estado de Santa Catarina.

A literatura inclui muitos trabalhos que apresentam, de forma interdisciplinar, a importância cultural, social, política e tecnológica do conceito de energia (Boff e Pansera-de-Araújo, 2011; Souza e Martins, 2011; Gomes e Dewes, 2017; Menegazzo e Krelling, 2016; Silva *et al.*, 2015; Castro e Ferreira, 2015). Ao mesmo tempo, parte desses trabalhos relata as argumentações e concepções prévias dos estudantes em relação ao tema energia, suas posteriores reflexões, atividades experimentais e comprovações práticas e, finalmente, a exposição dos resultados obtidos para os alunos, professores e o público de forma geral. Os pesquisadores Boff e Pansera-de-Araújo (2011) investigaram, em seu trabalho, a produção e o consumo de alimentos e sua relação com a energia, utilizando conceitos estudados em Física, Química e Biologia. O estudo apresentou as concepções

prévias dos alunos sobre o conceito de energia, de forma interativa e interdisciplinar, proporcionando reflexões sobre questões sociais e culturais. Sob uma perspectiva similar, Gomes e Dewes (2017) descreveram o desenvolvimento da pesquisa científica no campo dos biocombustíveis, como fonte sustentável de energia, buscando referências sobre suas raízes científicas e relevância social. Castro e Ferreira (2015) examinaram as concepções prévias sobre o conceito de calor através da técnica de evocação livre de palavras, realizada com alunos do Curso de Graduação em Química, e seus resultados foram analisados por meio do programa EVOC, um *software* que avalia dados de representação social. Um misto entre os conceitos prévios dos alunos, reflexões em sala de aula e uma experimentação problematizadora foi desenvolvido por Silva *et al.* (2015), utilizando o tema compostagem, e por Souza e Martins (2011), com os biodigestores. Nos dois trabalhos, os autores descrevem a participação dos alunos no levantamento bibliográfico sobre o tema, a escolha da metodologia, o desenvolvimento experimental com a colaboração de professores e técnicos, discussões preliminares e apresentação final dos resultados por meio de seminário, produção de artigo e comunicação em feiras científicas.

O Processo de Biodigestão

A fermentação que ocorre em um biodigestor consiste em uma reação química utilizando a matéria orgânica e microrganismos sem a presença de oxigênio (digestão anaeróbica), com liberação de energia (processo exotérmico). O processo de biodigestão envolve diversas etapas de decomposição do material orgânico, como a hidrólise seguida da fermentação ácida e, finalmente, a formação de gases como CH_4 , H_2 (hidrogênio), H_2S (sulfeto de hidrogênio), CO (monóxido de carbono), CO_2 , SO_2 (dióxido de enxofre), N_2 (nitrogênio) e H_2O (água) (Souza e Martins, 2011). Especificamente, a formação de biogás a partir de resíduos depende dos microrganismos presentes na matéria orgânica, classificados em seus diferentes domínios *Bacteria* e *Arquea* (os microrganismos *Arquea* representam um domínio pertencente ao Reino Procarionte). A digestão anaeróbia é promovida por colônias de microrganismos pertencentes a um desses dois domínios, que obtêm uma fermentação auto-regulada através de assimilação, transformação e decomposição de matéria orgânica residual em

Tabela 1: Classificação das bactérias promotoras da biodigestão anaeróbica

Grupo	Bactérias	Descrição
Fermentativas	<i>Bacteroides</i> , <i>Clostridium</i> , <i>Butyrivibrio</i> , <i>Eubacterium</i> , <i>Bifidobacterium</i> e <i>Lactobacillus</i>	Primeira etapa dos processos anaeróbios (hidrólise de biopolímeros)
Acetogênicas	<i>Syntrophobacter wolinii</i> , <i>Syrophomonos wolfei</i> , <i>Clostridium formicoaceticum</i>	Produção de H_2 e acetato
Homoacetogênicas	<i>Acetobacterium woodii</i> e <i>Clostridium aceticum</i>	Produção de etanol
Metanogênicas	<i>Clostridia</i> , <i>Methanobacterium</i> , <i>Methanospirillum</i> , <i>Methanosarcina sp</i>	Produção de CH_4

biogás. A Tabela 1 apresenta alguns exemplos de microrganismos presentes no processo de biodigestão (Olvera e Lopez-Lopez, 2012; Ros *et al.*, 2017).

De modo geral, o processo de digestão ocorre em três etapas: (a) a hidrólise do material orgânico a polissacarídeos, aminoácidos e glicerol; (b) fermentação ácida, obtendo-se ácidos de baixa massa molecular; (c) geração de gases. A produção de gás é dependente principalmente da temperatura e do pH do meio reacional. As faixas de temperatura de crescimento biológico são classificadas em psicrófila (< 20 °C), mesófila (20-40 °C) e termófila (> 45 °C) (Cremones *et al.*, 2013). A taxa de reações em sistemas biológicos é maior em temperaturas mais altas, mas um máximo de produção de biogás com elevado teor de CH₄ deve ser produzido na região mesófila. O pH ótimo para a biodigestão anaeróbia encontra-se no intervalo de 6,8 a 7,5. Meios ácidos reduzem a atividade enzimática, e meios alcalinos favorecem a produção de gases SO₂ e H₂. O poder calorífico, ou seja, a quantidade de energia liberada na combustão por massa de biogás, está diretamente relacionada ao teor de CH₄ presente na mistura gasosa. Por outro lado, gases como o H₂S, produzidos em menor quantidade, são indesejáveis, pois apresentam capacidade de corrosão dependendo do material do recipiente onde está armazenado (Cremones *et al.*, 2013). O gás CH₄ produzido pode ser aproveitado, por meio de tecnologias apropriadas, em microturbinas a gás e em motores de combustão interna de ciclo Otto (Pereira, 2005).

Adaptação do Microcontrolador Arduino UNO para Medidas em Laboratório

Muitos laboratórios de pesquisa utilizam diferentes tipos de equipamentos e *softwares* para avaliação e controle dos experimentos. Entretanto, plataformas eletrônicas apresentam frequentemente custos elevados para serem incluídas nos projetos relacionados à Educação em Química. *Hardwares* externos dedicados, por exemplo, são em geral muito dispendiosos, e requerem *softwares* adicionais para o controle de diversos dispositivos. Uma alternativa para uso escolar é a plataforma de código aberto em *hardware* e *software* Arduino.

A plataforma Arduino foi criada em 2005 no *Interaction Design Institute Ivrea* (Itália) como um sistema que permitia aos estudantes o desenvolvimento de programas interativos (Faugel e Bobkov, 2013). A plataforma é formada por uma placa de circuitos de entrada/saída do microcontrolador Arduino UNO, que possui um microprocessador ATmega328, memória e uma variedade de interfaces (D'Ausilio, 2012). O *bootloader* já vem gravado

no microcontrolador e apresenta um ambiente de desenvolvimento com programação realizada em linguagem C/C++. O código é carregado para o Arduino através da interface USB (Cavalcante *et al.*, 2011).

A plataforma Arduino permite aos estudantes, em diferentes fases de cursos que envolvam a automação instrumental, uma aprendizagem com ênfase em *hardware* e programação. O desenvolvimento de projetos utilizando o microcontrolador promove maior compreensão de aspectos de programação orientada a objetos e, ao mesmo tempo, conhecimentos sobre o *hardware*. Dessa forma, os estudantes podem direcionar o foco do aprendizado sobre o desenvolvimento e programação de dispositivos eletrônicos e equipamentos para que trabalhem em dadas especificações, por exemplo, para detecção do biogás gerado em um biodigestor. Outras aplicações têm sido relatadas, como dispositivo de auxílio na construção de colorímetros, pHmetros, titulador automático, amplificador de termopares e controle genérico de dispositivos de introdução de amostras (FIA, *Flow Injection Analysis*) (Kubinova e Slégr, 2015).

Metodologia

A avaliação de conhecimentos prévios dos alunos foi realizada com as turmas da 2ª série do Ensino Médio Integrado em Automação Industrial e Segurança do Trabalho. Essas turmas foram escolhidas de acordo com o conteúdo curricular da Instituição, visando uma integração das disciplinas de Física (Termologia), Química (Termoquímica), Biologia (Metabolismo Energético) e Geografia (Recursos Naturais e Fontes de Energia) utilizando o tema bioenergia. A participação de muitos alunos no ENEM 2016 reforçou a motivação para discutir o tema proposto. As pré-concepções em relação ao conceito de energia foram verificadas e registradas através da exposição dos conhecimentos dos alunos, adquiridos em sala de aula

ou em seu cotidiano. Definidos os conhecimentos prévios dos alunos acerca do tema proposto, no momento posterior foram realizadas as atividades experimentais.

Foi proposta a criação de um protótipo de biodigestor, com a finalidade de associar uma atividade prática com a contextualização e os conceitos abordados em sala de aula. Duas alunas do Ensino Médio Integrado, uma do Técnico em Automação Industrial e uma do Técnico em Segurança do Trabalho, concordaram em realizar a etapa

experimental. A construção de um biodigestor está fundamentada em projeto de reatores. Reatores, de forma geral, não são objetos de estudo no Ensino Médio devido a sua

Muitos laboratórios de pesquisa utilizam diferentes tipos de equipamentos e *softwares* para avaliação e controle dos experimentos. Entretanto, plataformas eletrônicas apresentam frequentemente custos elevados para serem incluídas nos projetos relacionados à Educação em Química. *Hardwares* externos dedicados, por exemplo, são em geral muito dispendiosos, e requerem *softwares* adicionais para o controle de diversos dispositivos. Uma alternativa para uso escolar é a plataforma de código aberto em *hardware* e *software* Arduino.

complexidade estrutural associada aos diferentes processos industriais. Visando as finalidades propostas, foram construídos três biodigestores utilizando materiais de baixo custo, com as seguintes configurações:

(1) Biodigestor 1: foi construído com uma garrafa de plástico PET (polietileno tereftalato) de 5 L, contendo como matéria orgânica cerca de 300 g de cascas de banana. O processo de biodigestão foi realizado a temperatura ambiente (aproximadamente 25 °C);

(2) Biodigestor 2: foi construído utilizando quatro garrafas PET, nas quais foram adicionados cerca de 1100 g de matéria orgânica (esterco bovino). Com o objetivo de aumentar a eficiência na produção de biogás, os biodigestores foram envolvidos em sacos plásticos pretos e deixados sob radiação solar direta (latitude 27°07'58"S e longitude 51°28'02"W), em dias ensolarados (novembro de 2016), porém sem controle de temperatura. O efeito de controle da temperatura também foi avaliado utilizando os biodigestores imersos em banho termostatizado (CIEN-TEC, Banho Maria CT-226) a 37 °C.

(3) Biodigestor 3: foi construído utilizando um galão de água de polycarbonato, com capacidade de 20 L. Os alunos preencheram cerca de $\frac{3}{4}$ do volume (aproximadamente 15 kg) do biodigestor com esterco suíno. Na configuração do Biodigestor 3, foi utilizado um sensor de temperatura DS18B20 e sensores de gás metano MQ-4 conectados ao biodigestor e ao reservatório, respectivamente. O reservatório é um recipiente de vidro comum de 2,5 L com tampa de plástico, contendo cerca de 200 g de óxido de cálcio (CaO, também conhecido como cal virgem ou cal viva) e 2 L de água. Os sensores foram conectados com placa Arduino UNO e um microcomputador através da interface serial (leitura de dados via terminal). A escrita no terminal foi realizada no intervalo de 10 min para permitir a leitura dos dados pelos alunos. Uma configuração geral (gravação em disco e monitor serial da leitura de sensores/detectores) pode ser obtida na página sobre o microcontrolador Arduino (<http://playground.arduino.cc/Main/MQGasSensors>). Os biodigestores foram conectados ao reservatório utilizando mangueiras de silicone. Finalmente, as conexões foram seladas com silicone para vedação, com o objetivo de evitar a perda de biogás (Figura 1).

Os biodigestores foram construídos com materiais de baixo custo como garrafas de PET ou galão de água de polycarbonato, visando evitar que o H₂S, que é um gás corrosivo, por exemplo, para metais, reagisse com as paredes internas do biodigestor. Devido à baixa eficiência na geração de biogás a partir de cascas de banana (configuração do Biodigestor 1), foram realizadas adaptações na metodologia inicialmente prevista, o que permitiu uma reavaliação do processo de bioconversão de matéria orgânica em gases. Na configuração do Biodigestor 2 foi utilizado esterco bovino; porém, também não foi possível observar a geração do biogás.



Figura 1: Digestor anaeróbico (Biodigestor 3). (a) Compartimento reservatório de gás CH₄ contendo a mistura água + CaO e (b) sensores de gás metano MQ-4.

custo como garrafas de PET ou galão de água de polycarbonato, visando evitar que o H₂S, que é um gás corrosivo, por exemplo, para metais, reagisse com as paredes internas do biodigestor. Devido à baixa eficiência na geração de biogás a partir de cascas de banana (configuração do Biodigestor 1), foram realizadas adaptações na metodologia inicialmente prevista, o que permitiu uma reavaliação do processo de bioconversão de matéria orgânica em gases. Na configuração do Biodigestor 2 foi utilizado esterco bovino; porém, também não foi possível observar a geração do biogás. Para contornar o problema da formação de biogás no Biodigestor 2, foi investigada a influência da temperatura nas reações químicas.

Os reatores foram então envolvidos com sacos plásticos pretos e expostos à radiação solar durante o dia. Com esta configuração, após dois dias, foram observadas as primeiras bolhas de gases. A eficiência da geração de biogás também foi investigada com controle de temperatura, acondicionando os biodigestores em banho termostatizado a 37 °C. O controle da temperatura do biodigestor permitiu, após cerca de uma semana de fermentação anaeróbica, a formação contínua de bolhas de biogás. Após esse período, foi observada a formação de biogás a uma taxa de aproximadamente uma bolha a cada 5 min. Assim, a produção de biogás só foi alcançada após a mudança do substrato de casca de banana para esterco bovino, com o aumento e o controle da temperatura do sistema a aproximadamente 37 °C.

A avaliação da eficiência do Biodigestor 3 foi realizada utilizando esterco suíno considerando sua maior capacidade de liberação de biogás comparada ao esterco bovino (Cu *et al.*, 2015). Para esta nova adaptação do sistema de biodigestão, os alunos sugeriram instalar um sensor de temperatura

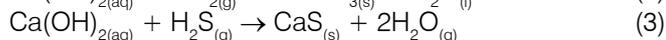
Resultados Experimentais

Os biodigestores foram construídos com materiais de baixo

no biodigestor e um sensor de gás CH_4 no reservatório, conectados ao microcontrolador Arduino UNO interfaceado com um microcomputador. Essa etapa foi auxiliada por um professor da disciplina de Informática da Instituição. Além disso, é preciso ressaltar aqui a vantagem de desenvolver este projeto com alunos do Ensino Médio Integrado em Automação Industrial, pois, especificamente para esta turma, existe um aproveitamento de conteúdos relacionados à instalação dos dispositivos eletrônicos e programação de microcomputadores. Na saída do Biodigestor 3 foi instalada uma válvula de controle de gás, o qual, após gerado, era direcionado ao reservatório através de uma mangueira mergulhada na mistura água + CaO (Figura 1). É importante lembrar que o CaO em contato com a água gera Ca(OH)_2 , como segue:



Esta é uma reação exotérmica, e deve ser preparada pelo professor responsável ou o técnico do laboratório. O procedimento adotado teve como objetivo aumentar a quantidade relativa de CH_4 em relação aos gases não combustíveis e evitar a corrosão dos dispositivos detectores de CH_4 provocada pela presença de H_2S (sulfeto de hidrogênio) produzido no biodigestor. Os gases CO_2 e H_2S gerados no biodigestor foram borbulhados na mistura água + CaO , resultando na formação de um precipitado insolúvel de CaCO_3 (carbonato de cálcio) (Souza e Martins, 2011) e CaS (sulfeto de cálcio), como representado a seguir:



O H_2S gerado também pode reagir com o CaCO_3 no reservatório, como representado pela equação química:

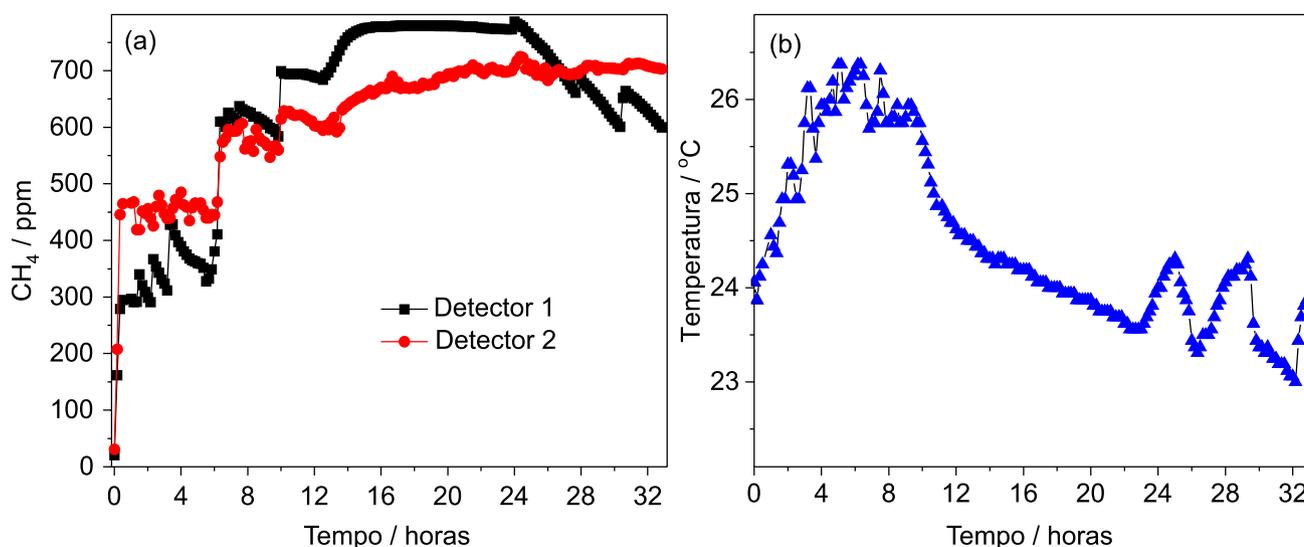
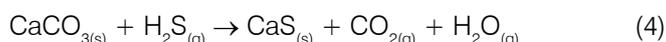


Figura 2: (a) Produção de biogás CH_4 e (b) a variação da temperatura durante 33 h de reação de fermentação anaeróbica de esterco suíno.

Os resultados obtidos utilizando o sensor de temperatura instalado no Biodigestor 3 e o detector de CH_4 no reservatório permitiram avaliar a geração do biogás resultante da fermentação biológica do esterco suíno durante 33 h (Figura 2).

No tempo inicial, observou-se aproximadamente 21 e 31 ppm de gás CH_4 produzido, o que foi avaliado pelos sensores, detector 1 e detector 2, respectivamente. Durante as primeiras 12 h (com início às 8 h 00 da manhã), os sensores MQ-4 indicaram que a concentração de biogás aumentou dentro do digestor anaeróbico, para valores ao redor de 700 e 800 ppm, respectivamente, sugerindo a ocorrência da fermentação anaeróbica do esterco de suíno (Figura 2a). A variação da temperatura correlacionada à produção de biogás foi avaliada durante o processo de fermentação anaeróbica. Foi observado um aumento da temperatura concomitante à produção de gás nas primeiras 8 h, de 24 para 26,5 $^{\circ}\text{C}$ (Figura 2b). Conforme observado na Figura 2b, a variação da temperatura dentro do biodigestor, promovida pelo processo de biodigestão durante as 33 h de análise, foi relativamente baixa e, particularmente neste caso, existe a possibilidade de apresentar pequena influência na geração de gás CH_4 .

A eficiência do biodigestor caseiro na produção de biogás foi avaliada por sensores, o que inicialmente seria testado pela queima direta dos produtos gasosos combustíveis. Durante o período de avaliação da eficiência dos biodigestores em produzir gás CH_4 foram realizados encontros para discussão dos resultados obtidos, modificações pertinentes para melhora da eficiência do processo de biodigestão e posteriormente a divulgação entre os alunos dos Ensinos Médios Integrados e em Feiras de Ciências.

Perspectivas do Processo de Biodigestão pelos Alunos do Ensino Médio

Ao vivenciarem as atividades de laboratório, as estudantes participantes da etapa experimental tiveram a oportunidade de compreender a importância da experimentação

nas atividades científicas e tecnológicas. As alunas contribuíram para o planejamento experimental, a execução dos experimentos, realizaram a coleta de dados, observaram os fenômenos, interpretaram as observações e, em determinados momentos, propuseram explicações para os fenômenos. Relacionaram as leis e teorias apresentadas nos livros didáticos e questionaram a respeito de como elas poderiam ser exploradas no sentido de permitirem previsões e verificação experimental de suas consequências, certamente em nível adequado de abstração para o Ensino Médio (Silva *et al.*, 2015; Souza e Martins, 2011). De forma mais sucinta, as duas estudantes participantes da etapa experimental relataram suas investigações. Segue o relato da estudante do Ensino Médio Integrado em Segurança do Trabalho: “Me deparei com algo totalmente novo, pois não tinha consciência da grande aplicação dos biodigestores. É muito interessante utilizar um resíduo que teoricamente não serviria pra mais nada e, com isto, transformar em energia”. O relato da estudante de Ensino Médio Integrado em Automação Industrial: “Observamos os acontecimentos em relação à degradação do meio ambiente, portanto, precisamos de novas ideias. A energia renovável é uma alternativa promissora. Durante o trabalho percebemos que, nos centros urbanos, a produção de biogás é praticamente inviável pela indisponibilidade da matéria-prima que utilizamos no processo. Enquanto isso, na região em que vivemos, é uma boa alternativa, de acordo com vários outros projetos que analisamos e que estão sendo implantados e utilizados na região”.

O meio de comunicação das atividades, utilizado inicialmente, foi a apresentação dos resultados do projeto para os colegas de turma do Ensino Médio Integrado em Automação Industrial e em Segurança do Trabalho, em um encontro nas aulas de Química. Foram feitos questionamentos diversos, desde a montagem do biodigestor até a quantidade de energia que poderia ser obtida e posteriormente utilizada, por exemplo, para as propriedades rurais locais. A interação entre os conteúdos foi bastante pertinente, por exemplo, quando um aluno sugeriu que a energia fosse utilizada para aquecimento de uma instalação de criação de frangos e galinhas, de modo a auxiliar o agronegócio da região. Este momento foi propício para os alunos refletirem sobre a possibilidade de criação de Empreendimentos Econômicos Solidários como forma de fortalecer os Arranjos Produtivos Locais visando às demandas, interesses e necessidades da comunidade local e regional, bem como avaliarem as dificuldades de implementar e investir em atividades econômicas, sociais e ambientais mediante propostas governamentais (Erber, 2008).

Outro momento de divulgação dos resultados foi promovido durante o Congresso Interno de Iniciação Científica realizado pela Instituição. Os alunos tiveram a oportunidade de expor resultados para os professores de outros Campi, alunos e comunidade externa. Os questionamentos eram similares, porém, em alguns casos foram realizadas sugestões de avaliação de parâmetros como pressão interna do biodigestor, pH, gás hidrogênio gerado, a potencial utilização dos resíduos da fermentação anaeróbica como adubo e como o microcontrolador

Arduino poderia ser utilizado em outros experimentos laboratoriais. Visando orientar uma discussão sobre a confecção do biodigestor, seu papel nas atividades sociais e econômicas da região e as expectativas relacionadas à sua divulgação na feira de ciência da Instituição, foi sugerida pelos alunos a utilização de uma Tecnologia da Informação e Comunicação, o *blog*. Muitos alunos concordaram com a utilização dos *blogs* devido à facilidade de aplicação de conhecimentos básicos de informática. Além disso, a avaliação da ferramenta como um veículo de discussões sobre o processo de biodigestão permitiu aos alunos a escolha de ambientes, dias e horários para publicarem suas observações o que, anteriormente, ocorria apenas em sala de aula. A utilização de Tecnologias de Informação e Comunicação apresenta-se em conformidade com a manifestação da sociedade pedagógica que propõe o exercício docente para ser cumprido em diversos períodos ou espaços diferenciados da habitual sala de aula (Zammit, 2006; Strack *et al.*, 2009). Além de um recurso pedagógico, o *blog* serviu como estratégia pedagógica. Neste caso, os alunos postaram as reflexões sobre suas aprendizagens em aula, a construção do biodigestor e sua eficiência na produção de biogás avaliada pelo microcontrolador Arduino e a divulgação na feira de ciências, o que se revelou bastante importante na dinamização do *blog*. A finalização das investigações sobre o processo de biodigestão foi realizada através da leitura e reflexões sobre o artigo “Ciência e tecnologia na escola: desenvolvendo cidadania por meio do projeto ‘Biogás – Energia renovável para o futuro’” (Souza e Martins, 2011). Outro artigo que forneceu informações complementares sobre o tema bioenergia foi “O charme e o poder das renováveis” (Wald, 2009). Embora esses artigos apresentem um conteúdo mais aprofundado do que aqueles geralmente abordados no Ensino Médio, eles ampliam as possibilidades de discussão sobre energias renováveis. O compartilhamento desses artigos e as discussões publicadas no *blog* proporcionaram um momento posterior às atividades em sala de aula e laboratoriais para reflexão sobre o tema investigado, suas vantagens e desvantagens como uma promissora energia sustentável (Boff e Pansera-de-Araújo, 2011; Gomes e Dewes, 2017). Consequentemente, muitos alunos reconheceram a necessidade de ampliação do uso de energias renováveis para promover a sustentabilidade do planeta, e de mecanismos de formação e conscientização ambiental e econômica.

Considerações Finais

A utilização da bioenergia obtida através da biodigestão de matéria orgânica foi o tema escolhido para estudo devido à abrangência de aspectos ambientais e socioeconômicos envolvidos, o que permitiu a abordagem de conceitos abrangendo a Química, a Física, a Biologia e áreas correlatas, bem como outras disciplinas. A proposta de construção do conhecimento por meio do tema bioenergia revelou-se bastante eficaz na estruturação das dinâmicas e ações didático-pedagógicas. Diversas etapas surgiram durante a abordagem e investigação do tema bioenergia, desde a contextualização,

que permitiu utilizar o conhecimento prévio de vários alunos, até a utilização de ferramentas de comunicação como os *blogs* para divulgação dos resultados do projeto. A atividade experimental propiciou aos alunos envolvidos o desenvolvimento de tomada de decisões em situações diversas e adversas, como a construção do biodigestor e a detecção do biogás. A avaliação da eficiência da produção de gás CH₄ através de sensores e o microcontrolador Arduino UNO levou em consideração as características dos cursos ofertados para os alunos participantes do projeto (Ensino Médio Integrado em Automação Industrial). Os alunos adaptaram um detector de temperatura dentro do biodigestor e um sensor de gás CH₄ dentro do reservatório confiando que a tecnologia do dispositivo poderia auxiliar na averiguação da quantidade de biogás gerado. Partiu-se inicialmente de um tema associado à energia e construiu-se um biodigestor com ferramentas capazes de analisar sua eficiência. Contudo, como o biodigestor é um projeto-piloto de bancada que por ora foi utilizado apenas como ferramenta de ensino, ainda não foi possível avaliar suas contribuições como meio de obtenção de energia nas comunidades da região e consequentemente fortalecer os Arranjos Produtivos Locais.

Deve-se ressaltar que, sob uma perspectiva interdisciplinar, a fermentação de resíduos para geração de biogás envolve vários conceitos sobre energia e suas tecnologias, os quais, frequentemente, são de difícil compreensão por alunos do Ensino Médio, incluindo os Médios Integrados. Infelizmente, os conteúdos abordados para uma compreensão ampla do tema biogás são estudados separadamente, muitas vezes em fases ou anos diferentes de aprendizagem, dificultando a integração dos conteúdos. Assim, as perspectivas de aprendizagem aqui apresentadas diferem do “itinerário” tradicional

de aprendizagem, e por isso se revelam bastante desafiadoras. Os livros, de modo geral, não apresentam conteúdos com tamanha riqueza de detalhes e a interdisciplinaridade é um problema recorrente. Cabe ao professor a tarefa de conduzir o aluno para a construção de seu próprio conhecimento, por meio de uma perspectiva interdisciplinar e contextualizada dos conteúdos.

Agradecimentos

A todos os alunos dos Cursos Médios Integrado em Automação Industrial (EMITAI-2015) e em Segurança do Trabalho (EMITST-2015) e principalmente às alunas Flávia Rosa de Andrade e Polyana Brustolin do Instituto Federal Catarinense – Campus Luzerna, pela dedicação e apoio na realização deste projeto, incluindo trabalhos de laboratório, e pelas

colaborações com os experimentos. Este projeto foi financiado com recursos do Instituto Federal Catarinense – Campus Luzerna.

[...] sob uma perspectiva interdisciplinar, a fermentação de resíduos para geração de biogás envolve vários conceitos sobre energia e suas tecnologias, os quais, frequentemente, são de difícil compreensão por alunos do Ensino Médio, incluindo os Médios Integrados. Infelizmente, os conteúdos abordados para uma compreensão ampla do tema biogás são estudados separadamente, muitas vezes em fases ou anos diferentes de aprendizagem, dificultando a integração dos conteúdos. Assim, as perspectivas de aprendizagem aqui apresentadas diferem do “itinerário” tradicional de aprendizagem, e por isso se revelam bastante desafiadoras.

Haroldo Gregório de Oliveira (haroldo.oliveira@ifc.edu.br) é licenciado em Química pela Universidade Estadual de Londrina (UEL) e doutor em Ciências com área de concentração em Físico-Química pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Atualmente é professor do Instituto Federal Catarinense – Campus Luzerna, Luzerna, SC – BR. **Ricardo Antonello** (ricardo.antonello@ifc.edu.br) é bacharel em Ciências da Computação pelo Centro Universitário de Brasília (UnICEUB) e mestre em Ciências da Computação pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Atualmente é professor do Instituto Federal Catarinense – Campus Luzerna, Luzerna, SC – BR. **Antônio João Fidélis** (ajfidelis@gmail.com) é licenciado em Matemática pela UFSC, licenciado e mestre em Física pela Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC). Atualmente é professor do Instituto Federal Catarinense – Campus Rio do Sul, Rio do Sul, SC – BR. **Bruno José Dani Rinaldi** (bruno.rinaldi@ifc.edu.br) possui graduação em Engenharia de Alimentos pela Universidade do Oeste de Santa Catarina (Unoesc) e especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Unoesc. Atualmente é técnico em laboratório, área de Química, do Instituto Federal Catarinense – Campus Videira, Videira, SC – BR.

Referências

- AVACI, A. B.; SOUZA, S. N. M.; WERNCKE, I. e CHAVES, L. I. Financial economic scenario for the microgeneration of electric energy from swine culture-originated biogas. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 25, p. 272-276, 2013.
- BOFF, E. T. O. e PANSERA-DE-ARAÚJO, M. C. A significação do conceito energia no contexto da situação de estudo alimentos: produção e consumo. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 11, n. 3, p. 145-164, 2011.
- BRASIL. Ministério da Educação. *Exame Nacional do Ensino Médio 2016: 1º dia, caderno 4 rosa*. Brasília: INEP, 2016. Disponível em http://download.inep.gov.br/educacao_basica/enem/provas/2016/CAD_ENEM_2016_DIA_1_04_ROSA.pdf,

acessado em Julho 2018.

CASTRO, P. M. A. e FERREIRA, L. N. A. Representações sociais de calor por estudantes de graduação em química. *Química Nova na Escola*, v. 37, n. 1, p. 26-34, 2015.

CAVALCANTE, M. A. C.; TAVOLARO, C. R. C. e MOLISANI, E. Física com Arduino para iniciantes. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 33, n. 4, p. 4503-1-4503-9, 2011.

CGEE. *Química verde no Brasil: 2010-2030*. Edição revista e atualizada. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2010.

CREMONEZ, P. A.; FEIDEN, A.; ZENATTI, D. C.; CAMARGO, M. P.; NADALETI, W. C.; ROSSI, E. e ANTONELLI, J. Biodigestão anaeróbia no tratamento de resíduos celulósicos. *Revista Brasileira de Energias Renováveis*, v. 2, p. 21-35, 2013.

- CU, T. T. T.; NGUYEN, T. X.; TRIOLO, J. M.; PEDERSEN, L.; LE, V. D. e SOMMER, S. G. Biogas production from vietnamese animal manure, plant residues and organic waste: influence of biomass composition on methane yield. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*, v. 2, n. 2, p. 280-289, 2015.
- D'AUSILIO, A. Arduino: a low-cost multipurpose lab equipment. *Behavior Research Methods*, v. 44, p. 305-313, 2012.
- ERBER, F. S. Eficiência coletiva em arranjos produtivos locais industriais: comentando o conceito. *Nova Economia*, v. 18, n. 1, p. 11-32, 2008.
- FAUGEL, H. e BOBKOV, V. Open source hard- and software: using Arduino boards to keep old hardware running. *Fusion Engineering and Design*, v. 88, p. 1276-1279, 2013.
- FONGARO, G.; VIANCELLI, A.; MAGRI, M. E.; ELMAHDY, E. M.; BIESUS, L. L.; KICH, J. D.; KUNZ, A. e BARARDI, C. R. M. Utility of specific biomarkers to assess safety of swine manure for biofertilizing purposes. *Science of the Total Environment*, v. 479-480, p. 277-283, 2014.
- GARCIA, R. L.; ZABADAL, J.; AMARAL, R. A.; NETO, J. A. D. G. e SCHMITZ, A. Transferência de calor e massa: fusão de uma placa de gelo. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 39, n. 3, p. e3502-1-e 3502-8, 2017.
- GOMES, J. e DEWES, H. Disciplinary dimensions and social relevance in the scientific communications on biofuels. *Scientometrics*, v. 110, n. 3, p. 1173-1189, 2017.
- KUBINOVA, S. e SLÉGR, J. ChemDuino: adapting Arduino for low-cost chemical measurements in lecture and laboratory. *Journal of Chemical Education*, v. 92, p. 1751-1753, 2015.
- MENEGAZZO, R. C. S. e KRELLING, L. M. Energia e meio ambiente: a importância do trabalho interdisciplinar. *Revista Ciências & Ideias*, v. 7, n. 1, p. 145-153, 2016.
- OLVERA, J. R. e LOPEZ-LOPEZ, A. Biogas production from anaerobic treatment of agro-industrial wastewater. In: KUMAR, S. (Ed.). *Biogas*. Rijeka: IntechOpen, 2012, p. 91-112.
- PEREIRA, R. H. Geração distribuída de energia elétrica – aplicação de motores bicomustível diesel/gás natural. In: *Anais do 3º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás*. Salvador, BA, 2005.
- ROS, M.; DE SOUZA OLIVEIRA FILHO, J.; MURCIA, M. D. P.; BUSTAMANTE, M. A.; MORAL, R.; COLL, M. D.; SANTISIMA-TRINIDAD, A. B. L. e PASCUAL, J. A. Mesophilic anaerobic digestion of pig slurry and fruit and vegetable waste: dissection of the microbial community structure. *Journal of Cleaner Production*, v. 156, p. 757-765, 2017.
- ROSA, P. L. Perspectivas hidrelétricas no Brasil. *Scientific American Brasil*, v. 32, p. 36-41, 2009.
- SILVA, J. L. P. B. Por que não estudar entalpia no ensino médio. *Química Nova na Escola*, v. 22, p. 22-25, 2005.
- SILVA, M. A.; MARTINS, E. S.; AMARAL, W. K.; SILVA, H. S. e MARTINES, E. A. L. Compostagem: Experimentação problematizadora e recurso interdisciplinar no ensino de química. *Química Nova na Escola*, v. 37, n. 1, p. 71-81, 2015.
- SOUZA, F. L. e MARTINS, P. Ciência e tecnologia na escola: desenvolvendo cidadania por meio do projeto “biogás – energia renovável para o futuro”. *Química Nova na Escola*, v. 33, p. 19-24, 2011.
- STRACK, R.; MARQUES, M. e DEL PINO, J. C. Por um outro percurso da construção do saber em educação química. *Química Nova na Escola*, v. 31, p. 18-22, 2009.
- WALD, M. L. O charme e o poder das renováveis. *Scientific American Brasil*, Edição Especial, v. 32, p. 8-13, 2009.
- ZAMMIT, S. Factors facilitating or hindering the use of computers in schools. *Educational Research*, v. 34, n. 1, p. 57-66, 2006.

Para saber mais

- LEMOS, E. G. M. e STRADIOTTO, N. R. *Bioenergia: desenvolvimento, pesquisa e inovação*. São Paulo: Ed. Unesp, 2012.
- KERCKHOFF, M. T. O *blog* como ferramenta para a reflexão crítica. *Cadernos de Letras: interação em mídia e sala de aula*, v. 19, n. 21, p. 123-143, 2004.

Abstract: *Energy, Society and Environment in Digester Construction: the Interdisciplinarity and Arduino Technology for Research Activities.* Environmental and socioeconomic approach to biogas production was performed in the classroom and allowed Technical High School students to consider the possibilities of local livestock generation of energy. The students built a low cost digester and evaluated its effective use for biogas production by Arduino UNO microcontroller. The results from classroom discussions and laboratories experiments were presented in scientific meetings on Campus and afterwards in a blog created by the students. Contextualization by means of biogas production and assessment of anaerobic digester efficiency created a greater motivation for classroom learning of renewable energy technologies and their relationship with society and environment.

Keywords: biogas, control and automation, local productive arrangements

Ambiente Virtual de Aprendizagem para a Aplicação de Atividades Didáticas Pautadas na Resolução de Estudos de Caso

Nilcimar S. Souza, Patrícia F. O. Cabral e Salete L. Queiroz

Neste trabalho temos como objetivo apresentar as funcionalidades e ferramentas do Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA) denominado eduqui.info, no qual atividades pautadas na resolução de estudos de caso são conduzidas no contexto do ensino de química. O conhecimento sobre as potencialidades do AVA, de acesso gratuito, viabiliza o julgamento do professor a seu respeito, possibilitando a disseminação de práticas didáticas que aliem as vantagens advindas da estratégia de ensino (método de estudo de casos) àquelas resultantes do uso das novas tecnologias. O AVA foi avaliado positivamente por graduandos em química, tendo em vista, principalmente, a facilidade de uso de suas ferramentas, a sua importância para a realização das atividades didáticas solicitadas e para a obtenção de informações desejadas.

► AVA, estudos de caso, química ◀

Recebido em 26/02/2018, aceito em 21/06/2018

153

Diversos autores têm reportado o uso de estudos de caso em ambientes de ensino de química nos últimos anos, sendo que estes se apresentam como narrativas que contêm uma mensagem educacional (Herreid *et al.*, 2012). Nessa perspectiva, os estudantes são solicitados a resolver problemas presentes nos casos, de forma que haja a sua familiarização com os personagens principais e as circunstâncias dispostas, com a compreensão dos fatos, valores e contextos que os compõem, possibilitando a sua resolução (Queiroz e Silva, 2017).

Atualmente, o método se destaca em diversas publicações no contexto brasileiro (Alba *et al.*, 2013; Broietti *et al.*, 2012; Conrado *et al.*, 2014; Massena *et al.*, 2013; Metzner, 2014; Pazinato e Braibante, 2014); inclusive nesta revista já foram publicados

trabalhos que descrevem atividades didáticas com estudos de caso. Freitas-Reis e Faria (2015), por exemplo, aplicaram estudos de caso sobre aditivos alimentares em aulas de química do ensino médio. Os autores analisaram apresentações dos estudantes, bem como diários de bordo produzidos por

eles, e observaram a ocorrência de levantamento de hipóteses e desenvolvimento da habilidade de argumentação dos mesmos.

Sousa *et al.* (2012), por sua vez, aplicaram estudos de caso sobre a temática isomeria molecular no ensino médio, durante uma atividade didática do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID). A investigação das percepções dos estudantes sobre a atividade foi realizada por meio da Análise Textual Discursiva e os resultados apontaram que as seguintes habilidades foram exercitadas com a

utilização dos estudos de caso: comunicação oral e escrita; realização de trabalho em grupo; investigação de soluções para problemas; argumentação diante de questionamentos;

Diversos autores têm reportado o uso de estudos de caso em ambientes de ensino de química nos últimos anos, sendo que estes se apresentam como narrativas que contêm uma mensagem educacional (Herreid *et al.*, 2012). Nessa perspectiva, os estudantes são solicitados a resolver problemas presentes nos casos, de forma que haja a sua familiarização com os personagens principais e as circunstâncias dispostas, com a compreensão dos fatos, valores e contextos que os compõem, possibilitando a sua resolução (Queiroz e Silva, 2017).

A seção "Educação em Química e Multimídia" tem o objetivo de aproximar o leitor das aplicações das tecnologias comunicacionais no contexto do ensino-aprendizagem de Química.

persuasão na apresentação das conclusões; entendimento sobre a construção da ciência; tomada de decisões diante de problemas da vida real.

Nesse cenário, o presente trabalho tem como objetivo apresentar o AVA denominado eduqui.info, no qual atividades didáticas pautadas na resolução de estudos de caso são conduzidas no contexto do ensino de química. As funcionalidades e ferramentas do AVA são descritas, assim como a avaliação das mesmas por parte de estudantes em química. Uma vez que o acesso ao AVA é gratuito, o conhecimento de tais funcionalidades e ferramentas pode estimular os professores a empregar o referido método aliado aos recursos disponibilizados pelas novas tecnologias.

O Ambiente Virtual de Aprendizagem Eduqui.info

O AVA em questão foi desenvolvido no âmbito do Grupo de Pesquisa em Ensino de Química do Instituto de Química de São Carlos (GPEQSC), Universidade de São Paulo, com suporte da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP/Processo 12/05437-5) e está disponível com acesso livre na página eletrônica do GPEQSC (<http://www.gpeqsc.com.br/eduquiinfo/>) para *download* (http://www.gpeqsc.com.br/sistema_eduqui.info.zip).

O AVA foi idealizado a partir das contribuições já estabelecidas nessa área do conhecimento pelo sistema Espaço Virtual de Aprendizagem (EVA). Este foi criado por pesquisadores da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro e do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, dentre os quais se inclui o primeiro autor do presente trabalho. Sob o aspecto educacional, o sistema precursor foi projetado em torno do método de estudo de casos, porém, majoritariamente estudos de caso de ensino (Gravett *et al.*, 2017), visando atender, principalmente, propósitos de ensino e formação de professores de ciências (Souza, 2012).

A Figura 1 ilustra a página inicial do AVA, onde estão expostas algumas das suas ferramentas (Fórum, *Chat*, Diário do Caso e *Kit Caso*), que oferecem suporte à aplicação de estudos de caso para grupos de estudantes.

Além daquelas ilustradas na Figura 1, a ferramenta ArgPEC (Argumentação sobre Problemas no formato de Estudos de Caso) também integra o AVA. Todas elas são descritas no tópico a seguir.

Ferramentas do AVA

Fórum e Chat

Considerando trabalhos reportados na literatura, diversas habilidades são passíveis de desenvolvimento durante a realização de atividades com estudos de caso (Sousa *et al.*, 2012). Um dos pontos importantes se refere à comunicação. No AVA, esta pode ser fomentada por meio da viabilização do envio de mensagens por parte dos estudantes e do professor em um espaço de trabalho comum (Furberg e Ludvigsen, 2008). A partir desses elementos, é possível optar por ferramentas síncronas (quando os participantes estão *online* ao mesmo tempo, como em um *Chat*) ou assíncronas (quando os participantes não estão *online* ao mesmo tempo, como em um Fórum). No AVA, as ferramentas Fórum e *Chat* oferecem suporte às discussões entre os estudantes para a resolução dos casos. Nessa perspectiva, o aprendizado de conteúdos químicos vinculados aos casos pode ser concretizado por meio da construção de significados compartilhados entre os alunos e entre estes e o professor.

ArgPEC

As atividades que envolvem a resolução de estudos de caso são potencialmente promotoras da habilidade de argumentação (Sousa *et al.*, 2012). Esta pode ser desenvolvida na medida em que se relaciona com a sustentação da solução para o caso. No AVA, a ferramenta ArgPEC, que permite a



Figura 1: Tela inicial do AVA.

escrita e a representação do conhecimento, é empregada em atividades com foco no desenvolvimento de tais habilidades. Segundo Evagorou e Osborne (2007), ferramentas como esta são desenvolvidas com o propósito de auxiliar os estudantes na construção de bons argumentos a partir da consideração dos componentes estruturais dos mesmos (fundamentos, garantia, proposição etc.). A ferramenta ArgPEC está ilustrada na Figura 2.

A Figura 2 expõe a tela de construção do diagrama argumentativo da ferramenta ArgPEC, durante a resolução de um estudo de caso que trata da diminuição das consequências de um vazamento de petróleo no mar. Diversos componentes podem ser incluídos na construção de um diagrama, a partir do Modelo de Toulmin (2001), de modo que o estudante em questão apresentou a resolução do estudo de caso de acordo com a estrutura básica: a partir de um dado (D), já que (J), então (C); J = justificativa e C = conclusão. Assim, a partir do vazamento do petróleo, foi proposta a técnica de biopolímeros magnéticos para solucionar o problema, utilizando justificativas como o baixo custo, a matéria-prima e a preservação ambiental para sustentar a decisão.

O estudante poderia adicionar ainda respaldos, que são garantias (leis ou comprovação científica, por exemplo) que fornecem embasamento à justificativa ou à conclusão; e refutações, que são as condições nas quais determinadas justificativas ou conclusões não são válidas ou suficientes para embasar a solução. Nessa perspectiva, a construção de argumentos consistentes, com o auxílio da ferramenta em

questão, tem potencialidade para trazer contribuições ao aprendizado de química, uma vez que a referida consistência está ancorada no emprego de conhecimentos dela oriundos.

Kit Caso

Segundo Jamaludin *et al.* (2009), durante a resolução de estudos de caso, é importante que os estudantes tenham autonomia de criar seus repositórios de informações, caracterizando uma estrutura própria para identificação e aplicação dos conceitos teóricos relacionados com o tópico em discussão. No AVA, tal autonomia é favorecida por meio do uso da ferramenta *Kit Caso*, que permite que os estudantes e o professor armazenem, organizem e disponibilizem fontes consultadas para a resolução de estudos de caso. O professor também pode adicionar materiais ao *Kit Caso* dos estudantes.

Na ferramenta *Kit Caso* é possível observar as opções de classificação oferecidas aos estudantes quanto ao armazenamento de seus documentos. Estas se encontram organizadas em quatro colunas: textos, que podem ser dissertações e teses, artigos de divulgação científica, de educação, originais de pesquisa e de revisão, livros e apostilas, textos do tipo “minha produção” (aqueles de autoria dos estudantes, referentes às atividades produzidas por eles ao longo da resolução do estudo de caso). Outras mídias, que podem ser áudio e vídeo, matérias de jornais e TV e arquivos de painéis e apresentações. Experimentos, que podem ser laboratoriais, modelagem e simulações. *Link-WEB*, que podem ser *applets*,

Segundo Jamaludin *et al.* (2009), durante a resolução de estudos de caso, é importante que os estudantes tenham autonomia de criar seus repositórios de informações, caracterizando uma estrutura própria para identificação e aplicação dos conceitos teóricos relacionados com o tópico em discussão. No AVA, tal autonomia é favorecida por meio do uso da ferramenta *Kit Caso*, que permite que os estudantes e o professor armazenem, organizem e disponibilizem fontes consultadas para a resolução de estudos de caso. O professor também pode adicionar materiais ao *Kit Caso* dos estudantes.

colunas: textos, que podem ser dissertações e teses, artigos de divulgação científica, de educação, originais de pesquisa e de revisão, livros e apostilas, textos do tipo “minha produção” (aqueles de autoria dos estudantes, referentes às atividades produzidas por eles ao longo da resolução do estudo de caso). Outras mídias, que podem ser áudio e vídeo, matérias de jornais e TV e arquivos de painéis e apresentações. Experimentos, que podem ser laboratoriais, modelagem e simulações. *Link-WEB*, que podem ser *applets*,

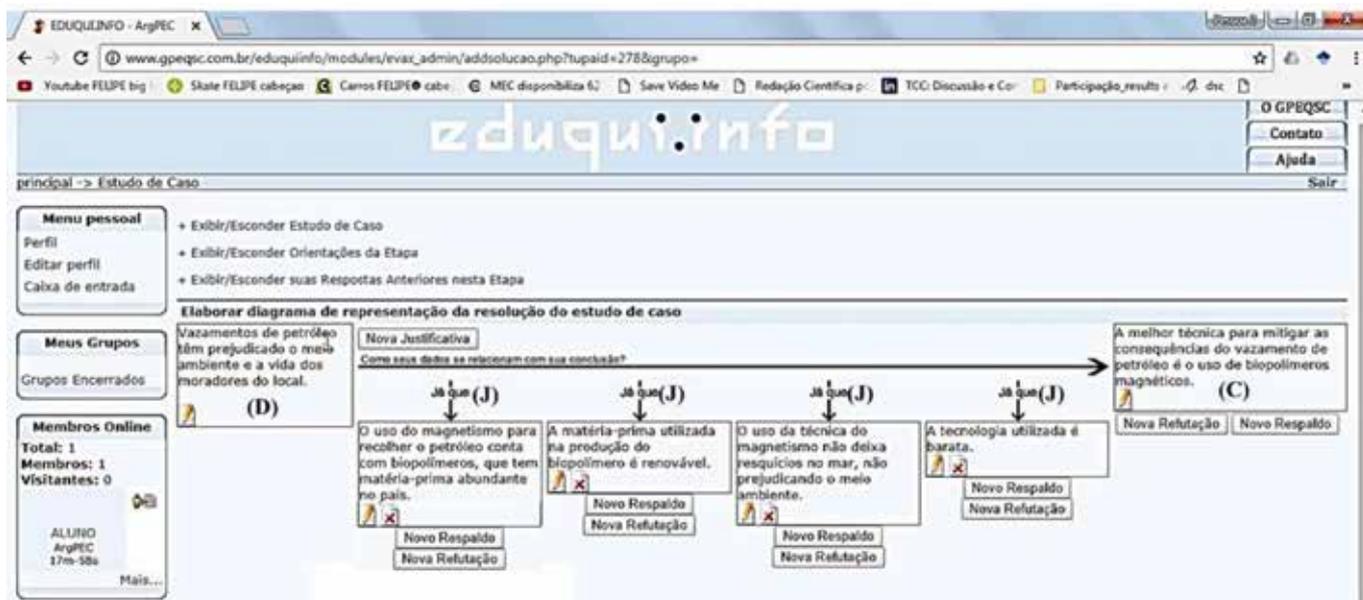


Figura 2: Ferramenta ArgPEC.

jogos *online* e material de Internet. A ferramenta também auxilia o professor, que pode empregá-la para verificar se as soluções propostas pelos estudantes aos estudos de caso possuem fundamentação teórica pertinente.

Diário do Caso

Selim (2003) destaca que os sistemas de informação quando desenvolvidos devem apresentar ferramentas que possibilitem a captação das opiniões pessoais dos usuários, para que a sua aceitação e utilização durante um determinado período de tempo seja potencializada. Durante a resolução dos casos, os estudantes podem ser instruídos a escrever suas reflexões acerca do processo que levou o seu grupo à solução, sobre as facilidades e dificuldades encontradas (Sá e Queiroz, 2007). Tais registros escritos são realizados por meio da ferramenta denominada Diário do Caso, que disponibiliza para cada estudante um diário, que deve ser mantido com informações periódicas na forma de respostas a questionamentos acerca do uso da ferramenta e das atividades desenvolvidas. Dessa forma, o diário possui a função de proporcionar ao estudante a possibilidade de avaliar o estudo em que está inserido e autoavaliar seu desempenho durante todas as etapas de resolução do estudo de caso.

O estudante pode incluir no campo “Mensagem”, do Diário do Caso, suas impressões a respeito do processo de resolução do estudo de caso que está vivenciando e avaliações do sistema, classificadas pelos assuntos pré-definidos que devem ser selecionados no campo “Assunto”, como considerações sobre as ferramentas do AVA, as informações solicitadas para cadastro do perfil dos estudantes e as habilidades desenvolvidas durante a resolução do caso.

Outras Ferramentas

Partindo do exposto, a organização da atividade por parte do professor se mostra importante, visto que o sistema pode ser tomado como um facilitador do processo de resolução de estudos de caso. No AVA, tais aspectos são abordados por meio das ferramentas *Gerência*, de uso exclusivo do professor, desenvolvida para dinamizar a rotina de gerenciamento de todo o conteúdo produzido durante a resolução dos estudos de caso; *Avisos*, em que o professor publica mensagens que alertam os estudantes sobre prazos de tarefas; *Atividades*, na qual o professor disponibiliza aos estudantes o acesso aos roteiros de atividades solicitadas; *Cronograma*, que permite que o professor delinear datas e prazos para a realização de tarefas.

No contexto das atividades didáticas que envolvem a resolução de estudos de caso, o professor pode lançar mão de diversos procedimentos para a utilização do AVA. A seguir, apresentamos um exemplo de como as ferramentas foram empregadas na resolução de estudos de caso de caráter sociocientífico por grupos de estudantes.

Aplicação de Atividade Didática no AVA

A atividade descrita a seguir, embora tenha sido realizada

por estudantes de graduação em química, pode ser executada por intermédio do AVA em turmas de todos os níveis de ensino, em conformidade com as particularidades do estudo de caso a ser solucionado. Esta foi aplicada em uma disciplina de comunicação científica semestral, que contou com 37 estudantes matriculados. Nesse contexto, foram disponibilizados no AVA quatro estudos de caso, disponíveis na íntegra como material suplementar do artigo intitulado *Casos investigativos para a promoção da CSCL no ensino superior de química* (Cabral *et al.*, 2017), e que tratavam das seguintes temáticas: substituição de embalagens PET; substituição da gasolina de aviação por combustíveis à base de cana-de-açúcar; redução da contaminação por petróleo no mar; substituição da gordura *trans* de doces caseiros.

A aplicação da atividade teve duração de sessenta dias e os estudantes se engajaram na resolução dos casos, inicialmente, divididos em grupos de oito a dez integrantes. A partir daí, foram realizadas quatro fases, sendo duas centradas em ações individuais dos estudantes (fases 2 e 3) e duas em atividades por parte do professor (fases 1 e 4), conforme ilustra a Figura 3.

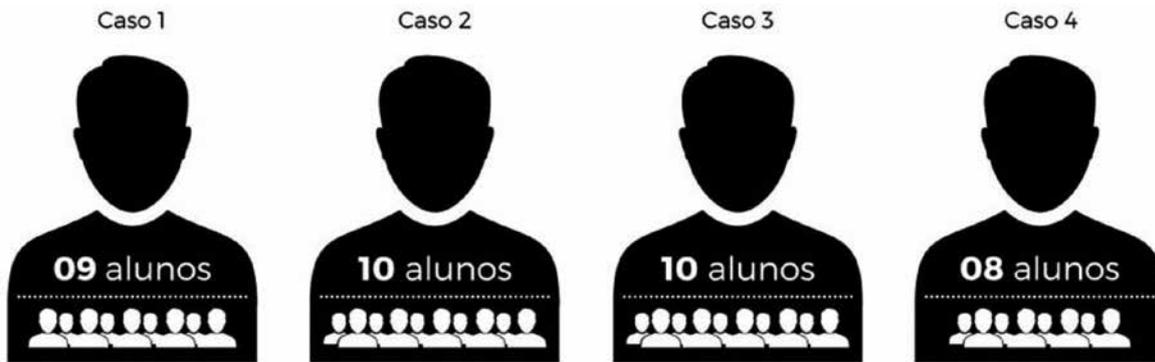
Na primeira fase, o professor disponibilizou, em sala de aula, os estudos de casos aos estudantes. Na segunda fase, os estudantes alimentaram individualmente o *Kit* Caso com informações acerca dos tópicos tratados nos seus respectivos estudos de caso.

Na terceira fase, os estudantes argumentaram individualmente sobre a melhor solução para os respectivos estudos de caso na ferramenta ArgPEC, tanto no formato textual quanto no formato de diagramas de argumentação. Na quarta fase, de posse das soluções individuais dos estudantes, o professor os dividiu em dezessete duplas e um trio, compostos por aqueles que indicaram soluções distintas para um mesmo estudo de caso. A partir dessa divisão, ocorreram mais cinco fases, conforme ilustra a Figura 4.

Cabe ressaltar que as fases de aplicação podem ser modificadas de acordo com os objetivos traçados pelo professor e que, em sete das nove fases, o AVA foi efetivamente empregado. A quinta e a sexta fase correspondem ao uso do Fórum e a sétima fase ao uso do *Chat*. Essas ferramentas são fundamentais, uma vez que os estudantes, tendo manifestado suas argumentações iniciais e individuais, são confrontados em grupos de dois ou três, no sentido de alcançarem uma resposta única, representativa dos integrantes daquele grupo. Na oitava fase, a ferramenta ArgPEC foi retomada, para revisar e reelaborar o texto e o diagrama anteriormente produzidos por parte dos estudantes.

Na nona fase, foi utilizado o Diário do Caso, para que os estudantes pudessem escrever, ao final das atividades, textos que refletissem, dentre outros aspectos, suas percepções sobre a experiência vivenciada durante as atividades realizadas.

A partir do uso das ferramentas e funcionalidades do AVA, o professor e os estudantes participaram ativamente do processo de ensino e aprendizagem, com o desempenho de papéis distintos durante as etapas de aplicação. Os estudantes foram capazes de identificar e definir o problema a ser



Fase 1

Distribuição dos casos aos alunos por parte do professor em sala de aula

Fase 2

Realização por parte dos estudantes de pesquisa/coleta de artigos sobre o tema tratado no caso e adição ao *Kit* Caso

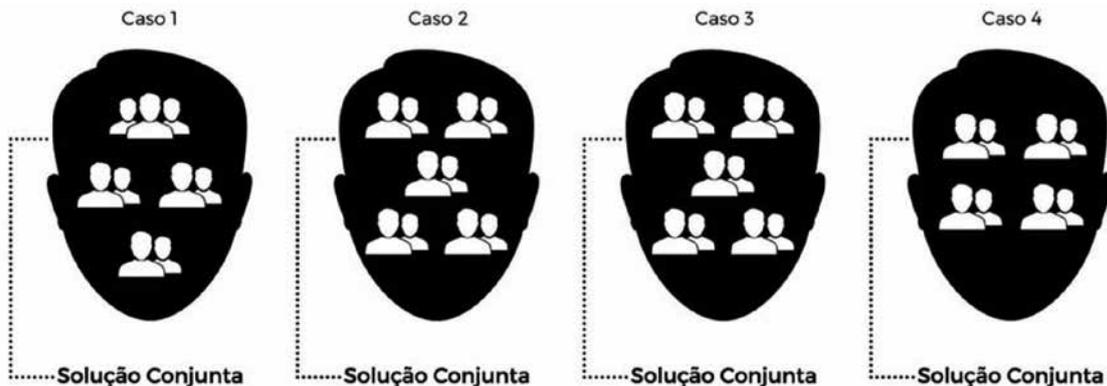
Fase 3

Produção de texto argumentativo na ferramenta ArgPEC por parte dos alunos, com base nos documentos adicionados ao *Kit* Caso, indicando a melhor solução para o caso (argumentação escrita individual)

Fase 4

Análise por parte do professor das soluções apresentadas e formação de duplas ou trios compostos por alunos que indicaram distintas soluções para um mesmo caso

Figura 3: Etapas individuais da atividade didática.



Fase 5

Acesso aos alunos do texto e da representação produzida pelo seu parceiro de dupla ou seus parceiros de trio, disponíveis no Fórum

Fase 6

Estabelecimento de discussão entre os membros da dupla ou trio, no Fórum, com objetivo de alcançar uma resolução comum para o caso (argumentação colaborativa dialógica)

Fase 7

Produção de texto argumentativo no *Chat* por parte da dupla ou trio, indicando a melhor solução para o caso (argumentação escrita colaborativa)

Fase 8

Revisão e reelaboração por parte de cada aluno do texto individual produzido inicialmente (argumentação escrita individual) e da representação do texto no formato de diagrama produzido na ferramenta ArgPEC

Fase 9

Produção de textos por parte dos alunos que reflitam, dentre outros aspectos, suas percepções sobre a experiência vivenciada na ferramenta Diário do Caso

Figura 4: Etapas em grupo da atividade didática.

resolvido em cada estudo de caso, acessar, avaliar e utilizar informações necessárias à resolução do problema. Por outro lado, o professor assumiu o papel de auxiliar os estudantes na análise do problema e na busca de informações sobre o assunto, além de considerar as possíveis soluções expostas e, principalmente, fomentar a reflexão sobre as consequências das decisões tomadas por parte dos estudantes.

Avaliação do AVA por Estudantes de Química

Após o término da atividade descrita anteriormente, os estudantes responderam um questionário, composto por dez afirmações, baseado na escala Likert de cinco pontos – Concordo Fortemente (CF), Concordo (C), Indeciso (I), Discordo (D) e Discordo Fortemente (DF) – acerca das suas percepções sobre o uso do AVA: O uso do AVA é fácil para mim (1); O acesso ao AVA e às suas ferramentas é fácil para mim (2); É fácil obter as informações que eu desejo no AVA (3); O AVA é útil no andamento da disciplina (4); A utilização do AVA torna mais fácil o trabalho com o estudo de caso e a realização das atividades solicitadas na disciplina (5); Eu gostei do AVA e espero que existam outras disciplinas no curso nas quais sejam usados ambientes virtuais de aprendizagem (6); O estilo da tela do AVA é agradável (7); O tamanho das letras e das imagens apresentadas no AVA é adequado (8); A localização dos *menus* e atalhos no AVA é clara (9); A forma como o conteúdo é disposto no AVA é adequada (10). A Figura 5 expressa graficamente a frequência das respostas dos estudantes (*eixo y*) em cada item dos níveis da escala Likert para as dez afirmativas (*eixo x*).

A partir das respostas ao questionário, expostas na Figura 5, temos que o AVA apresentou boa aceitação por parte da maioria dos estudantes, conforme as respostas

positivas obtidas referentes à facilidade de uso de suas ferramentas, à importância para a realização das atividades e à obtenção das informações desejadas. Em todas as afirmações o percentual das respostas dadas como CF e C atingiu ao menos metade dos participantes e nas afirmações 1, 2, 3, 4 e 8 esse percentual ultrapassou setenta por cento das respostas. Por outro lado, algumas percepções apontam para necessidades de aperfeiçoamento do AVA para aplicações futuras. Ao considerar os percentuais das respostas dadas como D, evidenciam-se, principalmente, abordagens sobre a localização dos *menus* e atalhos (afirmação 9) e sobre a disposição do conteúdo (afirmação 10). Essas avaliações fornecem o *feedback* necessário para a avaliação e a necessidade de aprimoramento desse tipo de sistema.

Considerações Finais

Com o advento da Internet, novas possibilidades de aplicação de atividades educacionais, antes realizadas apenas presencialmente, surgiram. Foi nessa perspectiva que desenvolvemos o AVA denominado eduqui.info, tendo em vista a ampliação das possibilidades de realização de práticas didáticas pautadas na resolução de estudos de caso. A disseminação do uso de estudos de caso no ensino de química no Brasil, tanto na educação básica quanto no nível superior, justificam tal empenho (Queiroz e Silva, 2017).

As ferramentas e funcionalidades do AVA contribuem para a aprendizagem relacionada à resolução de problemas, colaboração e argumentação e oferecem ao professor condições para a realização de atividades voltadas à introdução de conteúdos químicos específicos, à potencialização da capacidade de tomada de decisão e o desenvolvimento do pensamento crítico, por exemplo.

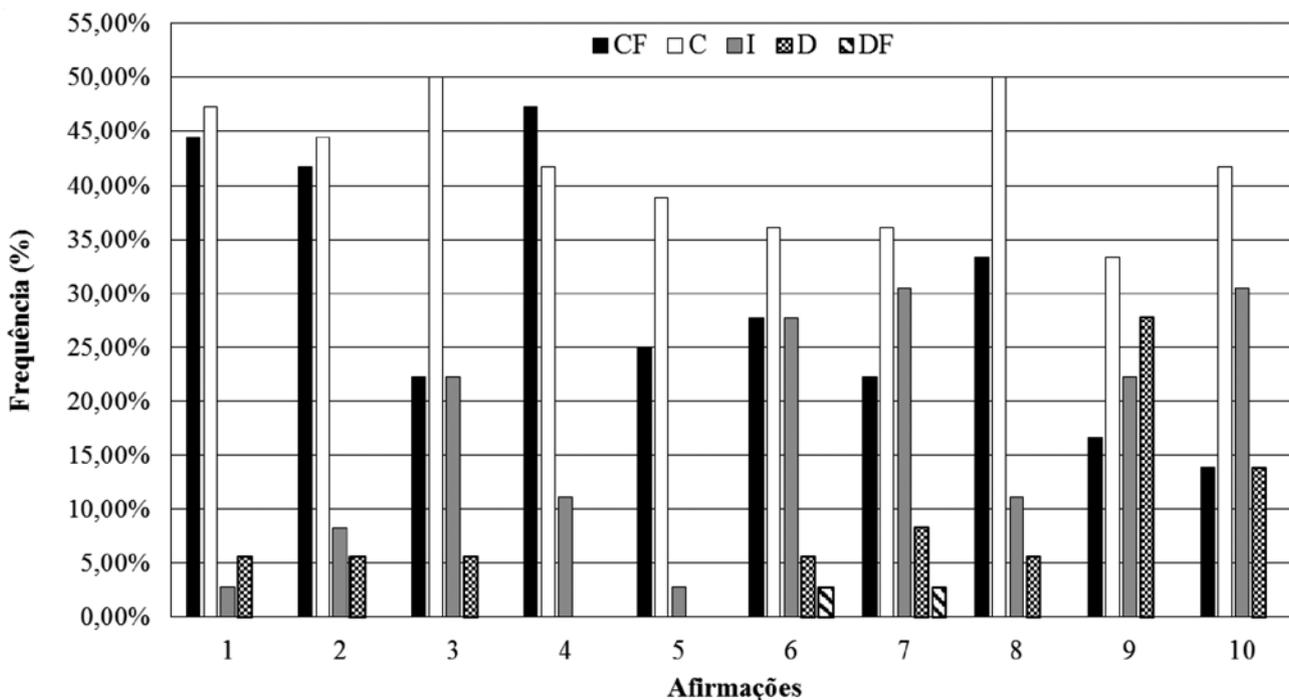


Figura 5: Questionário de avaliação do AVA.

A forma de interação dos estudantes com os objetos de estudo apresentados nos casos, com outros estudantes e também com o professor, propiciada pelo AVA, imprime um viés inovador ao processo pedagógico, com potencial para fazer com que o aprendizado ocorra de maneira distinta e mais envolvente do que aquela usualmente vivenciada no dia a dia das instituições educacionais.

Referências

ALBA, J.; SALGADO, T. D. M. e PINO, J. C. D. Estudo de caso: uma proposta para abordagem de funções da química orgânica no ensino médio. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia*, v. 6, n. 2, p. 76-96, 2013.

BROIETTI, F. C. D.; ALMEIDA, F. A. S. e SILVA, R. C. M. A. Estudo de casos: um recurso didático para o ensino de química no nível médio. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia*, v. 5, n. 3, p. 89-100, 2012.

CABRAL, P. F. O.; SOUZA, N. S. e QUEIROZ, S. L. Casos investigativos para a promoção da CSCL no ensino superior de química. *Química Nova*, v. 40, n. 9, p. 1121-1129, 2017.

CONRADO, D. M.; NUNES-NETO, N. F. e EL-HANI, C. N. Aprendizagem baseada em problemas (ABP) na educação científica como estratégia para a formação do cidadão socioambientalmente responsável. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 14, n. 2, p. 77-87, 2014.

EVAGOROU, M. e OSBORNE, J. Argue-WISE: using technology to support argumentation in science. *School Science Review*, v. 89, p. 103, 2007.

FREITAS-REIS, I. e FARIA, F. L. Abordando o tema alimentos embutidos por meio de uma estratégia de ensino baseada na resolução de casos: os aditivos alimentares em foco. *Química Nova na Escola*, v. 37, n. 1, p. 63-70, 2015.

FURBERG, A. e LUDVIGSEN, S. Students' meaning-making of socio-scientific issues in computer mediated settings: exploring learning through interaction trajectories. *International Journal of Science Education*, v. 30, n. 13, p. 1775-1799, 2008.

GRAVETT, S.; BEER, J.; ODENDAAL-KROON, R. e MERSETH, K. K. The affordances of case-based teaching for the professional learning of student-teachers. *Journal of Curriculum Studies*, v. 49, n. 3, p. 369-390, 2017.

HERREID, C. F.; SCHILLER, N. A. e HERREID, K. F. *Science stories: using case studies to teach critical thinking*. Arlington: NSTA Press, 2012.

JAMALUDIN, A.; CHEE, Y. S. e HO, C. M. L. Fostering argumentative knowledge construction through enactive role

Nilcimar dos Santos Souza (nilcimars@yahoo.com.br) é doutor em Ciências pelo Instituto de Química de São Carlos da Universidade de São Paulo (IQSC/USP) e professor da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Campus Macaé, Macaé, RJ – BR. **Patrícia Fernanda de Oliveira Cabral** (petycabral@gmail.com) é mestra em Ciências pelo IQSC/USP e doutoranda do Programa Interunidades em Ensino de Ciências da USP, São Carlos, SP – BR. **Saete Linhares Queiroz** (saete@iqsc.usp.br) é doutora em Química pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho e professora do IQSC/USP, onde coordena o Grupo de Pesquisa em Ensino de Química do IQSC (GPEQSC). São Carlos, SP – BR.

play in Second Life. *Computer & Education*, v. 53, n. 2, p. 317-329, 2009.

MASSENA, E. P.; GUZZI FILHO, N. J. e SÁ, L. P. Produção de casos para o ensino de química: uma experiência na formação inicial de professores. *Química Nova*, v. 36, n. 7, p. 1066-1072, 2013.

METZNER, A. C. Proposta didática para o curso de licenciatura em educação física: aprendizagem baseada em casos. *Educação e Pesquisa*, v. 40, n. 3, p. 637-650, 2014.

PAZINATO, M. S. e BRAIBANTE, M. E. F. O estudo de caso como estratégia metodológica para o ensino de química no nível médio. *Revista Ciência & Ideias*, v. 5, n. 2, p. 1-18, 2014.

QUEIROZ, S. L. e SILVA, E. M. S. *Estudos de caso para o ensino de química 1*. Curitiba: CRV, 2017.

SÁ, L. P. e QUEIROZ, S. L. Promovendo a argumentação no ensino superior de química. *Química Nova*, v. 30, n. 8, p. 2035-2042, 2007.

SELIM, H. M. An empirical investigation of student acceptance of course websites. *Computers & Education*, v. 40, p. 343-360, 2003.

SOUZA, R. S.; ROCHA, P. D. P. e GARCIA, I. T. S. Estudo de caso em aulas de química: percepção dos estudantes de nível médio sobre o desenvolvimento de suas habilidades. *Química Nova na Escola*, v. 34, n. 4, p. 220-228, 2012.

SOUZA, N. S. *Tecnologias de informação e comunicação em aulas de química: uma pesquisa-ação com estudantes do PROEJA*. Dissertação (Mestrado em Ciências Naturais). Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2012.

TOULMIN, S. *Os usos do argumento*. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

Para Saber Mais

SÁ, L. P. e QUEIROZ, S. L. *Estudos de caso no ensino de química*. Campinas: Átomo, 2010.

QUEIROZ, S. L. *Estudos de caso aplicados ao ensino de ciências da natureza*. Material Didático do Centro Paula Souza, 2015. Disponível em http://www.gpeqsc.com.br/sobre/manuais/natureza_estudo_casos.pdf, acessado em Julho 2018.

Abstract: *Virtual Learning Environment for Carrying out Didactic Activities Based on Solving Case Studies*. The aim of this paper is to present the functionalities and tools of a Virtual Learning Environment (VLE) called eduqui.info, in which activities based on solving case studies are conducted in the context of chemistry teaching. Knowledge about the potentialities of the VLE (free access) enables teachers to make judgments about it, making it possible to disseminate didactic practices that combine the advantages from teaching strategies (case study method) with those resulting from using new technologies. VLE was positively evaluated by undergraduate chemistry graduates, mainly due to the user-friendly tools, their importance for carrying out the required didactic activities and obtaining desired information.

Keywords: VLE, case studies, chemistry



Da Intencionalidade à Responsabilidade Lúdica: Novos Termos para Uma Reflexão Sobre o Uso de Jogos no Ensino de Química

Cinthia M. Felício e Márion H. F. B. Soares

Este trabalho procura refletir sobre a temática do lúdico no ensino de química a partir de alguns aspectos da literatura e suas possibilidades em relação à aplicação na sala de aula e possivelmente na própria formação do professor. Refletimos, a partir da literatura e de trabalhos já publicados, sobre questões inerentes ao referencial teórico do lúdico, propondo uma linguagem sistemática e intencional que auxilie os profissionais que fazem ou desejam conhecer essa área de investigação, oferecendo bases que evidenciam aspectos do desenvolvimento cognitivo, psicológico, sociais e formativos, a partir do seu potencial para o desenvolvimento criativo e autônomo dos sujeitos. A ideia básica é propor novos termos que possam auxiliar os pesquisadores em alguns aspectos do jogo em sua aplicação e na possibilidade desses conhecimentos fazerem parte da formação de professores.

► lúdico, ensino de química, jogos em ensino de química ◀

Recebido em 22/06/2017, aceito em 14/01/18

160

Propostas de atividades lúdicas e jogos em educação e, especificamente, no ensino de ciências/química têm sido cada vez mais apresentadas em congressos e eventos científicos, nos quais se discutem as potencialidades desses recursos (Soares, 2016). Porém, sem que haja de fato um estudo sistemático e organizado dessas aplicações do lúdico em ensino de ciências, tanto a comunidade acadêmica tende a rechaçar tais estudos, como pode acontecer uma proliferação de propostas denominadas lúdicas, sem a mínima discussão e/ou fundamentação envolvendo os processos de ensino e aprendizagem, promovidos por meio de tais alternativas (jogo pelo jogo).

A partir disso surgem várias críticas, refletindo de certa forma o descrédito da comunidade acadêmica para com este tipo de proposta, como discutido por Garcez e Soares (2017), trazendo inquietações para os pesquisadores da área que buscam conhecer e promover educação científica/química, por meio

de recursos lúdicos intencionalmente elaborados e voltados ao desenvolvimento de habilidades cognitivas e formação integral do ser humano.

A sistematização de uma linguagem que permita a comunicação de resultados de pesquisa e elaboração de argumentos plausíveis dentro do contexto de investigação dos processos de ensino e aprendizagem pelo uso do lúdico torna-se cada vez mais necessária, no sentido de fundamentar tais discussões e reflexões.

A sistematização de uma linguagem que permita a comunicação de resultados de pesquisa e elaboração de argumentos plausíveis dentro do contexto de investigação dos processos de ensino e aprendizagem pelo uso do lúdico torna-se cada vez mais necessária, no sentido de fundamentar tais discussões e reflexões.

Ressaltamos a importância dos educadores conhecerem alguns princípios inerentes ao uso dos recursos lúdicos no ensino para o envolvimento em pesquisas, no intuito de iniciar uma dada intencionalidade educativa, no que se refere a elaborar jogos e brincadeiras que possam auxiliar na reflexão sobre a sua prática educativa e desenvolver atividades

que possam atender as necessidades formativas de seus estudantes. A ação educativa poderá contar com um potencial de mobilização e desenvolvimento de atividades que, refletidas e analisadas criticamente, possam ser validadas no meio acadêmico.

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

Algumas dessas questões iniciais consistem em pensar alternativas que possibilitem a reflexão da comunidade escolar sobre questões como: caberia ou não ao jogo fazer parte da escola? Em que situações estariam os **jogos**, em relação à elaboração de atividades, seja no ensino/aprendizagem ou até mesmo para avaliação do ensino e da aprendizagem? E de que forma poderiam ser trabalhadas e desenvolvidas tais atividades na escola ou fora dela para que os estudantes voltassem a encontrar o prazer de aprender e conhecer o mundo, e compreenderem melhor sua constituição/composição a partir do conhecimento químico e científico?

Logo, torna-se importante discorrer sobre qual conceito de jogo estamos nos referindo. Seja a definição retomada na obra de Huizinga (2005), que apresenta uma definição de jogo segundo a característica inerente às atividades de quem joga, como “uma ação livre sentida como fictícia e situada fora da vida real, capaz de absorver completamente o jogador, uma ação destituída de qualquer interesse material e de qualquer utilidade, que acontece em um tempo e espaço circunscrito, se desenvolvendo segundo regras consensuais...”, ou ainda, conforme Duflo (1997), introduzindo uma definição de jogo que pode caracterizar esta atividade e respeitar sua natureza livre e imprevisível: “a invenção de uma liberdade na e pela legalidade”. A partir dessa definição, o autor apresenta um neologismo dentro da definição, a *legaliberté* (Duflo, 1997). Neste trabalho, traduzimos este termo como “legaliberdade” que será retomado mais adiante no texto.

Neste caso, a partir desta visão de jogo, o professor poderia pensar, propor e desenvolver atividades educativas voltadas para o ensino de química, analisando e conhecendo a turma e, então, respeitando a cultura lúdica de cada uma, propor atividades que possam envolvê-las em suas especificidades e modificar um pouco o panorama de grande desmotivação ao estudo da química básica, um consenso no que se refere às dificuldades de ensino que são encontradas nas escolas.

A pesquisa na área da educação pelo uso do lúdico precisa trabalhar e investigar rigorosamente essas e outras questões que podem emergir da ação educativa, para que possamos entender e explorar melhor as potencialidades que o lúdico pode trazer aos jovens em idade escolar, que níveis de interação entre jogo e jogador poderão ser propostos e que processos cognitivos as atividades propostas poderão mobilizar no momento de elaboração conceitual, além disso, precisamos pensar em alternativas para sensibilizar a escola e a comunidade escolar pela busca da inovação do processo educacional e envolvimento dos estudantes, no seu lócus de ação e aprendizagem.

O Lúdico na Educação e suas Possibilidades

No sentido que estamos propondo, o lúdico envolveria os jogos ou atividades que atendam aos princípios educacionais mediados por uma intencionalidade lúdica do professor que em suas propostas pedagógicas inclua atividades que permitam a invenção de uma liberdade regrada por meio

de ações que respondam aos objetivos educativos. Desta forma, na maneira como as regras aparecem, implícitas ou explicitamente é que se definem os tipos de atividades lúdicas. E nesta perspectiva defendemos o uso do lúdico para ensinar ou avaliar a aprendizagem de conceitos químicos ou de qualquer outra natureza, na formação básica e também na profissional.

O jogo é uma ação livre, mas entendida conscientemente como fictícia e situada fora da vida real. É capaz de absorver completamente o jogador em uma ação destituída de qualquer interesse material e de qualquer utilidade, que acontece em um tempo e espaço circunscrito, desenvolvendo-se segundo regras dadas e situadas na relação de grupos, envolvendo simultaneamente tensão e alegria, e uma consciência de estar fora da vida corrente (Huizinga, 2005).

Em outro aspecto, é preciso esclarecer que o jogo tem um fim em si mesmo, conforme considera Huizinga (2005), e a partir dele, com a liberdade que o caracteriza e pela legalidade que se impõe enquanto participante da atividade, muitas vezes ela pode ser delimitadora das normas de condutas ou procedimento essenciais ao jogo, que ao ser regrado, pode tornar-se um **jogo educativo**, desenvolvendo a autonomia e a criticidade, segundo os objetivos educacionais que se constroem reflexivamente. É esta intercessão entre a liberdade e a legalidade, conforme considera Duflo (1997), que jogos e brincadeiras com fins educacionais têm o engajamento prazeroso dos estudantes.

Tais conceitos precisam ser evidenciados e esclarecidos quanto aos aspectos educacionais que os envolvem, para que então possamos discutir como este tipo de atividade pode auxiliar o professor de química, possibilitando aulas mais interativas e dinâmicas, com o foco da aprendizagem nos estudantes e em seu protagonismo.

Logo, o **lúdico** seria todo processo divertido e prazeroso que pelas suas características de liberdade na e pela legalidade permitisse o desenvolvimento de qualidades e valores nos educandos, propiciando que estes assumam a autoria do seu processo de desenvolvimento, por encontrar no professor um estimulador e encorajador de suas potencialidades. É neste sentido que desejamos buscar uma definição de jogo aplicada à questão educacional.

É pelo **jogo** que o caráter lúdico da atividade se mostra e avança em desenvolvimento e interesse de participar das atividades a que se propõe o estudante. E é pela mediação intencional e atenta do professor, que tais atividades podem se tornar, aos poucos, compreensão e entendimento. Assim, o jogo é uma atividade lúdica, com regras estabelecidas, veículo claro e evidente do lúdico (Soares, 2015).

O jogo é livre, voluntário, não pode ser exercido por obrigação ou por pressão. O jogo é legalista, não no sentido de ser único e engessado, mas no sentido de se adequar a regras consensuais entre os seus participantes, todos sempre livres e voluntários. Duflo (1997) cunhou um termo para expressar esse sentido, chamando-o de legaliberdade (*legaliberté*). É interessante que o professor que decida pela utilização do lúdico em sala de aula, conheça essa conceituação. O professor

deve conhecer o conceito de regra e sua importância ligada ao conceito de jogo, para que possa mediá-la e orientar o processo de ensino aprendizagem, aliando-as aos seus objetivos de ensino, sempre em consenso com os estudantes.

Segundo Duflo (1997), é justamente a regulamentação da atividade que traz um duplo prazer e envolve tanto os participantes, ao propiciar um ambiente de encerramento e concentração dos sujeitos na atividade, possibilitando a criação de ações livres e inesperadas. Este aspecto ressalta a alegria e o engajamento na atividade. A invenção de uma liberdade na e pela legalidade surge como um aspecto comum a todos os jogos e atividades lúdicas, sendo esta a definição do jogo, capaz de abarcar as diversas categorias dos jogos e atividades que apresentem em comum o caráter lúdico.

Por outro lado, em termos de regulação, podemos afirmar que um dos maiores problemas da aplicação de jogos em sala de aula são suas regras. Quando se tem regras efetivamente longas ou complexas, elas tendem a dificultar o entendimento do jogo, o que tem como consequência a demora na compreensão da dinâmica de jogabilidade, atrasando a discussão do conteúdo. Dentro da legalidade defendida por Duflo (1997), nossa proposta para esses casos está centrada na ideia de se utilizar sempre um jogo conhecido pelos participantes, os quais conhecem as regras e suas dinâmicas. O desconhecimento da legalidade e da evolução da regra dentro do próprio jogo pode levar a dificuldades em sua aplicação.

Uma Reflexão sobre o Paradoxo do Jogo Educativo

Em princípio surge o que alguns autores chamam de paradoxo do jogo educativo (Kishimoto, 2002). Como algo que por definição é livre e voluntário pode se adequar a um sistema (educacional) que prima pela ordem? O desafio de fazer educação pelo lúdico e fugir ao paradoxo que a própria natureza das atividades pode deixar transparecer exige planejamento e conhecimento de causa, fazendo com que o professor engajado na cultura lúdica ajude a emergir propostas das atividades para que sejam construídas com os alunos.

Neste contexto, ainda podem restar dúvidas de como garantir que atividades de natureza lúdica realmente possam atingir os objetivos educacionais e os conhecimentos necessários para aprovação/entendimento dos estudantes. E podem surgir diversas dúvidas e incertezas quanto à adequação da atividade e como avaliar e garantir que realmente houve ou não o aprendizado necessário.

Esta questão é bastante recorrente no meio educacional. Consideramos que muitas vezes somos questionados e necessitamos tomar diversos cuidados quanto ao planejamento e realização de propostas pedagógicas que utilizem recursos lúdicos, pois ainda temos muita resistência quanto à mudança; nossa cultura ainda muito positivista e racionalista, e nossa atuação docente ainda está impregnada pelo dogmatismo científico e muitas vezes esquecemos ou desconhecemos formas alternativas e eficazes de ensinar e avaliar a formação cognitiva e emocional dos jovens que precisamos formar. Insistimos na importância de se estudar

e viabilizar ações que favoreçam a divulgação e promoção de uma cultura mais lúdica na prática docente.

Acreditamos que dessa forma poderemos transformar a escola e suas práticas educativas, trazendo alegria, entusiasmo e novas formas de aprender e ensinar qualquer que seja a natureza do conhecimento que desejamos promover. Em nosso caso, estamos falando da promoção de jogos e brincadeiras para a aprendizagem e promoção de valores e atitudes, na escola ou fora dela e a saída de um paradoxo que precisa ser revisto e compreendido em cada situação de estudo que pretendamos realizar.

Tal paradoxo pode ser resolvido a partir da ação do professor, com o jogo e pelo jogo educativo, tendo como desafio equilibrar conteúdos e diversão para uma formação mais prazerosa. Aspectos do desenvolvimento e aprendizagem são garantidos pela elaboração e mediação do professor, que orienta a construção de regras que possam se estabelecer em consenso e ainda alcançar seus objetivos educacionais.

Como o adulto traz sua cultura impregnada de imagens, ideias, universos e vontades, nem sempre realizáveis, seriam necessários momentos em que se possam criar situações para dar vazão à sua imaginação, favorecendo assim sua criatividade e aprimoramento (Brougère, 2008). O paradoxo do jogo educativo está mais ligado ao que chamamos de negação de nossa cultura lúdica do que propriamente a seu uso ou não em sala de aula. Para Brougère (2008), a televisão e outros meios de comunicação como a internet e computadores, além dos brinquedos que as crianças podem manipular ou representar situações em muitas brincadeiras, podem facilitar o desenvolvimento dessa cultura lúdica.

Embora tais aspectos do uso do lúdico sejam mais associados à idade infantil, temos avançado no estudo e propostas de atividades de química, na formação básica e inclusive em meio a universitários, sempre com bons resultados, não só no que se refere à proposição de atividades lúdicas em sala de aula, mas aspectos relacionados a uma discussão conceitual e epistemológica sobre seu uso nos diversos níveis do ensino de química (Cunha, 2012; Soares, 2015; Felício, 2011; Cavalcanti *et al.*, 2012; Porto, 2015; Soares, 2016; Messeder Neto e Moradillo, 2016; Garcez e Soares, 2017).

Enfim, é importante salientar o quanto estes termos, lúdico e jogo, são complementares. Um jogo é uma atividade lúdica. Uma atividade lúdica em sala de aula pode ou não ser propriamente um jogo. Ou seja, nossa própria cultura, seja ela lúdica ou não, estabeleceu limites entre esses dois termos. O primeiro se usa sempre para aquilo que de fato traz diversão e prazer e o segundo quase sempre é direcionado a questões de competição, de uma atividade na qual haverá perdedor ou ganhador.

Preferimos o termo jogo sempre associado ao lúdico e vice-versa, quase com o mesmo significado. Soares (2015) nos alerta, complementando nossas ideias de que o termo Jogo Lúdico não é nada mais que um pleonismo, assim como descer para baixo, ou hemorragia de sangue. Logo, quando nos referimos ao lúdico também estamos falando do jogo

no seu sentido *strictu*, e quando falamos do jogo, fica claro seu caráter lúdico.

As escolas permanecem ainda muito tradicionais e conservadoras. Em uma parte considerável delas, o foco ainda não é o aluno e seu aprendizado, mas o cumprimento de ementas e programas, nas quais o que se valoriza é a repetição e a quantidade, sem muitas preocupações metodológicas que possibilitem ao aluno participar da construção do seu aprendizado. Um local onde os jogos e brincadeiras foram praticamente abolidos, nos quais os gestores e educadores desconhecem ou veem com certo receio abordagens mais interacionistas e que possibilitem a participação e tomada de decisão dos estudantes.

Entendemos que há basicamente duas formas de ao menos atenuar o paradoxo do jogo educativo: (i) consciência por parte dos alunos que o jogo é de fato educativo. A partir de nossa experiência na seara do lúdico em educação, entendemos que as atividades nas quais os alunos são informados de que será aplicado um jogo para se ensinar determinado conceito, ao contrário do que se imaginava, funcionam como atenuadores do paradoxo. Tanto os alunos quanto os professores nesse caso, estão imbuídos da **atitude** e da **responsabilidade lúdicas**. Estes termos, que serão aprofundados nos próximos tópicos, denotam um comprometimento dos atores com as atividades a partir do momento em que se sentem responsáveis por agir dentro de uma atividade lúdica. Assim, tanto alunos quanto professores procuram se divertir, sabendo de alguma forma que o objetivo é chegar a um resultado considerado importante em termos de aprendizagem; (ii) liberdade e voluntariedade na sala de aula. Entendemos que o aluno deve optar por jogar ou não em sala de aula. Se o professor apresenta uma proposta de jogo, ela deve sempre ser acompanhada de um convite àqueles que querem de fato jogar. Se o aluno joga por obrigatoriedade do professor, o paradoxo se faz presente, logo, não se tem um jogo educativo, mas um material didático sem ludicidade, especificamente para aquele aluno/jogador obrigado a fazê-lo. A experiência tem nos mostrado que a maioria da sala costuma aderir ao convite do professor.

Reflexões a Partir do Lúdico: Possibilidades Lúdicas na Educação em Química/Ciência

Brougère (1998) discute aspectos da cultura lúdica e acreditamos que reflexões e estudo sobre estes aspectos

precisam ser considerados tanto por pesquisadores no ensino, quanto por professores que se disponham a conhecer e vivenciar esta cultura. Estas ideias poderiam ser utilizadas para o desenvolvimento e a aprendizagem não apenas de crianças, mas também de jovens e até de adultos, conforme nos explica Miranda (2015).

O avanço das pesquisas e estabelecimento de uma linguagem que articule o aprendizado e desenvolvimento, organizando propostas de abordagens coerentemente articuladas e fundamentadas a partir destas relações estabelecidas entre o desenvolvimento cognitivo, emocional e aspectos da cultura lúdica, podem favorecer e auxiliar o aprimoramento do aprendizado.

Realizada essa primeira discussão, continuaremos a refletir a partir de uma série de questionamentos e reflexões no intuito de apresentar alguns novos termos, importantes para aqueles profissionais/pesquisadores que se interessem pela temática, no intuito sempre maior de estabelecermos um estudo sistemático dentro da seara do lúdico em ensino de ciências/química.

As formas de se trabalhar o conhecimento químico na formação básica podem trazer mais encanto e significado para a vida pessoal e profissional dos estudantes, caso sejam levados em consideração os interesses destes estudantes e se apresentem contextos que possam motivá-los de forma voluntária com práticas pedagógicas mais dinâmicas e interativas. Ao refletir como estes conhecimentos podem estar presentes na sua vida e no seu campo de atuação, em contextos interdisciplinares e de aplicação técnica e tecnológica, há um maior interesse e participação dos estudantes às propostas de atividades desenvolvidas (com o professor) e pelo professor.

Defendemos que a sala de aula deve ser modificada no sentido de despertar o interesse dos alunos para o conhecimento e não somente para a informação. Notamos que os alunos estão inseridos em uma cultura que perpassa as redes sociais e caminha até uma infinidade de jogos. Para eles, essa cultura é muito mais interessante do que os conhecimentos químicos em sala de aula. Se não nos atentarmos a tal aspecto, perderemos terreno para essa “concorrência”. Nós, professores, sabemos da importância da química, tanto em nível pessoal, quanto em relação às suas aplicações na sociedade. Mas não estamos conseguindo fazer com que os alunos também entendam da mesma forma, imersos que estão em outras plataformas. O que buscamos são mecanismos diversos para que esse entendimento possa

Defendemos que a sala de aula deve ser modificada no sentido de despertar o interesse dos alunos para o conhecimento e não somente para a informação. Notamos que os alunos estão inseridos em uma cultura que perpassa as redes sociais e caminha até uma infinidade de jogos. Para eles, essa cultura é muito mais interessante do que os conhecimentos químicos em sala de aula. Se não nos atentarmos a tal aspecto, perderemos terreno para essa “concorrência”. Nós, professores, sabemos da importância da química, tanto em nível pessoal, quanto em relação às suas aplicações na sociedade. Mas não estamos conseguindo fazer com que os alunos também entendam da mesma forma, imersos que estão em outras plataformas. O que buscamos são mecanismos diversos para que esse entendimento possa se tornar realidade. Pensamos e defendemos o uso do lúdico como uma dessas alternativas.

se tornar realidade. Pensamos e defendemos o uso do lúdico como uma dessas alternativas.

O uso de recursos lúdicos, de maneira intencional e compartilhada com os estudantes, pode surgir como um bom instrumento para se trabalhar a motivação e o interesse, dada a natureza destas atividades e suas relações intrínsecas ao ser humano (Brougère, 1998; Duflo, 1997; Huizinga, 2005).

Outro aspecto relevante que o lúdico possibilita é o desenvolvimento do diálogo e intensificação dos processos intersubjetivos, pela necessidade de comunicar e negociar o estabelecimento de regras e compromissos entre aqueles que se propõem a jogar. Isso traz maior proximidade entre os estudantes e os professores que se propõem a mediar o processo de elaboração do conhecimento. Neste sentido, o professor pode, por exemplo, por meio de diversos tipos de jogos, propor atividades de leitura e escrita sobre uma temática em química que desejamos iniciar ou avaliar o estudo de cinética química ou o estudo de ligações químicas. Os alunos leem e a partir de regras consensuais terão um tempo para comunicar o que leram e seu entendimento ao restante da turma, para depois escreverem um relatório apresentando suas ideias e o que aprenderam sobre a temática.

O professor pode propor ainda, que, após lerem, os alunos que tiverem textos comuns formem um grupo e criem um esquete ou dramatização para apresentar seu entendimento. Esse tipo de proposta pode se utilizar de jogos de tabuleiro ou cartas que contêm conceitos e atividades que instiguem a reflexão e desafiem os estudantes a interagir e responder questões conceituais para avançar e pontuar no jogo. Importante notar que na proposição de qualquer tipo de jogo, a presença importante é a parceria entre professor e aluno. É fundamental destacar que os jogos em sala de aula não prescindem do professor.

Novamente nos referimos a legalidade. Esta liberdade legalizada pelas regras pode ser aproveitada pelo professor, pois permite o estabelecimento de parcerias entre professor/aluno ao possibilitar condições psicológicas para maior engajamento do aluno, além de poder contemplar aspectos da sua afetividade e autoestima, propiciando um ambiente mais receptivo para a construção do conhecimento.

Neste sentido, caberia ao professor/educador voltar-se às diferentes possibilidades de percepções dos alunos, explorar os diversos aspectos e implicações desse conhecimento na vida dos estudantes, por meio de práticas que permitam maior interação, questionamento e exposição a diferentes percepções e atitudes. Compete ao professor dialogar e ressignificar conceitos, permitindo a atuação dos estudantes de forma autônoma e criativa, buscando trabalhar algumas vezes, por meio de dinâmicas e aspectos que lhe permitam desenvolver a socialização e as relações interpessoais. Aspectos que podem ser contemplados pelo uso do lúdico, como atestam diversos estudos, entre os quais citamos Messeder Neto (2016), Messeder Neto e Moradillo (2016), Porto (2015), Cunha (2012) e Soares (2015).

Fortuna (2000) nos alerta para o seguinte aspecto com relação à apropriação, indevida, de jogos e brincadeiras no

ensino, sem considerar os aspectos teóricos/pedagógicos envolvidos nesse processo, reforçando ainda mais a ideia da pouca seriedade que ainda se encontra tão arraigada em nossa cultura, seja por preconceito ou ignorância.

Reiteramos que a contribuição do jogo para a escola ultrapassa o ensino de conteúdos de forma lúdica, “sem que os alunos nem percebam que estão aprendendo”. Não se trata de ensinar como agir, como ser, pela imitação e ensaio através do jogo, e sim, desenvolver a imaginação e o raciocínio, propiciando o exercício da função representativa, da cognição como um todo. Para entender este ponto, é oportuno aprofundarmos a relação da cognição com o jogo (Fortuna, 2000, p. 45).

Nesse sentido, precisamos explorar mais proximamente a característica dialógica do jogo em sala de aula. Ao explorar diferentes aspectos de motivação dos alunos, o professor pode abordar diferentes percepções e interesses. Consequentemente haverá um enriquecimento da sua atuação didática e resgate da autoestima e valorização daquilo que o aluno já conhece. Com a contextualização de conceitos químicos, tem-se um ganho de qualidade na formação para a cidadania, com profissionais envolvidos nas questões sociais, desenvolvimento da argumentação e do pensamento reflexivo.

É a partir dessa propriedade dialógica que o jogo vem se mostrando uma excelente ferramenta de avaliação da aprendizagem (Cavalcanti *et al.*, 2012). Dessa forma, é preciso repensar, mesmo que provisoriamente, as diferentes “verdades”, furtando-nos ao dogmatismo e à excessiva valorização dos processos intelectuais em detrimento do que se detecta em nossos sentidos perceptivos e emoções, sem deixar de lado o rigor e a busca pela sistematização do conhecimento, esclarecendo aspectos da linguagem científica e seu ensino descontextualizado e pouco significativo para os estudantes, estabelecendo reflexões sobre aspectos da natureza do conhecimento epistemológico da química, que os professores em sala de aula, muitas vezes sem a formação necessária, não conseguem se atentar e acabar por trazer obstáculos ao entendimento dos conceitos químicos que propõem ensinar.

Precisamos propiciar uma atenção maior aos processos comunicativos e aulas mais dialógicas que possam auxiliar a elaboração de conceitos e evolução conceitual durante o estudo de um determinado tema em química, como por exemplo, radioatividade, equilíbrio químico, soluções, cálculo estequiométrico etc. Nesse sentido, o jogo tem uma característica dialógica ainda pouco explorada, tanto nos relatos de experiência, quanto nas pesquisas com esse viés.

O lúdico pode surgir como uma alternativa para o reencontamento desse ensino, pois emerge naturalmente como elemento da cultura humana, sendo intrínseco ao ser humano, no entanto, normalmente envolvido em preconceitos e muitas vezes inferiorizado pela nossa cultura adultificada, pouco

interessada em desenvolver a criatividade e criticidade dos nossos jovens estudantes. Interessante salientar o quanto o lúdico, o uso de jogos de maneira geral, perpassou as diferentes culturas em diferentes momentos da história (Duflo, 1999; Kishimoto, 2002) e segue como uma característica inerente à formação e ao desenvolvimento humano, como nos atesta Huizinga (2005).

Em nossa cultura, a ideia de jogo está ligada, muitas vezes, a aspectos de falta de seriedade, de atraso e engano. Não se pode desconsiderar seu potencial educacional, que precisa ser estudado e melhor compreendido, fugindo aos equívocos históricos. Neste sentido, propomos que o desenvolvimento de atividades possa surgir de nossa vivência e não apenas das teorias, como um desafio escolhido intencionalmente, intuitivamente, por razões pessoais e princípios e que sejam associados a objetivos curriculares e educacionais.

A promoção de uma cultura lúdica traz alto potencial de aprimoramento e aprendizado e é muito importante que seja conhecida e utilizada no meio educacional, por educadores e demais sujeitos envolvidos no processo de formação. Torna-se importante o conhecimento dos caracteres e princípios desta cultura que estão naturalmente atrelados ao desenvolvimento e avanço dos seres humanos, por sua fisiologia e por princípios culturais e sociais.

É considerando este contexto e as discussões apresentadas que tentaremos fazer a proposição de alguns termos/conceitos importantes para a utilização de recursos lúdico em ensino/sala de aula.

Possíveis Contribuições do Lúdico na Formação do Professor – Alguns Termos Importantes

Para estabelecer o equilíbrio entre aspectos objetivos e subjetivos do ensino e aprendizagem em química, faz-se necessário um novo olhar à formação do professor e à sua postura em sala de aula, seja em termos do conhecimento dos referenciais sobre o lúdico, seja na vivência da ludicidade e análise do seu potencial pedagógico.

Em nossa vivência por meio de práticas pedagógicas que envolveram por vezes jogos e atividades lúdicas, intencionalmente direcionadas ao aprendizado de conceitos científicos e maior envolvimento dos estudantes, observamos que estas nos possibilitam aulas motivadoras e condições que estimulam os envolvidos ao pensamento reflexivo, superando desafios e aprendendo brincando. Tal aspecto propicia maiores interações intersubjetivas, mais diálogo e interesse pelas atividades propostas. Consideramos que tais situações precisam ser trabalhadas no cotidiano escolar.

Nessa direção, concordamos com Chateau (1987) quando afirma que é preciso oferecer às crianças e aos jovens mais desafios, no entanto, tais desafios que sejam interessantes e que eles queiram transpor. Ou, em outro prisma, que sejam capazes de transpor.

Pensamos que se fazem necessárias atividades que possibilitem o exercício da intersubjetividade e, nos tempos modernos, não só aquelas em que os grupos se relacionam entre si, mas as que as pessoas percebem umas às outras em sala de aula; disso decorre a necessidade de o professor “notar” o aluno em sala de aula e também em ambientes virtuais de aprendizagem, sempre considerando o intercâmbio de experiências, gerando necessidades de trocas de ideais

e reflexões que possibilitem a elaboração de conceitos de forma significativa.

O professor pode encontrar instrumentos de grande potencial ao conhecer os fundamentos do lúdico, como a liberdade, a voluntariedade, as regras, a legalidade, entre outros. Cabe a ele entender o papel dessa abordagem no desenvolvimento e aprendizagem de conceitos, bem como a importância de conduzir sua prática de ensino por meio de vivências lúdicas e criativas que possam trazer os alunos para o centro do processo de desenvol-

vimento intelectual e emocional.

Essas considerações demonstram grande necessidade de diálogos entre professores e alunos, conversas francas e sem receios infundados, pois ambos buscam uma formação de qualidade, possuem os mesmos objetivos. Assim, é importante que o professor tenha clareza disso durante o processo educacional e dos desafios que precisa enfrentar para alcançar tal consciência, pois este desafio precisa ser continuamente renovado e fundamentado.

Logo, a partir do que discutimos até o momento, podemos sinalizar alguns termos importantes em relação ao ensino de química por meio do lúdico. Destacamos: **compromisso lúdico, intencionalidade lúdica, atitude lúdica e responsabilidade lúdica**, a partir de uma ótica de aplicação dos jogos e atividades lúdicas nas salas de aula e na prática de ensino, e de uma vivência, tanto experiencial quanto de pesquisa (Felício, 2011; Soares, 2004; Soares, 2016; Garcez e Soares, 2017).

Entendemos como **compromisso lúdico** aquilo que se relaciona diretamente com a conscientização dos pares escolares. No caso presente, o par professor-aluno no sentido de se entender que esse par se situa no mesmo lado do processo de ensino e aprendizagem, com objetivos similares. Assim, é possível que surja um diálogo aberto, sem preconceitos ou ideias prévias sobre o que são os alunos e professores no mundo atual e o que eles acham do estudo no seu desenvolvimento e formação.

Em nossa cultura, a ideia de jogo está ligada, muitas vezes, a aspectos de falta de seriedade, de atraso e engano. Não se pode desconsiderar seu potencial educacional, que precisa ser estudado e melhor compreendido, fugindo aos equívocos históricos. Neste sentido, propomos que o desenvolvimento de atividades possa surgir de nossa vivência e não apenas das teorias, como um desafio escolhido intencionalmente, intuitivamente, por razões pessoais e princípios e que sejam associados a objetivos curriculares e educacionais.

Torna-se indispensável que os docentes busquem desenvolver em si e nos alunos uma atitude mais comprometida com os propósitos da educação e formação científica, não como um conhecimento superior ou que traga maiores vantagens, ou indiquem maior/menor capacidade, mas como uma área do conhecimento necessária ao desenvolvimento da tecnologia e melhoria na qualidade de vida. Faz-se importante também evitar o dogmatismo ou estabelecimento de *rankings* entre as diferentes disciplinas do contexto escolar, mas sim, como uma perspectiva do conhecimento importante e necessária no mundo atual.

Esse tipo de compromisso deve considerar o lado melhor de cada indivíduo e propiciar a todos a reflexão sobre o seu papel ante as possíveis atividades propostas. Numa atitude democrática, cada um busca fazer a sua parte, dar o melhor de si, além de se entender e se desenvolver, aprender mais, compreender e realizar-se como o autor de seu desenvolvimento e coparticipante nas escolhas e metodologias, em que a sua vontade também conta, podendo prevalecer democraticamente como vontade da maioria.

O compromisso lúdico deve pressupor a queda da tensão entre professor e aluno, fazendo com que ambos se respeitem em suas posições. Quando da aplicação de diversas atividades lúdicas, parece-nos nítido que tanto os professores quanto os alunos desejam a mesma coisa. No entanto, certas “disputas” geram tensão e até mesmo conflitos em sala de aula, que necessitam ser observados e mediados. Com o compromisso lúdico, o diálogo e o uso do lúdico podem fornecer pistas ao professor para intervir nas dificuldades do aluno e propiciar intervenções mais eficientes na significação dos conceitos voltados à consolidação do desenvolvimento cognitivo do estudante, isto é, o lúdico tem uma forte característica diagnóstica, como atestado por Cavalcanti *et al.* (2012).

Tendo em vista esse compromisso, propomos ao professor/formador/educador a elaboração de um compromisso lúdico aliado à intenção de mobilizar a vontade e o interesse dos alunos ao aprendizado dos conceitos, mesmo que indiretamente, considerando-se sempre as idiossincrasias que traz de sua prática docente (Felício, 2011).

Esses aspectos surgem naturalmente e podem apresentar um grande potencial pedagógico enquanto situação de ensino, respeitando-se a diversidade de interesses e dificuldades de aprendizado encontradas normalmente em sala de aula. Porém, tais momentos, ao serem intencionalmente conscientizados e coordenados pelo professor que, movido pelo compromisso lúdico, faz-se parceiro, possibilitam orientar as atividades que devem ser trabalhadas. Como profissional e conhecedor das teorias de desenvolvimento da aprendizagem, filosofia e epistemologia da ciência que se propõe a trabalhar, ele pode ser, sem dúvida, o direcionador e orientador de todo o processo, além de envolver-se e participar das atividades, organizar e orientar os alunos, ouvir e fazer intervenções sempre que for necessário e atender aos impositivos que sua ação exige.

Já a **intencionalidade lúdica** é aquela em que desejamos desenvolver em nosso trabalho, a atitude consciente do

professor voltada e orientada ao equilíbrio do aspecto prazeroso e pedagógico da atividade lúdica a ser desenvolvida. Tal aspecto se faz imensamente importante e deve ser o orientador de qualquer atividade proposta em sala de aula, ou em qualquer outro ambiente, pertinente a atividade do fazer docente. O professor que queira se utilizar do lúdico em sala de aula, deve querer de fato fazê-lo. Sem intencionalidade real, o jogo proposto ou a postura proposta tendem a falhar. A intencionalidade falsa é sentida pelo aluno. Em síntese, não basta levar um jogo para a sala de aula e acreditar que o jogo em si resolverá os problemas relacionados ao conteúdo. Além da aplicação do jogo, a intencionalidade lúdica do professor é que fará a diferença.

Nesse contexto, o conhecimento da proposta de atividades lúdicas e o despertar dessa cultura que trazemos como característica natural e irracional dos seres humanos e animais (Huizinga, 2005) é aspecto que pode ser usado a favor do desenvolvimento cognitivo e emocional dos nossos alunos e dos professores. Surge então uma proposta de construção em parceria consigo mesmo, com os alunos e com toda comunidade e que parte do conhecimento desses aspectos teóricos, didáticos e filosóficos do uso intencional do lúdico, buscando promover uma **atitude lúdica** em nossos alunos e a difusão/resgate desse sentido ético e autônomo do jogo e de toda atividade que envolve os aspectos abordados por Huizinga (2005) e outros referenciais que partem dessa característica e a transformam num instrumento didático capaz de fornecer subsídios para um ensino/aprendizagem mais prazeroso e “*produtivo*”, mesmo que indiretamente.

Atitude lúdica é aquela que convida a participar, que envolve voluntariamente os participantes e os faz se sentirem capazes de participar da formulação das regras e segui-las atentamente, desafiando a atenção e o envolvimento de todos. É aquela capaz de fazer o mundo em si mesmo, como considera Huizinga (2005), ao tratar do jogo como elemento da nossa cultura e que possa resultar em atitudes envolventes e que absorvam completamente a atenção, podendo trazer maior encantamento ao estudo da química. Atitude capaz de construir um sentido e vislumbrar novos argumentos e reflexões, saindo da mesmice e dinamizando aulas mais agradáveis e prazerosas para nossos alunos. Importante destacar que partimos do pressuposto que a **intencionalidade lúdica** é um atributo do professor, porém a **atitude lúdica** caracteriza tanto o professor quanto o aluno. Entender essa relação é importante para o profissional que deseje utilizar atividades lúdicas em sala de aula.

A ação lúdica pode envolver, criar, libertar e desenvolver, constituindo-se em um processo de elaboração e compreensão do mundo. É esse o desafio que Chateau (1987) nos apresenta e convida a transpor, consciente do papel que tais atividades podem nos trazer enquanto sujeitos em constante desenvolvimento, desde que possamos agir, conjuntamente, de modo a sair do comodismo e buscar uma atitude mais lúdica, capaz de nos levar a sermos autores do nosso desenvolvimento e aprendizagem.

Finalmente, podemos discutir outro termo, a **responsabilidade lúdica**. Kishimoto (2002) nos faz refletir sobre o paradoxo do jogo educacional, no sentido de conciliar as características desinteressadas e imateriais do jogo e os objetivos pedagógicos, nos quais tais objetivos estariam implícitos ou mascarados em meio ao prazer e divertimento que tais atividades proporcionam. No entanto, em nosso caso, podemos de certa forma romper com esse paradoxo, conforme tentamos mostrar, pois acreditamos que pela nossa intervenção “consciente”, traremos uma situação de tensão que possibilite de certa forma um desafio para os jovens estudantes com quem trabalhamos. Logicamente, a questão lúdica não é trabalhada o tempo todo em sala de aula, podendo o professor agir de maneiras diferenciadas, o que acaba por desfazer o paradoxo do jogo educativo.

Atribuímos tais resultados à construção e elaboração do **compromisso lúdico** que buscamos estabelecer com nossos alunos e que nos possibilitou certa cumplicidade e/ou **responsabilidade lúdica**, tornando a todos responsáveis pelo processo de ensino e aprendizagem e participação na escola de ambientes mais dinâmicos e menos controladores.

Entendemos que esses termos podem ser considerados na elaboração de planos de aula e nos processos de avaliação da aprendizagem, pois só assim podemos trabalhar a cultura lúdica e buscar vivência na prática por meio de uma atitude com maior ludicidade, que por vezes foi adultificada pelos preconceitos e crenças sobre a falta de seriedade dos jogos. Além disso, inspira ações de escuta e entendimento do universo do seu aluno e o convida a ser parceiro/companheiro, estabelecendo uma relação de cumplicidade e confiança recíproca, que pode fazer parte do aprendizado de todos.

Em nossa vivência, temos percebido que a maior parte dos alunos, aparentemente, tem uma visão própria do processo lúdico e isso pode afetar o seu interesse e motivação positivamente, apesar de alguns deles trazerem um conceito distorcido sobre o uso de tais atividades e a seriedade do ensino que se estaria propondo dessa maneira. É uma visão adultificada e distorcida do lúdico e do seu papel educacional. Muitas vezes, ao conversarmos com os estudantes, transparecem em suas falas certo tédio e desânimo, que temos observado, também, no diálogo com nossos colegas professores. Ambos manifestam insatisfação e cansaço do processo de ensino tradicional, no qual muitas vezes se reproduz o que está nos livros didáticos. Há, em muitos casos, receio e insegurança e, até mesmo, certo medo de tentar ousar, de perder o controle e a nossa autoridade em sala de aula.

A atitude que propomos e chamamos **atitude lúdica** pode ser um convite a ousarmos mais enquanto orientadores e professores, deixando de lado certos equívocos e preconceitos, e que, enquanto professores formadores, possamos ousar em buscar o diálogo e tentar perceber como o aluno gosta de aprender, orientando nossa prática de ensino às suas necessidades, dando-lhes crédito pelas proposições criativas e muito ricas de situações de ensino, se tivermos coragem de fazer essa escuta e colocá-las em prática em algumas situações e momentos de ensino.

Há certo receio entre os professores quanto à utilização de jogos em sala de aula, quando se considera a perda da disciplina entre os alunos. Entendemos que o compromisso lúdico, aliado à intencionalidade lúdica, traz atitudes lúdicas voltadas para a sala de aula e o que é considerado indisciplina se transforma em diálogos enriquecedores, tanto para os alunos quanto para o professor. Temos que abandonar a ideia de uma sala passiva e quieta. O lúdico pressupõe atividade. E atividade traz, sim, barulho. Em todos os sentidos.

A afetividade e a subjetividade dos alunos e até mesmo do professor podem ganhar maior espaço de reflexão na formação de licenciandos em cursos das chamadas ciências exatas, pois nesse contexto específico, pela própria epistemologia de cada uma dessas ciências, muitas vezes os aspectos de humanização são esquecidos e postos de lado por causa da técnica/tecnologia e necessidade de objetivação. É preciso que reflitamos um pouco sobre as perdas que temos ao não lembrarmos desses aspectos tão importantes ao ser humano e que têm sido esquecidos pelas ciências, na formação de formadores e nas relações de ensino e aprendizagem em sala de aula.

A atitude que propomos e chamamos **atitude lúdica** pode ser um convite a ousarmos mais enquanto orientadores e professores, deixando de lado certos equívocos e preconceitos, e que, enquanto professores formadores, possamos ousar em buscar o diálogo e tentar perceber como o aluno gosta de aprender, orientando nossa prática de ensino às suas necessidades, dando-lhes crédito pelas proposições criativas e muito ricas de situações de ensino, se tivermos coragem de fazer essa escuta e colocá-las em prática em algumas situações e momentos de ensino.

Cíntia Maria Felício (cmfelicio@yahoo.com.br) é licenciada e mestre em Química pela Universidade Federal de Uberlândia (UFU) e doutora em Química pela Universidade Federal de Goiás (UFG). Atualmente é professora do Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos. Morrinhos, GO – BR. **Márlon Herbert Flora Barbosa Soares** (marlon@ufg.br) é licenciado em Química pela UFU, mestre em Química e doutor em Ciências (Química) pela Universidade Federal de São Carlos. É professor do Instituto de Química da UFG, onde coordena o Laboratório de Educação Química e Atividades Lúdicas (LEQUAL). Goiânia, GO – BR.

Referências

- BROUGÈRE, G. *Brinquedo e cultura*. 7ª ed. São Paulo: Cortez, 2008.
- CAVALCANTI, E. L. D.; CARDOSO, T. M. G.; MESQUITA, N. A. S. e SOARES, M. H. F. B. Perfil químico: debatendo ludi-

camente o conhecimento científico em nível superior de ensino. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, v. 7, p. 73-86, 2012.

CHATEAU, J. *O jogo e a criança*. São Paulo: Summus, 1987.

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

DUFLO, C. *O jogo de Pascal a Schiller*. Porto Alegre: Artmed, 1999.

_____. *Jouer et Philosopher*. Paris: Presses Universitaires de France, 1997.

FELÍCIO, C. M. *Do compromisso à responsabilidade lúdica: ludismo no ensino de química na formação básica e profissionalizante*. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2011.

FORTUNA, T. R. Sala de aula é lugar de brincar? In: XAVIER, M. L. M. e DALLA ZEN, M. I. H. (Orgs.). *Planejamento em destaque: análises menos convencionais*. Porto Alegre: Mediação, 2000.

GARCEZ, E. S. C. e SOARES, M. H. F. B. Um estudo do estado da arte sobre o uso do lúdico em ensino de química. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 17, n. 1, p. 183-214, 2017.

HUIZINGA, J. *Homo ludens: o jogo como elemento da cultura*.

São Paulo: Perspectiva, 2005.

KISHIMOTO, T. M. Froebel e a concepção de jogo. In: KISHIMOTO, T. M. (Org.). *O brincar e suas teorias*. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2002.

MESSEDER NETO, H. S. *O lúdico na perspectiva histórico-cultural: além do espetáculo, além da aparência*. Curitiba: Prismas, 2016.

_____. e MORADILLO, E. F. O lúdico no ensino de química: considerações a partir da psicologia histórico-cultural. *Química Nova na Escola*, v. 38, n. 4, p. 360-368, 2016.

MIRANDA, A. F. S. *Jogos pedagógicos no ensino e aprendizagem em química na modalidade de jovens e adultos*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015.

PORTO, M. G. C. *Jogo, TIC e ensino de química: uma proposta pedagógica*. Tese de Doutorado. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2015.

SOARES, M. H. F. B. Jogos e atividades lúdicas no ensino de química: uma discussão necessária para novos avanços. *Revista Debates em Ensino de Química*, v. 2, n. 2, p. 5-13, 2016.

_____. *Jogos e atividades lúdicas para o ensino de química*. 2ª ed. Goiânia: Kelps, 2015.

_____. *O lúdico em química: jogos e atividades aplicados ao ensino de química*. Tese de Doutorado. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2004.

Abstract: *From Intentionality to Playful Responsibility: New Terms for Reflection about Use of Games in Chemistry Teaching*. This work reflects on the theme of the ludic in the teaching of chemistry from some aspects of the literature and its possibilities in relation to the application in the classroom and possibly in the teacher's own training. Based on literature and published works, we reflect on issues inherent to the theoretical framework of play, proposing a systematic and intentional language that will help professionals who do or wish to know this research area, offering bases that show aspects of cognitive, psychological, social and formative development, from their potential for the creative and autonomous development of the subjects. The basic idea is to propose new terms that can help researchers in some aspects of the game in their application and in the possibility of this knowledge being part of teacher training.

Keywords: playfulness, teacher training, chemistry teaching

As Muitas Interpretações da Entropia e a Criação de Um Material Didático Para o Ensino da Interpretação Probabilística da Entropia

Higo L. B. Cavalcanti, Edvan A. Ferreira, Paloma G. Abrantes e Gláucia N. Cavalcanti

A entropia é um conceito de difícil compreensão e, a fim de auxiliar seu entendimento, existem diversas interpretações, sendo a “tendência à desordem” uma das mais famosas. Neste trabalho é discutida brevemente a origem do termo entropia, bem como diferentes maneiras de interpretá-la, com especial enfoque na interpretação probabilística da entropia. É descrita a construção de um material alternativo denominado “Entropiômetro”, que tem por finalidade auxiliar na compreensão da entropia em termos de probabilidade de estados, e também sua aplicação em sala de aula.

► entropia, microestados, termodinâmica ◀

Recebido em 28/11/2017, aceito em 23/03/2018

169

A entropia, S , é uma grandeza termodinâmica de importância fundamental, uma vez que a ela está atrelado o sentido das transformações, ou, em outras palavras, a ordem natural com que os eventos ocorrem. É possível afirmar que um determinado processo é espontâneo (não requer realização de trabalho externo para que tenha prosseguimento) ou não espontâneo conhecendo-se a variação da entropia total, ou entropia do universo, dS_{univ} . Por variação da entropia do universo entende-se a soma da variação de entropia do sistema de interesse, dS , e das suas vizinhanças, dS_{viz} . A definição de espontaneidade apresentada acima não é única, e é, na verdade, tema de debate (Ochs, 1996; Raff, 2014).

A origem do entendimento da entropia pode ser traçada a partir do trabalho do engenheiro francês Sadi Carnot em *Réflexions Sur la Puissance Motrice du Feu*,

publicado originalmente em 1824. Nesse trabalho, é sugerido que uma máquina térmica funcionando de maneira cíclica deve absorver energia sob a forma de calor de uma certa fonte e, na sequência, liberar energia para um reservatório frio, realizando trabalho no processo (Carnot, 1986, 2013; Carnot e Thomson, 2010). Carnot concluiu, de maneira equivocada, que a quantidade de energia absorvida pela máquina térmica seria igual à quantidade de energia liberada, e coube a cientistas como Rudolph Clausius e William Thomson (Lord Kelvin) a tarefa de corrigir o trabalho de Carnot, adaptando-o à 1ª lei da termodinâmica (Levine, 2012).

Uma das maneiras de enunciar a 2ª lei da termodinâmica reflete exatamente uma característica das máquinas térmicas: *Nenhum processo cujo resultado seja a absorção de energia de um reservatório e sua transformação completa em trabalho é possível* (Atkins e Paula, 2012; Castellan, 1986; Levine, 2012). Esta lei impõe uma restrição às máquinas térmicas: a impossibilidade de se

Uma das maneiras de enunciar a 2ª lei da termodinâmica reflete exatamente uma característica das máquinas térmicas: Nenhum processo cujo resultado seja a absorção de energia de um reservatório e sua transformação completa em trabalho é possível (Atkins e Paula, 2012; Castellan, 1986; Levine, 2012). Esta lei impõe uma restrição às máquinas térmicas: a impossibilidade de se obter eficiência de 100%, ou seja, uma completa conversão de energia em trabalho. Parte da energia absorvida invariavelmente será dispersada, liberada sob a forma de calor para o reservatório frio.

A seção “Conceitos Científicos em Destaque” tem por objetivo abordar, de maneira crítica e/ou inovadora, conceitos científicos de interesse dos professores de Química.

obter eficiência de 100%, ou seja, uma completa conversão de energia em trabalho. Parte da energia absorvida invariavelmente será dispersada, liberada sob a forma de calor para o reservatório frio.

O ciclo de Carnot é composto de uma série de processos reversíveis sucessivos, que ilustram o funcionamento de uma máquina térmica ideal (em termodinâmica, um processo reversível significa um processo no qual as transformações nas variáveis de estado ocorrem e podem ser revertidas ao estado inicial, por quantidades infinitesimais, dT e dV , por exemplo). Inicialmente ocorre uma expansão isotérmica (mediante absorção de energia), passando por uma expansão adiabática e voltando ao estado inicial após uma compressão isotérmica (com liberação de energia) e uma compressão adiabática. Aplicando-se a definição da 1ª lei da termodinâmica em termos de variações infinitesimais ($dU = dq + dw$) ao ciclo de Carnot encontra-se a seguinte expressão (Levine, 2012):

$$\oint \frac{dq_{\text{rev}}}{T} = \frac{q_{\text{rq}}}{T_{\text{rq}}} + \frac{q_{\text{rf}}}{T_{\text{rf}}} = 0 \quad (1)$$

onde surge a integral cíclica de dq_{rev} , a energia trocada sob a forma de calor; q_{rq} é a energia absorvida do reservatório quente, T_{rq} é a temperatura do reservatório quente, q_{rf} é a energia liberada para o reservatório frio e T_{rf} é a temperatura do reservatório frio. A Equação 1 expressa que a integral cíclica de $dq_{\text{rev}} / T = 0$, e isto tem uma implicação importante, pois significa que o integrando é uma função de estado. A esta função deu-se o nome de entropia (proveniente do grego “*trope*”, que significa transformação), termo cunhado por Rudolph Clausius (que a chamou inicialmente de conteúdo de transformação, em 1854). A entropia, representada pela letra S , tem sua variação infinitesimal dada por:

$$dS \equiv \frac{dq_{\text{rev}}}{T} \quad (2)$$

Até este ponto, a entropia nada mais é do que uma medida das trocas de energia sob a forma de calor que ocorrem durante o funcionamento de uma máquina térmica. Embora a entropia tenha sido derivada a partir do ciclo de Carnot, é possível calcular sua variação para processos não-cíclicos, reversíveis e irreversíveis (processos irreversíveis, por sua vez, implicam em mudanças finitas nas variáveis de estado, sendo usualmente representadas pela letra grega Δ , em ΔT e ΔV , por exemplo). Para mais detalhes sobre o cálculo da variação de entropia indicamos as referências (Atkins e

Paula, 2012; Ball, 2005; Castellan, 1986; Levine, 2012; Moore, 1976).

Pode-se demonstrar que a variação de entropia total para sistemas fechados é igual a zero para processos reversíveis e maior que zero para processos irreversíveis (Levine, 2012). Se admitirmos que o universo é formado por sistema e vizinhança, e que estes não trocam energia com outros entes, este universo em si passa a ser entendido como um sistema isolado, e tem-se a importante conclusão: *a entropia do universo mantém-se constante num processo reversível, e sempre aumenta num processo irreversível*. Resumidamente:

$$dS_{\text{univ}} \geq 0 \quad (3)$$

A Equação 3 diz, de maneira concisa, que a entropia é uma grandeza que sempre aumenta nos processos irreversíveis. Embora a energia seja conservada durante uma transformação num sistema isolado (1ª lei), esta mesma transformação envolve um aumento na entropia. Quanto mais trocas de energia ocorrerem, maior será a entropia, e isto é possível a partir do momento que esta energia é distribuída de maneira mais dispersa, o que leva à interpretação da entropia

como sendo a tendência natural a uma maior dispersão da energia, ou uma maior variedade na distribuição da energia conforme a transformação espontânea ocorre. *A entropia é entendida, portanto, como uma medida da dispersão da energia.*

Sabe-se que a entropia é maior para as substâncias no estado gasoso em comparação com a mesma substância em estado líquido, que por sua vez apresenta entropia superior ao estado sólido. Além disso, o cálculo da variação da entropia para alguns processos, como a expansão de um gás num vácuo e as transições de fase sólido-líquido e líquido-vapor, ajudou a sedimentar, entre estudantes e

professores, o entendimento da variação da entropia como o aumento da *desordem*. Em outras palavras, a entropia seria a passagem de uma situação de maior ordem para uma situação mais desordenada, uma “tendência ao caos”. Tal interpretação alçou a entropia a um *status* (não necessariamente desejado) de ferramenta capaz de explicar até mesmo fenômenos das ciências sociais, como supõem diversas publicações (Arnheim, 2010; Bailey, 1990; Greco, 2015; Nicolas, 2013).

O portal *Entropy Site* (Entropy Site, 2018) é totalmente dedicado a discutir e desmistificar o entendimento da entropia como uma medida do grau de desordem, além de fornecer diversos tópicos de discussão e direcionar o visitante para uma série de artigos publicados na literatura em que o tema é abordado. Destacam-se os trabalhos do professor Franck

[...] o cálculo da variação da entropia para alguns processos, como a expansão de um gás num vácuo e as transições de fase sólido-líquido e líquido-vapor, ajudou a sedimentar, entre estudantes e professores, o entendimento da variação da entropia como o aumento da *desordem*. Em outras palavras, a entropia seria a passagem de uma situação de maior ordem para uma situação mais desordenada, uma “tendência ao caos”. Tal interpretação alçou a entropia a um *status* (não necessariamente desejado) de ferramenta capaz de explicar até mesmo fenômenos das ciências sociais, como supõem diversas publicações (Arnheim, 2010; Bailey, 1990; Greco, 2015; Nicolas, 2013).

Lambert, autor de diversos artigos em que desaconselha a propagação do termo “desordem” nas salas de aula (Kozliak e Lambert, 2005; Lambert, 2003, 1999, 2002a, 2002b).

Com o advento do conceito de átomo e sua utilização para o desenvolvimento da teoria cinética dos gases por James Clerk Maxwell, abriu-se um ramo novo da termodinâmica. Josiah Willard Gibbs, James Clerk Maxwell e Ludwig Boltzmann incorporaram à termodinâmica (uma ciência, até então, primariamente macroscópica) a existência de entes microscópicos (átomos e moléculas), e trouxeram um novo formalismo matemático e estatístico para analisar e interpretar os fenômenos físicos e químicos. Estes cientistas são usualmente creditados como os precursores e principais idealizadores da chamada termodinâmica estatística (McQuarrie, 1976; Tolman, 2010).

A distribuição de velocidades dos gases divisada por Maxwell permite agrupar os átomos e moléculas gasosos em faixas de velocidades. De maneira similar, a distribuição de energias de Maxwell-Boltzmann mostra que é possível realizar um agrupamento em termo de energias. No entanto, uma outra revolução científica, a mecânica quântica (desenvolvida nas primeiras décadas do século XX) mostrou um resultado fundamental sobre a energia: o fato de que ela é quantizada, ou seja, separada em níveis discretos e com valores bem definidos para cada sistema atômico-molecular. De acordo com a mecânica quântica, as variações de energia estão restritas aos níveis característicos de cada sistema microscópico, não podendo assumir qualquer valor aleatório. Esta noção pode ser ilustrada observando-se a Figura 1, uma representação muito comum da distribuição das moléculas em determinados *níveis de energia*.

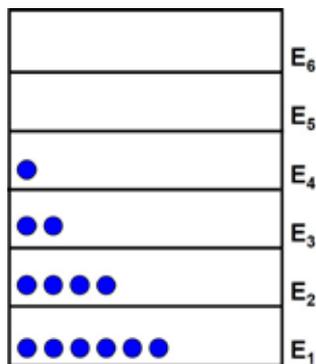


Figura 1: Distribuição de moléculas (esferas azuis) em diferentes níveis de energia.

Na Figura 1, as esferas azuis são utilizadas para representar uma determinada quantidade de moléculas, e a cada compartimento ou divisão da caixa retangular está associado um valor de energia. A energia total, E_T , pode ser escrita levando-se em conta a quantidade de moléculas em cada nível i e a energia do nível, E_i ($i = 1, 2, 3, 4, 5$ e 6). Se cada esfera azul na Figura 1 representa 1 molécula, a energia total é dada por:

$$E_T = (6 \times E_1) + (4 \times E_2) + (2 \times E_3) + (1 \times E_4) \quad (4)$$

Ludwig Boltzmann trouxe uma perspectiva diferente sobre o próprio sentido da entropia, que, dentro da termodinâmica estatística, passou a ser entendida como *uma medida da probabilidade de um estado*. O que esta afirmação informa, de fato, sobre a entropia? Um dos exemplos mais utilizados para apresentar esta noção probabilística da entropia é o de um recipiente que contém dois gases diferentes separados por uma partição móvel, conforme ilustra a Figura 2.

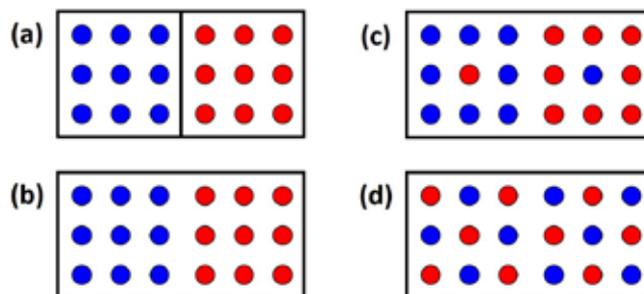


Figura 2: Dois gases diferentes, representados pelas esferas azuis e vermelhas; (a) os gases permanecem separados por uma partição móvel; (b) instante em que a partição é removida; (c) os gases iniciam o processo de mistura; (d) os gases se misturam por completo.

Na Figura 2(a), observa-se um recipiente em que dois gases, representados por esferas azuis no lado esquerdo e esferas vermelhas no lado direito, são mantidos sem contato um com o outro, devido à separação promovida por uma partição móvel. Ao retirar-se a parede móvel (Figura 2(b)), é permitido aos gases que ocupem um volume maior que na situação inicial. Considerando estes gases como sendo gases ideais, não há qualquer direção preferencial para o movimento das partículas (o movimento é aleatório) ou interação entre elas (exceto por colisões). Nesse momento, surge a indagação: “Qual é a probabilidade de todas as moléculas do gás azul permanecerem no lado esquerdo do recipiente? Ou, qual é a probabilidade de todas as moléculas do gás vermelho permanecerem no lado direito do recipiente?”. Intuitivamente, parece óbvio afirmar que é uma probabilidade muito pequena, e de fato pode-se rapidamente realizar o exercício de calculá-la: a probabilidade de uma molécula azul (ou vermelha) estar em qualquer um dos lados do recipiente é de 0,50 (ou 50%), e a probabilidade de uma segunda molécula estar no mesmo lado da primeira também é de 0,50, pois um evento é independente do outro. Com isso, a probabilidade de termos duas moléculas no mesmo lado (Pr) é dada pelo produto das probabilidades individuais, ou seja, $Pr = 0,50 \times 0,50 = 0,25$ (ou 25%). Quando levamos em consideração 1 mol de moléculas, ou seja, $6,022 \times 10^{23}$ entes, a probabilidade deste 1 mol de moléculas permanecer no mesmo lado do recipiente é dada por $Pr = 0,50^{(6,022 \times 10^{23})}$, um número bastante próximo de 0 (Brown *et al.*, 2016).

Sabe-se que, após a remoção da parede, a mistura dos dois gases ocorrerá de maneira espontânea. Na Figura 2(c), pode-se observar uma pequena quantidade de moléculas que “trocaram de lado”, e a esta distribuição particular de

moléculas se pode atribuir uma probabilidade. A Figura 2(d), por sua vez, contempla uma distribuição homogênea dos dois gases por todo o volume do recipiente, ou seja, metade das moléculas do gás azul e metade das moléculas do gás vermelho no lado esquerdo, e a mesma proporção no lado direito. Tal distribuição representa a probabilidade mais elevada. Para este exemplo da mistura de dois gases ideais, que ocorre espontaneamente, têm-se as seguintes observações: *i) a transformação espontânea refere-se à mistura total (homogênea) dos dois gases; ii) a mistura total representa o evento mais provável e iii) o aumento da entropia total define o sentido da transformação espontânea.* Infere-se, portanto, que o aumento da entropia está, de fato, relacionado à probabilidade.

Além de estar relacionada com a probabilidade de um estado e a distribuição espacial de um conjunto de moléculas, a entropia apresenta uma relação muito estreita com a energia. Sabe-se que, havendo a possibilidade de quantificar a energia de uma amostra, o que é observado de fato é o valor médio desta propriedade, um conceito estatístico. A teoria cinética dos gases, por exemplo, leva a uma relação entre a energia translacional média ($\langle \varepsilon_{tr} \rangle$) e a temperatura, dada pela equação $\varepsilon_{tr} = \frac{3}{2} k_B T$, onde k_B é a constante de Boltzmann, $1,38065 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$.

Esta energia média pode ser relacionada, também, à distribuição das moléculas em seus diferentes níveis de energia. Vamos supor que um determinado recipiente contém 6 moléculas, e que sua energia é determinada como sendo -100 J (os valores de energia exemplificados neste texto foram escolhidos por razões pedagógicas, não representando com exatidão as energias de moléculas individuais, que se apresentam na ordem de 10^{-23} J). Utilizando um diagrama de níveis de energia análogo ao apresentado na Figura 1 e modificado apenas pela adição de valores hipotéticos de energia (em Joules), pode-se realizar a distribuição das 6 moléculas conforme mostra a Figura 3, considerando que cada um dos níveis de energia apresentados é igualmente provável. Aplicando a Equação 4, é fácil perceber que qualquer uma das maneiras de distribuir as moléculas (apresentadas na Figura 3) resulta numa energia de -100 J . Cada uma destas maneiras de obter a energia total é chamada de *microestado*. Conclui-se que, nesta situação, 4 microestados diferentes conduzem à energia total observada.

Ludwig Boltzmann demonstrou uma maneira quantitativa de determinar a entropia relacionando-a com o número de microestados que levam a uma determinada energia através da célebre equação (McQuarrie, 1976):

$$S = k_B \ln(\Omega) \quad (5)$$

onde S é a entropia, k_B é a constante de Boltzmann, e Ω é o número de microestados. Quanto maior for o valor de Ω , maior será a entropia. Em outras palavras, o aumento da entropia (e a tendência à espontaneidade) ocorre quanto maior for o número de maneiras de distribuir as moléculas

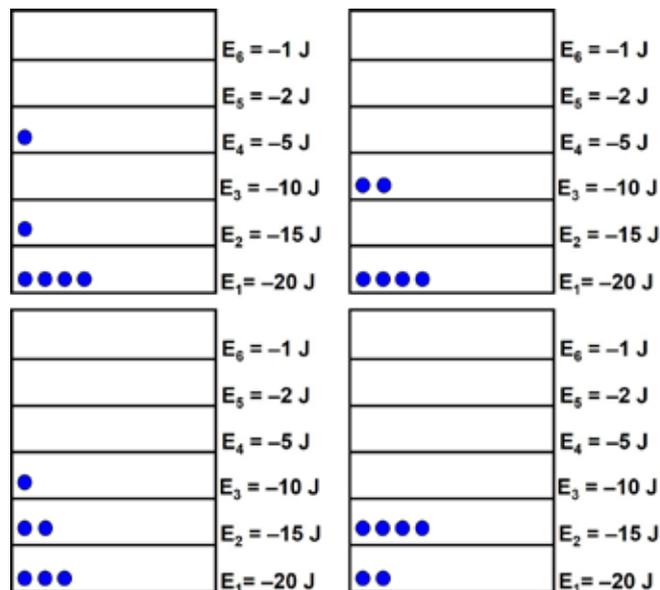


Figura 3: 4 possíveis microestados que levam à energia total de -100 J .

em seus diferentes níveis de energia. Esse entendimento da entropia relaciona-se muito bem com a noção de dispersão da energia apresentada anteriormente, uma vez que um grande número de níveis sendo ocupados claramente indicam uma energia total mais dispersa.

O Que Dizem os Livros Didáticos?

Analisando alguns dos livros didáticos utilizados no ensino superior de Química, pode-se perceber que o tema é tratado de maneira diversa. Em Levine (2012), há um destaque para a discussão relacionada à definição da entropia na seção “*O que é entropia?*” e na subseção “*Interpretação molecular da entropia*”. Para o autor é nítido que o aumento na entropia ocorre devido ao sistema tender a um estado de equilíbrio, ou seja, sair de um estado de menor probabilidade para um de maior probabilidade:

O aumento de S à medida que um sistema isolado avança em direção ao equilíbrio está diretamente relacionado com o fato de o sistema ir de um estado de baixa probabilidade para um de alta probabilidade. Por esse motivo, postulamos que a entropia S de um sistema é uma função da probabilidade P do estado termodinâmico do sistema (Levine, 2012, p. 94).

Levine (2012) também afirma que, em sistemas desordenados, a entropia é maior em relação a sistemas ordenados, devido a uma maior probabilidade de estados. Afirma-se que, muitas vezes, a entropia é vista como uma medida de desordem. No entanto, o autor reitera que esses conceitos (ordem e desordem) são subjetivos, recomendando relacionar a entropia com a probabilidade de estados.

Uma abordagem similar pode ser encontrada em Castellan (1986), em que o autor discute, no capítulo 9 de

seu livro, a interpretação probabilística da entropia (seção 9.12), dando um grande enfoque na expansão isotérmica de um gás, que o autor discute em termos da probabilidade de arranjar as moléculas conforme o volume é aumentado.

Na seção 9.13 há um tratamento matemático para desenvolver uma forma geral do termo Ω da equação de Boltzmann (equação 5), o que pressupõe dos estudantes um conhecimento prévio em estatística, especialmente análise combinatória. Na seção seguinte (9.14), discute-se as maneiras de distribuir a energia, tanto frente a volumes maiores quanto a um número maior de moléculas, fechando a discussão com o exemplo da mistura espontânea de duas amostras de gás ideal (seção 9.15). O livro de Castellan (1986) traz uma abordagem rica tanto em termos matemáticos quanto na interpretação probabilística da entropia; contudo, pode ser pouco indicado para cursos introdutórios na graduação em Química.

Outro livro didático que é enfático na interpretação da entropia enquanto medida de dispersão de energia é *Físico-química vol. 1*, de Peter Atkins e Júlio de Paula (Atkins e Paula, 2012). Os autores fazem uma ressalva ao compararem o tratamento da entropia como aumento do número de microestados acessíveis e como tendência ao aumento da desordem, ao afirmarem que: “O conceito de microestados torna quantitativos os conceitos qualitativos não bem definidos de ‘desordem’ e de ‘dispersão da matéria e energia’, que são amplamente usados [...]” (Atkins e Paula, 2012, p. 82).

Curiosamente, há uma discrepância considerável na abordagem adotada no livro didático de química geral *Princípios de química: questionando a vida moderna e o meio ambiente* (Atkins e Jones, 2012), do qual Peter Atkins também é autor. Na obra há um tópico intitulado “*Entropia e Desordem*” (capítulo 8, seção 8.2), em que a interpretação da entropia como medida da desordem é, por diversas vezes, reforçada. Alguns trechos seguem: “[...] a energia e a matéria tendem a ficar mais desordenadas” (Atkins e Jones, 2012, p. 288); “[...] veremos como usar a ideia do aumento da desordem para explicar qualquer mudança espontânea” (Atkins e Jones, 2012, p. 288); “Entropia baixa significa pouca desordem e entropia alta significa muita desordem” (Atkins e Jones, 2012, p. 288); “A direção natural do sistema e sua vizinhança [...] é ir da ordem para a desordem, do organizado para o aleatório, da menor para a maior entropia” (Atkins e Jones, 2012, p. 289). É importante destacar que a interpretação probabilística da entropia também é discutida separadamente nesse livro didático, nas seções 8.5 e 8.6.

Observa-se que, em *Química geral*, de Russel (1994), a entropia é discutida no capítulo “*Termodinâmica Química*”, em que o autor apresenta uma discussão em termos de uma suposta tendência natural à desordem, e, ao mesmo tempo,

conecta essa abordagem com a probabilidade de estados: “[...] os sistemas tendem a transformar-se em estados mais desordenados por causa de a probabilidade de tais estados ser maior do que a de um estado mais ordenado” (Russel, 1994, p. 835). Embora Russel (1994) relacione o aumento da entropia com o aumento da probabilidade de estados, este último é justificado a partir da mudança de um estado ordenado para um estado mais desordenado.

Algo interessante ocorre ao analisar as diferentes edições do livro *Química: a ciência central*. Na 9ª edição (Brown *et al.*, 2013), traduzida para o português, os autores também associam entropia à desordem de maneira explícita: “A desordem é expressa por uma grandeza termodinâmica chamada entropia” (Brown *et al.*, 2013, p. 449); “Quanto mais desordenado ou aleatório um sistema, maior a sua entropia” (Brown *et al.*, 2013, p. 688). Na 13ª edição (próxima a ter sido traduzida para o português) (Brown *et al.*, 2016), há nitidamente uma mudança nos termos utilizados. Na maioria das ocasiões, o termo “desordem” foi substituído por “aleatório” ou “aleatoriedade”. Tem-se: “[...] a entropia está relacionada com o grau de aleatoriedade do sistema” (Brown *et al.*, 2016, p. 852); “De modo geral, a entropia de

todo e qualquer sistema aumenta à medida que ele se torna mais aleatório ou espalhado” (Brown *et al.*, 2016, p. 858). Vale destacar que, em ambas as edições traduzidas, há seções específicas para a interpretação molecular/probabilística da entropia.

Observa-se que, levando em consideração a análise dos livros didáticos mencionados acima, os títulos indicados aos cursos mais avançados de físico-química evitam utilizar o conceito de

desordem atrelado à entropia, enfatizando sua interpretação probabilística a nível molecular. Por sua vez, os livros didáticos mais introdutórios (química geral) ainda tendem a discutir a entropia em termos de um grau de desordem.

Construção do Entropiômetro

Na tentativa de apresentar a interpretação probabilística da entropia de maneira mais dinâmica e participativa, foi idealizado um “Entropiômetro”, que é simplesmente a transição das imagens visualizadas nas Figuras 1 e 3 para o mundo tridimensional. O aparato resulta da manipulação de poucos materiais de baixo custo, sendo eles: papelão, papel *contact* (também conhecido como papel autoadesivo), pistola para aplicação de cola quente com os respectivos bastões (ou hastes) de cola, e bolas de gude (bila, biloca, bolita, carolo, fubeca, entre outros nomes, a depender da região do país).

É importante ressaltar que não há um instrumento que afira diretamente valores de entropia (um suposto

Observa-se que, levando em consideração a análise dos livros didáticos mencionados [...], os títulos indicados aos cursos mais avançados de físico-química evitam utilizar o conceito de desordem atrelado à entropia, enfatizando sua interpretação probabilística a nível molecular. Por sua vez, os livros didáticos mais introdutórios (química geral) ainda tendem a discutir a entropia em termos de um grau de desordem.

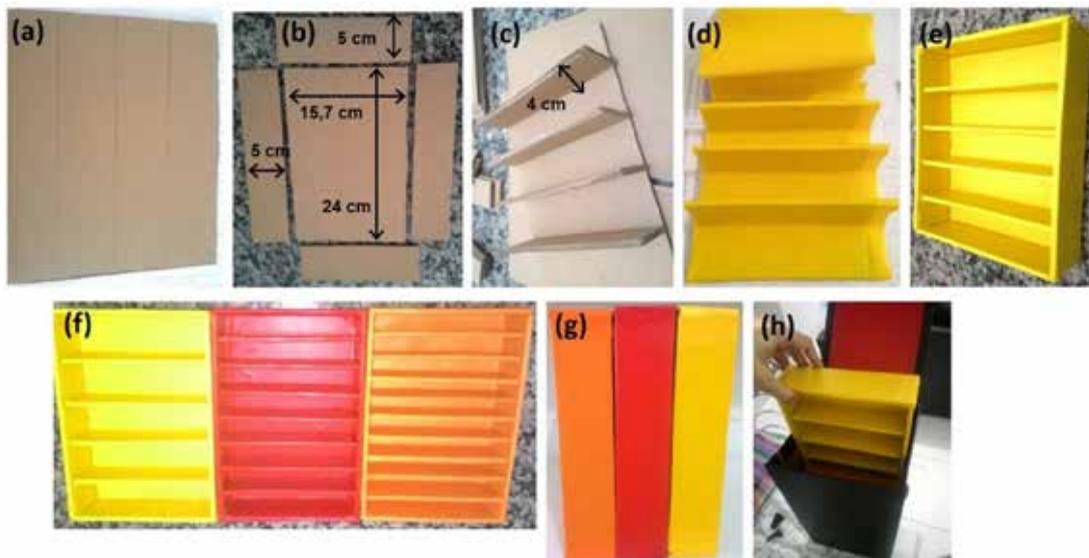


Figura 4: Etapas da confecção do Entropiômetro.

“Entropiômetro” de fato), sendo esta conhecida a partir de medidas experimentais de outras propriedades termodinâmicas, como a variação de entalpia e variação da energia livre de Gibbs.

Na Figura 4, observam-se as etapas sequenciais do processo de construção, que seguem: (a) recortes de placas de papelão em formato retangular; (b) construção do “esqueleto” de papelão, que assumirá o formato de uma caixa sem tampa; (c) o Entropiômetro consiste de uma caixa sem tampa subdividida em compartimentos, que serão os níveis de energia análogos àqueles apresentados nas Figuras 1 e 3. Os recortes de papelão são fixados uns aos outros com a aplicação da cola quente; (d) o Entropiômetro é coberto com o papel autoadesivo.

Na Figura 4(e) observa-se o Entropiômetro finalizado, contendo, nesse caso, 5 compartimentos; (f) embora seja possível ilustrar os microestados referentes a uma dada energia total com apenas uma caixa compartimentada, foram construídas outras duas, uma contendo 8 compartimentos (vermelha, ao centro) e outra contendo 10 compartimentos (laranja, à direita). Como será discutido nas próximas seções, a atividade desenvolvida com o auxílio deste material alternativo não se resume a contabilização de microestados, mas também a uma comparação entre a entropia relacionada a sistemas contendo diferentes quantidades de microestados possíveis; (g) vista lateral do Entropiômetro; (h) por questões organizacionais, foi construído um recipiente, também confeccionado utilizando-se recortes de papelão e coberto com papel *contact*, que serve de caixa externa do Entropiômetro.

Atividade Realizada

É importante ressaltar que a atividade utilizando o Entropiômetro aconteceu após a etapa de ensino da segunda lei da termodinâmica e sua ligação com a entropia, bem como as diferentes interpretações relacionadas a esta

grandeza termodinâmica. A atividade proposta é voltada para estudantes de graduação, e foi aplicada efetivamente durante a disciplina Físico-Química I, do curso de Licenciatura em Química do Instituto Federal da Paraíba (IFPB) – campus Sousa, no primeiro semestre do ano de 2017.

Os estudantes foram divididos em grupos, a fim de configurar uma atividade colaborativa, cujos benefícios já são amplamente estudados e conhecidos (Damiani, 2008). Exemplifica-se aqui o trabalho realizado em dois grupos, chamados G1 e G2. Ao grupo G1 foi entregue a caixa amarela (5 níveis), e ao grupo G2, a caixa vermelha (8 níveis). Os dois grupos receberam a mesma quantidade de bolas de gude, 8, que representam a quantidade de moléculas. Os níveis de energia são indicados na lateral das caixas, utilizando-se papéis adesivos (podendo ser escritos de maneira direta nas caixas), conforme mostra a Figura 5.



Figura 5: Níveis de energia nas caixas amarela (esquerda) e vermelha (direita).

Neste momento, foi pedido aos estudantes que distribuíssem as 8 bolas de gude nos níveis de energia, objetivando uma energia total de -130 kJ, de tantas maneiras quanto fossem capazes de visualizar através da discussão dentro dos grupos G1 e G2, dado um tempo de 20 minutos para a realização da atividade.

O grupo G1 (munido da caixa amarela) divisou 7 maneiras diferentes de distribuir as 8 bolas de gudes e obter a energia total desejada, enquanto o grupo G2 (munido da caixa vermelha) encontrou 9 maneiras diferentes de distribuir as bolas de gudes e obter a mesma energia. Algumas das distribuições são apresentadas na Figura 6 (acima, grupo G1 e abaixo, grupo G2).



Figura 6: Algumas maneiras de organizar as moléculas de modo a obter a energia total de -130 kJ utilizando 5 níveis (acima, grupo G1) e 8 níveis (abaixo, grupo G2).

Com isso, os estudantes foram capazes de visualizar o fato de que níveis de energia mais próximos entre si (caixa vermelha) originam um número maior de maneiras de obter a mesma energia total. Pôde-se trazer a discussão, agora incluindo ambos os grupos, sobre uma reação química do tipo $A \rightarrow B$, em que os níveis de energia do reagente e do produto são representados pelas caixas amarela e vermelha,

respectivamente. Assumindo que a reação ocorre num sistema isolado, e que a energia total é de -130 kJ, esta deve ser conservada (1ª lei da termodinâmica). Contudo, existem muitas maneiras diferentes de obter estes -130 kJ, e conforme foi observado diretamente pelos estudantes, a caixa vermelha (espécie B) apresenta uma maior probabilidade de fornecer o valor desejado de energia. Conclui-se, portanto, que a formação do produto B é favorecida pelo fator entrópico.

Para aprofundar a relação entre a probabilidade dos estados e as reações químicas, a reação genérica $A \rightarrow B + C$ foi proposta, ao mesmo tempo em que foi introduzida a terceira caixa, cor de laranja, representando os níveis de energia do produto C. Para este exemplo, os níveis de energia de cada caixa foram alterados, conforme mostra a Figura 7.

Foram distribuídas agora 5 bolas de gude para um grupo chamado G3 (responsável pelo reagente A), e, dada a estequiometria da reação-exemplo, outras 5 bolas de gude foram fornecidas ao grupo denominado G4 (encarregado do produto B) e mais 5 bolas de gude entregues ao grupo nomeado G5 (responsável pelo produto C). Os estudantes novamente deveriam distribuir as bolas de gude nos níveis de energia, porém o grupo G3 deveria obter uma energia total de -80 kJ, enquanto os grupos G4 e G5 deveriam trabalhar em conjunto para obter o valor desejado de -80 kJ utilizando, simultaneamente, a caixa vermelha e a caixa laranja.

A atividade durou aproximadamente 20 minutos, em que o grupo G3 apresentou 4 maneiras de distribuir as moléculas a fim de alcançarem uma energia total de -80 kJ. No mesmo intervalo de tempo, os grupos G4 e G5 apontaram 10 maneiras de obter a mesma energia. Algumas das combinações são apresentadas na Figura 8.

Essa diferença no número de combinações decorre do fato de que as caixas que representam os produtos da reação-exemplo são compostas por muitos níveis de energia próximos entre si. Com isto, os estudantes concluem que reações químicas em que há a formação de um número maior de produtos em relação aos reagentes tendem, em geral, a ser favorecidas pelo fator entrópico, uma vez que o número de níveis de energia e, conseqüentemente, o número de maneiras de obter uma dada energia, tende a aumentar.



Figura 7: Níveis de energia assinalados para as caixas referentes às espécies hipotéticas A, B e C.



Figura 8: Exemplos de combinações que levam à energia total de -80 kJ para a espécie A (topo) e as espécies B e C (meio e abaixo).

Considerações Finais

Muitas vezes pode ser útil aproveitar-se de métodos alternativos que possam contribuir para uma discussão mais profunda para o tema “entropia”. Nesse contexto, o desenvolvimento e a aplicação do material alternativo de baixo custo denominado Entropiômetro mostrou-se um valioso instrumento para um debate da interpretação probabilística da entropia.

A utilização do material supracitado possibilitou a interação de diversos grupos com um número reduzido de estudantes, seguido de uma discussão ampla envolvendo a totalidade dos alunos da disciplina Físico-Química I, do curso de licenciatura em Química do IFPB – campus Sousa.

O Entropiômetro permitiu a discussão da entropia em termos do número de microestados, bem como a influência do fator entrópico em diversas transformações, tais como a expansão de um gás – que gera níveis de energia mais próximos entre si – e reações químicas hipotéticas (ocorrendo em sistemas isolados) em que há a formação de quantidades diferentes de produtos, levando a um número bastante elevado de níveis de energia disponíveis.

Higo de Lima Bezerra Cavalcanti (higo.cavalcanti@ifpb.edu.br) é licenciado, mestre e doutor em Química pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Professor do Ensino Básico Técnico e Tecnológico do Instituto Federal da Paraíba (IFPB) – campus Sousa, onde atualmente atua como professor e pesquisador do curso de Licenciatura em Química. Sousa, PB – BR. **Edvan Alves Ferreira** (edvanalves2011@hotmail.com) é estudante do curso de Licenciatura em Química pelo IFPB – campus Sousa. Sousa, PB – BR. **Paloma Gomes de Abrantes** (palomaabrantest2014@gmail.com) é estudante do curso de Licenciatura em Química pelo IFPB – campus Sousa. Sousa, PB – BR. **Gláucia da Nóbrega Cavalcanti** (glaucians.adm@gmail.com) é estudante do curso de Licenciatura em Artes Visuais pela Universidade Paulista (UNIP) – unidade Sousa. Sousa, PB – BR.

Referências

ARNHEIM, R. *Entropy and art: an essay on disorder and order*. 40th anniversary ed. Oakland: University of California Press, 2010.

ATKINS, P. e JONES, L. *Princípios de química: questionando a vida moderna e o meio ambiente*. Trad. R. B. de Alencastro. 5^a ed. Porto Alegre: Bookman, 2012.

_____, e PAULA, J. *Físico-química*. Trad. E. C. da Silva, O. E. Barcia e M. J. E. M. Cardoso. 9^a ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

BAILEY, K. D. *Social entropy theory*. 1st ed. New York: State University of New York Press, 1990.

BALL, D. W. *Físico-química*. Trad. A. M. Vichi. 1^a ed. São Paulo: Pioneira, 2005.

BROWN, T. L.; LEMAY Jr., H. E. e BURSTEN, B. E. *Química: a ciência central*. Trad. R. Matos. 9^a ed. São Paulo: Pearson, 2013.

_____; _____. MURPHY, C. J.; WOODWARD, P. M. e STOLTZFUS, M. W. *Química: a ciência central*. Trad. E. Lopes, T. Jonas e S. M. Yamamoto. 13^a ed. São Paulo: Pearson, 2016.

CARNOT, S. *Reflexions on the motive power of fire*. New York: Lillian Barber Press, 1986.

_____. *Reflections on the motive power of fire: and other papers on the second law of thermodynamics*. 1st ed. New York:

Dover Publications, 2013.

_____, e THOMSON, W. *Reflections on the motive power of heat: accompanied by an account of Carnot's theory* (1890). Whitefish: Kessinger Publishing LLC, 2010.

CASTELLAN, G. *Fundamentos de físico-química*. Trad. C. M. P. dos Santos e R. B. Faria. 1^a ed. Rio de Janeiro: LTC, 1986.

DAMIANI, M. F. Entendendo o trabalho colaborativo em educação e revelando seus benefícios. *Educar em Revista*, n. 31, p. 213-230, 2008.

<http://entropysite.oxy.edu>, acessada em Maio 2018.

GRECO, R. A. *Direito e entropia*. 1^a ed. Charleston: Createspace Independent Publishing Platform, 2015.

KOZLIAK, E. I. e LAMBERT, F. L. “Order-to-disorder” for entropy change? Consider the numbers! *The Chemical Educator*, v. 4171, p. 24-25, January, 2005.

LAMBERT, F. L. Disorder – a cracked crutch for supporting entropy discussions. *Journal of Chemical Education*, v. 79, n. 2, p. 187-192, 2002a.

_____. “Disorder” in unstretched rubber bands? *Journal of Chemical Education*, v. 80, n. 2, p. 145-146, 2003.

_____. Entropy is simple, qualitatively. *Journal of Chemical Education*, v. 79, n. 10, p. 1241-1246, 2002b.

_____. Shuffled cards, messy desks, and disorderly dorm

rooms – examples of entropy increase? Nonsense! *Journal of Chemical Education*, v. 76, n. 10, p. 1385-1387, 1999.

LEVINE, I. N. *Físico-química*. Trad. E. C. da Silva e O. E. Barcia. 6ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

MCQUARRIE, D. A. *Statistical mechanics*. 1st ed. New York: HarperCollins Publishers, 1976.

MOORE, J. W. *Físico-química*. Trad. H. L. Chun, I. Jordan e M. C. Ferreroni. 1ª ed. São Paulo: Blucher, 1976.

NICOLAS, G. *O decrescimento – entropia, ecologia, economia*. 1ª ed. São Paulo: Senac São Paulo, 2013.

OCHS, R. S. Thermodynamics and spontaneity. *Journal of Chemical Education*, v. 73, n. 10, p. 952-954, 1996.

RAFF, L. M. Spontaneity and equilibrium: why “ $\Delta G < 0$ denotes a spontaneous process” and “ $\Delta G = 0$ means the system is at equilibrium” are incorrect. *Journal of Chemical Education*, v. 91, n. 3, p. 386-395, 2014.

RUSSEL, J. B. *Química geral*. Trad. M. Guekezian et al. 2ª ed. São Paulo: Makron Books, 1994.

TOLMAN, R. C. *The principles of statistical mechanics*. 1st ed. New York: Dover Publications, 2010.

Abstract: *The Many Interpretations of Entropy and the Creation of a Didactic Material for the Teaching of the Probabilistic Interpretation of Entropy.* Entropy is a challenging subject for teaching and learning. There are many interpretations in order to improve its understanding, being the “tendency to disorder” one of the most famous. In this paper, the origin of the term entropy is briefly discussed, along with different ways of interpreting it, focusing on the probabilistic interpretation. The construction of an alternative material called “Entropiômetro”, which aims to help the understanding of entropy in terms of the probability of states, and its application in a classroom are described.

Keywords: entropy, microstates, thermodynamics



Análise dos Artigos Sobre “Natureza da Ciência” Publicados na Seção História da Química da Revista QNEsc entre 1995-2016

Viviane Arrigo, Natany D. S. Assai, Álvaro Lorencini Jr., Mariana A. B. S. de Andrade e Fabiele C. D. Broietti

A incorporação de aspectos históricos e filosóficos no ensino tem sido conduzida no sentido de compreender a Natureza da Ciência. Nesse cenário, nosso objetivo consistiu em analisar artigos que enfatizam aspectos da construção do conhecimento científico para ensinar Química. Para isso, selecionamos 38 artigos da seção *História da Química*, da revista *Química Nova na Escola*, publicados entre 1995 e 2016. A análise textual aplicada ao *corpus* selecionado permitiu identificar que apenas 9 dos 38 artigos analisados enfatizam a construção do conhecimento científico por meio da História e da Filosofia da Ciência (HFC); os demais não discutem tais aspectos na abordagem priorizada nesta investigação, utilizando-a atrelada a outros objetivos como: a História da Ciência em livros didáticos de Química; feitos científicos com ênfase nos aspectos históricos, filosóficos e científicos de uma época, entre outros. Ressaltamos a importância em reconhecer o caráter didático da utilização da HFC para abordagem dos conteúdos a fim de possibilitar uma (re)significação dos conhecimentos químicos.

► natureza da ciência, história da química, conhecimento científico ◀

Recebido em 04/04/2017, aceito em 07/11/2017

De acordo com as Orientações Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (OCNEM) publicadas no ano de 2006, é preciso um “redimensionamento sistemático do conteúdo e da metodologia, segundo duas perspectivas que se intercomplementam: a que considera a vivência individual de cada aluno e a que considera o coletivo em sua interação com o mundo em que vive e atua” (Brasil, 2006, p. 108). Mesmo diante dessas recomendações, o que ainda se tem observado na organização das disciplinas escolares é a elevada quantidade de conteúdo a ser trabalhado, guiando os professores no sentido de amontoar um item após o outro na cabeça dos estudantes, impedindo-os de participar de forma ativa da construção de um conhecimento natural e cultural (Brasil, 2006).

As recomendações das OCNEM são enfáticas no que tange à abordagem metodológica no Ensino da Química quando se trata da incorporação da História e Filosofia da Ciência (HFC) nos currículos escolares. No que diz respeito ao termo *incorporação*, este será utilizado ao longo do artigo,

pois consideramos que, nos conteúdos de Química trabalhados na Educação Básica, o que é ensinado são construções de ideias do passado, portanto, incorporar a história daquilo que se ensina é o termo mais corrente no momento.

Outro aspecto a ser esclarecido relaciona-se ao uso do termo HFC, fundamentando-se na frase de Imre Lakatos: “A Filosofia da Ciência está vazia sem História da Ciência; a História da Ciência está cega sem Filosofia da Ciência”. Martins (2007) compreende que a História e Filosofia da Ciência (HFC) apresentam múltiplas compreensões, de modo que é possível separar a História da Ciência da Filosofia da Ciência. Contudo, nesta pesquisa, utilizaremos o termo HFC, pois também entendemos a HFC como um conjunto de saberes que se inter-relacionam de forma coesa, como destacado pelo autor em questão.

Retomando a discussão acerca da importância da incorporação da HFC no ensino dos conteúdos químicos, as OCNEM destacam que

[...] o que se pretende é levar o aluno a compreender e a reconhecer a natureza do conhecimento científico como uma atividade humana que, sendo

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

histórica e socialmente construída, possui um caráter provisório, limitações e potencialidades, necessitando, pois, ser abordado em sua historicidade e em suas implicações na sociedade e em situações/ambientes diversificados (Brasil, 2006, p. 124-125).

A HFC, como apontada pelas pesquisas em Ensino de Ciências e também pelos documentos norteadores que regem a Educação Brasileira, apresenta papel significativo na formação do cidadão. Em linhas gerais, a incorporação de aspectos históricos e filosóficos remete a abordagens as quais envolvem investigações da história e seus resultados (Kragh, 2001) e que permitem, por meio das análises, o desenvolvimento de senso crítico do conhecimento científico, superando uma visão unidimensional, e a tomada de decisões sociais e políticas (Fourez, 1995).

A incorporação de aspectos históricos, filosóficos e epistemológicos da Ciência vem sendo defendida por pesquisadores (Hodson, 1991; Matthews, 1994; Ramos, 2000) que a indicam como caminho para uma educação científica de qualidade. Entretanto, a organização de currículos nos diferentes níveis de educação que priorizam espaços de discussão sobre a natureza do conhecimento e a relação com estes aspectos ainda necessitam vencer obstáculos diversos para a sua efetivação. No Ensino das Ciências pouco é discutido sobre o processo de investigação científica para a elaboração dos conhecimentos. Em geral, os conhecimentos da Ciência “são recortados, fragmentados, descontextualizados, tanto do mundo da vida como do seu próprio processo de constituição pela via da Ciência e da História” (Ramos, 2000, p. 31).

Aspectos Históricos e Filosóficos nos Currículos das Disciplinas Científicas

Em 1989, foi publicado nos EUA o relatório intitulado *Science for All Americans*, no qual foram apresentadas as recomendações do Conselho Nacional de Educação em Ciências e Tecnologia para o ensino de Ciências nos cursos de primeiro e segundo graus daquele país.¹ Foi a primeira proposta governamental que incentivou o debate sobre o tema. O capítulo 1 do referido relatório discorre sobre a Natureza da Ciência (NdC) e fornece recomendações sobre o conhecimento de como a ciência funciona a partir de três temas principais: a visão do mundo científico, métodos de pesquisa científica e a natureza do trabalho científico (AAAS, 1989).

No Brasil, podemos relacionar aspectos da NdC a algumas das metas do Plano Nacional de Educação (PNE), vigente entre 2001 e 2011. De acordo com esse documento, os cursos de formação de professores deveriam incorporar,

entre outros pontos, uma ampla formação cultural e a análise de temas atuais da sociedade, da cultura e da economia (Moura, 2014). Para as metas do decênio 2014-2024, esses objetivos ainda não foram transpostos.

Deve-se considerar que a Química/Ciência não busca essências escondidas na natureza, mas se desenvolve por meio da construção de conceitos a partir do confronto com dados experimentais e com ideias cotidianas advindas de situações reais, por meio da compreensão conceitual do que está além das impressões/observações primárias. Por isso, devem-se confrontar as situações experimentais e as situações reais com os conceitos construídos historicamente (Brasil, 2006).

A demanda pela incorporação de elementos históricos e filosóficos da Ciência nos currículos das disciplinas científicas tem a sua origem no reconhecimento da HFC e suas contribuições epistemológicas para a educação científica, o que vem sendo amplamente discutido em diversas pesquisas (Matthews, 1995; Paixão e Cachapuz, 2003; Martins, 2007; Vilas Boas *et al.*, 2013; Forato *et al.*, 2011).

A HFC pode ser utilizada no ensino tanto como conteúdo das disciplinas científicas, quanto como uma estratégia didática facilitadora da aprendizagem de conceitos, modelos e teorias. Autores defendem e expõem razões para a presença da HFC nas salas de aula nos diversos níveis de ensino

(Matthews, 1995; Martins, 2007). A inclusão da HFC no ensino de Ciências tem como principal propósito facilitar a aprendizagem dos conteúdos científicos como também ajudar na compreensão, por parte dos estudantes, da NdC. Os estudantes devem elaborar o conhecimento e o entendimento sobre como o pensamento científico se transformou através dos tempos e como esse pensamento foi influenciado pelos diferentes contextos sociais em que a Ciência se desenvolveu (Matthews, 1995).

Nesse sentido, a necessidade de incorporar elementos históricos e filosóficos no Ensino Médio chegou a ser praticamente consensual, o que passou a orientar os currículos das licenciaturas. Na formação de professores, a incorporação da HFC surge como uma necessidade formativa, tendo em vista que pode contribuir para “evitar visões distorcidas sobre o fazer científico, permitir uma compreensão mais refinada dos aspectos que envolvem o processo de ensino e aprendizagem e proporcionar uma intervenção mais qualificada em sala de aula” (Martins, 2007, p. 115).

Aspectos Sobre a Natureza da Ciência

A HFC, incorporada ao Ensino de Ciências agrega a possibilidade da compreensão de aspectos da Natureza da

A HFC, como apontada pelas pesquisas em Ensino de Ciências e também pelos documentos norteadores que regem a Educação Brasileira, apresenta papel significativo na formação do cidadão. Em linhas gerais, a incorporação de aspectos históricos e filosóficos remete a abordagens as quais envolvem investigações da história e seus resultados (Kragh, 2001) e que permitem, por meio das análises, o desenvolvimento de senso crítico do conhecimento científico, superando uma visão unidimensional, e a tomada de decisões sociais e políticas (Fourez, 1995).

Ciência, ou, como apresentado em um trabalho recente de Matthews (2012), “aspectos da ciência” (*features of Science*). O consenso entre pesquisadores de que não é possível estabelecer as delimitações de quais aspectos poderiam compor a Natureza da Ciência (Lederman, 2007; Niaz, 2009; Abd-El-Khalick, 2004; Matthews, 2012) é ponto de partida para a compreensão de que, ao se referir aos termos NdC e também *aspectos da ciência*, sempre haverá uma limitação de tempo histórico ou espaço que limita englobar, em um texto, toda a complexidade de se conhecer a Ciência.

Desta forma, o que se propõe neste artigo é identificar e analisar pesquisas que enfatizam aspectos da construção do conhecimento científico ao longo da história para ensinar Química, problemática que delimita esta pesquisa, mas não esgota o tema. Em função da grande literatura que se refere aos aspectos como *Natureza da Ciência*, este vai ser o termo utilizado no artigo.

De acordo com Crawford (2014, p. 611), a NdC pode ser compreendida como “[...] valores e pressupostos subjacentes que são intrínsecos ao conhecimento científico, incluindo as influências e limitações que resultam da ciência como um empreendimento humano”. As abordagens da NdC na educação científica relacionam-se às propostas de incorporação de HFC, ou seja, que a incorporação dos estudos sejam pautados em práticas investigativas críticas em relação aos aspectos históricos, filosóficos, sociais e culturais (El-Hani, 2007), que os espaços de estudos destes aspectos sejam interdisciplinares e não isolados dos conteúdos disciplinares (Matthews, 1994), bem como que haja a preocupação em utilizar esta incorporação para apresentar o caráter provisório da ciência (Cachapuz *et al.*, 2004).

Especificamente em relação à NdC, Duschl e Grandy (2012) salientam que duas abordagens podem ser evidenciadas: uma visão que apresenta um consenso geral sobre os aspectos da ciência, e outra visão na qual a NdC deve ser conceituada como práticas cognitivas epistêmicas e sociais. Consideramos que este segundo aspecto reflete de maneira mais efetiva as concepções pelas quais a NdC deva ser incorporada ao ensino de ciências.

Assim como apresentado inicialmente, não existe entre pesquisadores a ideia de que se possa chegar a uma lista de aspectos que caracterizem a Natureza da Ciência. Entretanto, existe um consenso em relação aos seguintes aspectos da NdC: não existe uma única maneira de fazer ciência; a interpretação dos dados pelos cientistas pode ocorrer de diferentes maneiras; o trabalho científico é validado por pares, precisa ser revalidado e replicado; leis e teorias apresentam papéis diferentes na ciência, ou seja, teorias não se transformam em leis científicas; nem todo trabalho científico já apresenta fundações consistentes; as

observações são sempre embasadas teoricamente; o trabalho científico é influenciado pela criatividade, por fatores sociais, históricos e culturais (Niaz, 2009).

Tais aspectos configuram-se como propostas amplas, mas que permitem uma orientação pertinente para abordagens educacionais. Além dos aspectos não serem os únicos pertinentes à ideia do que é Ciência e como ela se constrói, cabe também salientar que dentro do campo das ciências existem particularidades específicas que devem ser consideradas para análises mais aprofundadas, como as apontadas recentemente por Matthews (2012) em relação aos aspectos de valores sócio-científicos, matematização, tecnologia, feminismo, visões de mundo, construtivismo, etc.

Diante de tal contexto, o presente artigo busca identificar e analisar artigos que enfatizam aspectos da construção do conhecimento científico ao longo da história para ensinar Química, constituintes da seção História da Química da revista *Química Nova na Escola* (QNEsc).

Encaminhamento Metodológico

De acordo com os editores da revista, os artigos que constituem a seção História da Química (*HQ*) contemplam a História da Química como parte da História da Ciência, buscando ressaltar como o conhecimento científico é construído. Essa característica da seção coaduna com o nosso objetivo de identificar as pesquisas que enfatizam aspectos da construção do conhecimento científico/químico ao longo da história que podem trazer contribuições pedagógicas para o Ensino de Química.

A Seleção do Corpus, Coleta e Análise dos Dados

No ano de 2015, Baldinato e Porto fizeram um balanço de como a História da Química tem sido abordada nas edições de QNEsc. Segundo os autores, houve um número crescente de artigos, além de uma mudança no perfil dos autores que publicavam suas pesquisas na referida seção. Inicialmente, tratava-se quase que exclusivamente de professores universitários; com o passar dos anos houve a inserção de professores da Educação Básica e alunos de graduação e pós-graduação, o que justifica o crescimento de pesquisas relativas ao emprego da História da Ciência no Ensino de Química (Baldinato e Porto, 2015).

Nesta investigação, para compor o acervo, navegamos por todos os números/volumes da revista desde a primeira edição, em 1995, até o último número e volume publicado em 2016. Selecionamos todos os artigos da seção *HQ* e os organizamos no Quadro 1, indicando o ano, o número, o volume aos quais pertencem e seus respectivos títulos. Estabelecemos

Especificamente em relação à NdC, Duschl e Grandy (2012) salientam que duas abordagens podem ser evidenciadas: uma visão que apresenta um consenso geral sobre os aspectos da ciência, e outra visão na qual a NdC deve ser conceituada como práticas cognitivas epistêmicas e sociais. Consideramos que este segundo aspecto reflete de maneira mais efetiva as concepções pelas quais a NdC deva ser incorporada ao ensino de ciências.

Quadro 1: Artigos publicados na seção *História da Química* da revista QNEsc entre 1995 e 2016

Seção - História da Química			
	Volume/Número	Título do artigo	Código de identificação
2016	38/1	Breve Discussão Histórica sobre a “Descoberta” dos Lantanídeos e sua Relação com as Teorias de Luz e Cores de Maxwell e Einstein	1
2015	37/Especial 2	20 Anos de QNEsc: Uma História, Muitas Histórias	2
2014	36/4	História da Ciência no Estudo de Modelos Atômicos em Livros Didáticos de Química e Concepções de Ciência	3
	36/1	História da Ciência nos Livros Didáticos de Química: Eletroquímica como Objeto de Investigação	4
2013	35/3	Jardins Químicos, Stéphane Leduc e a Origem da Vida	5
2012	34/1	A Organização da Disciplina de Physica-Chimica na Escola Secundária no Brasil: O Caso do Colégio Culto à Ciência de Campinas	6
2011	33/2	O Despertar da Radioatividade ao Alvorecer do Século XX	7
2010	32/2	A História sob o Olhar da Química: As Especiarias e sua Importância na Alimentação Humana	8
2009	31/4	A História da Síntese de Elementos Transurânicos e Extensão da Tabela Periódica Numa Perspectiva Fleckiana	9
		Uma Família de Químicos Unindo Brasil e Portugal: Domingos Vandelli, José Bonifácio de Andrada e Silva e Alexandre Vandelli	10
	31/3	Representação de Temas Científicos em Pintura do Século XVIII: Um Estudo Interdisciplinar entre Química, História e Arte	11
2008	30	Michael Faraday e <i>A História Química de Uma Vela</i> : Um Estudo de Caso Sobre a Didática da Ciência	12
2007	26	O Congresso de Karlsruhe e a Busca de Consenso sobre a Realidade Atômica no Século XIX	13
		O Lavoisier que Não Está Presente nos Livros Didáticos	14
	21	Rotação de Luz Polarizada por Moléculas Quirais: Uma Abordagem Histórica com Proposta de Trabalho em Sala de Aula	15
2004	20	Paradigmas, Crises e Revoluções: A História da Química na Perspectiva Kuhniana	16
		Duzentos Anos da Teoria Atômica de Dalton	17
	19	Um Debate Seiscentista: A Transmutação de Ferro em Cobre	18
		A Radioatividade e a História do Tempo Presente	19
	17	A Descoberta da Estrutura do DNA: de Mendel a Watson e Crick	20
2002	16	Biblioteca Alexandrina: A Fênix Ressuscitada	21
2001	14	100 anos de Nobel - Jacobus Henricus van't Hoff	22
		As mulheres e o Prêmio Nobel de Química	23
	13	Werner, Jorgensen e o papel da intuição na evolução do conhecimento químico	24
		Outro marco zero para uma História da Ciência Latino-Americana	25
2000	12	Eletricidade e a Química	26
	11	Augusto dos Anjos: Ciência e Poesia	27
		O Bicentenário da invenção da pilha elétrica	28
1999	10	Aston e a descoberta dos isótopos	29
	09	Teorias ácido-base do século XX	30
1998	08	O alquimista Sendivogius e o salitre	31
	07	A afinidade entre as substâncias pode explicar as reações químicas?	32
1997	06	Pasteur: ciência para ajudar a vida	33
	05	Nomes que fizeram a Química (e quase nunca lembrados)	34
1996	04	Destilação: a arte de extrair virtudes	35
	03	A Espectroscopia e a Química: da descoberta de novos elementos ao limiar da teoria quântica	36
1995	02	Raios X e Radioatividade	37
	01	Alquimiando a Química	38
Total de artigos			38

Fonte: Os autores.

também um código de identificação para cada um deles, a fim de facilitar o agrupamento na fase de categorização e a leitura na discussão dos resultados.

Vale ressaltar que a opção em limitar nossa busca à seção *HQ* adveio da inviabilidade de realizar a leitura de todos os artigos da revista, uma vez que foram identificados outros trabalhos, publicados nas seções *Espaço Aberto*, *Conceitos Científicos em Destaque* e *Relatos de Sala de Aula*, que apresentam no resumo ou nas palavras-chave a expressão “História e Filosofia da Ciência”. Os artigos selecionados podem não representar a totalidade das pesquisas que abordam os aspectos referentes à NdC; entretanto, atendem aos propósitos da seção analisada e se ajustam ao objetivo da presente investigação.

Para a análise dos dados, optamos pelos procedimentos e definições da Análise de Conteúdo (AC) apresentadas por Bardin (2011). Segundo a autora, a análise de conteúdo pode ser organizada em três etapas, a *pré-análise*, a *exploração do material* e o *tratamento dos resultados obtidos e interpretação*. A primeira etapa consiste na *organização e sistematização das ideias*, em que ocorre a escolha dos documentos para análise, a retomada das hipóteses e dos objetivos iniciais da pesquisa. Nesta etapa, visitamos os 64 exemplares da revista já publicados e selecionamos os 38 artigos constituintes da seção *História da Química* para compor o acervo de nossa investigação, os quais estão apresentados no Quadro 1.

Na etapa de *exploração do material* desenvolve-se a codificação e, em seguida, a categorização, de modo que o pesquisador procura identificar e assumir se suas categorias serão definidas *a priori* ou *a posteriori*. Nesta etapa realizamos a leitura dos artigos com o objetivo de organizá-los com base em seus objetivos de pesquisa, o que possibilitou a identificação das categorias emergentes (definidas *a posteriori*), descritas no Quadro 2.

Como se pode observar, os artigos foram organizados a partir das categorias de análise. Então, com o auxílio da ferramenta *Localizar* disponível nos documentos em *pdf*, buscamos trechos em que apareciam os termos: História

da Ciência; Natureza da Ciência; conhecimento científico; e construção do conhecimento. Este processo analítico possibilitou a identificação de 9 artigos, apresentados na segunda linha do Quadro 2, os quais constituem o *corpus*² desta investigação.

A última etapa da AC descrita por Bardin consiste no *tratamento dos resultados obtidos e interpretação*, por meio da qual se faz a categorização, que tem por finalidade agrupar os dados mediante critérios definidos (Bardin, 2011). Portanto, além de agruparmos os artigos a partir de categorias de análise definidas *a posteriori*, esta etapa permitiu que identificássemos as pesquisas que apresentavam discussões que possibilitavam a compreensão da NdC a partir da história da construção do conhecimento científico/químico.

Os artigos codificados com os números 1, 5, 9, 12, 13, 24, 29, 32 e 38 foram selecionados e serão discutidos neste artigo, pois se tratam das pesquisas que enfatizam a construção do conhecimento científico/químico por meio da história. Portanto, destacamos trechos dos artigos que nos remetem a essa ideia, como podemos observar nos exemplos apresentados no Quadro 3.

Discussão dos Resultados

De acordo com Moura (2014), há uma estreita relação entre a NdC e a HFC, principalmente quando se considera a discussão de propostas de se contextualizar a educação científica. Os conteúdos históricos e filosóficos têm sido utilizados como um potencial recurso pedagógico para trabalhar aspectos do desenvolvimento da Ciência. Os artigos que enfatizam tais aspectos são aqueles que se enquadram na categoria “*Pesquisas que enfatizam aspectos da construção do conhecimento científico/químico por meio da História da Ciência*”, os quais constituem 9 dos 38 artigos publicados na seção *HQ* da QNEsc.

O artigo 1, por exemplo, apresenta discussões em torno da “descoberta” dos lantanídeos ou terras-raras (TR) e a relação entre a luminescência de seus compostos e as

Quadro 2: Categorização dos artigos publicados na seção *História da Química* da revista QNEsc entre 1995 e 2016

Categorias de análise	Artigos
Pesquisas que abordam a presença da História da Ciência em livros didáticos de Química	3; 4; 14; 16
Pesquisas que enfatizam aspectos da construção do conhecimento científico/químico por meio da História da Ciência	1; 5; 9; 12; 13; 24; 29; 32; 38
Pesquisa que apresenta um histórico dos artigos publicados na seção <i>História da Química</i> enfatizando os períodos históricos e os temas mais recorrentes nas pesquisas	2
Pesquisa que apresenta uma reflexão a respeito das concepções de ensino e a organização das disciplinas de Ciências no Ensino Médio no Brasil, entre o final do século XIX e início do XX	6
Pesquisas que discutem descobertas e feitos científicos com ênfase nos aspectos históricos, filosóficos e científicos	7; 8; 10; 11; 15; 17; 18; 19; 20; 21; 22; 23; 25; 26; 28; 30; 31; 33; 34; 35; 36; 37
Pesquisa que aborda como o conhecimento de Ciências em geral (Química e Biologia em particular), e de sua história, pode contribuir para a fruição estética de um poema	27

Fonte: Os autores.

Quadro 3: Exemplos de trechos dos artigos que abordam aspectos da construção do conhecimento científico/químico ao longo da história

Trecho do artigo	Artigos
[...] história da “descoberta” dos lantanídeos. [...] estudo interdisciplinar entre a física e a química à luz da história das ciências [...]. [...] construção do conhecimento científico e seu caráter mutável e provisório.	1
[...] resgatar a história dos jardins químicos, que foi esquecida ao longo do tempo. [...] não mencionam a história e, se o fazem, é de forma superficial. [...] Stéphane Leduc e o seu trabalho são raramente citados, o que não ajuda o estudante de química compreender a importante contribuição desse estudo para a construção do conhecimento científico a respeito da origem da vida.	5
[...] aspectos da epistemologia de Ludwik Fleck são empregados na leitura de episódios históricos envolvendo a síntese de elementos transurânicos. [...] A história da Tabela Periódica em si apresenta grandes possibilidades de explorar a dimensão epistemológica da ciência.	9
[...] estudar as preocupações e o estilo didático de célebres divulgadores da ciência pode suscitar reflexões valiosas para o processo de ensino-aprendizagem em contextos atuais [...]. Para que se possa entender efetivamente um período de debate da ciência, ou mesmo uma contribuição aceita ou descartada pelo corpo de conhecimento científico atual, é necessário que tal contribuição seja interpretada dentro de seu tempo, sob a luz dos conhecimentos e valores da época [...].	12
[...] preocupação com a natureza e os objetivos de uma investigação científica, incluindo a necessidade de articulação de critérios empíricos bem como de outra natureza, inclusive metafísicos, no processo de construção do conhecimento científico. [...] novos conhecimentos gerados pelo desenvolvimento da teoria cinética dos gases e pela nova Física Quântica foram fundamentais nesse processo e na consolidação dessa teoria.	13
[...] Werner e Jørgensen podem ser vistos como figuras opostas no que diz respeito à sua forma de atuação na construção do conhecimento. [...] discussão sobre o papel da intuição na construção do conhecimento químico. [...] Jørgensen, em conformidade com o seu perfil de cientista que acredita tão somente nas verdades já estabelecidas [...].	24
[...] a ideia revolucionária da existência de isótopos na natureza é ensinada de modo descontextualizado da história de sua construção [...]. O intuito deste artigo é oferecer um pequeno resgate histórico da construção do conceito de isótopos [...] / [...] as grandes descobertas não são feitas necessariamente quando novos fatos experimentais são encontrados, mas, no mais das vezes, quando dados experimentais já conhecidos são enquadrados em uma nova estrutura teórica que lhes confere um novo significado.	29
[...] considero importante apresentar alguns aspectos dos vários significados atribuídos à afinidade ao longo do desenvolvimento do conhecimento químico. Novas frentes de desenvolvimento do conhecimento químico emergiram com o avanço dos estudos sobre a teoria de valência [...].	32
Não é possível referir algo sobre o surgimento da química sem fazer uma breve referência às múltiplas tessituras da história da construção do conhecimento e a seus diversificados encadeamentos. [...] A própria história da ciência não pode ser adequadamente observada sem se considerar, mesmo que panoramicamente, a história da filosofia, da educação, das religiões, das artes, das magias, e mesmo todas estas histórias na “história dos que não têm história”.	38

Fonte: Os autores.

teorias de luz e cores de Maxwell e Einstein. O texto tem como objetivo contribuir para a compreensão das propriedades físicas e químicas das TR que permitem aplicações industriais diversas, enfatizando ainda as potencialidades dos dispositivos ópticos inteligentes no desenvolvimento da computação, das comunicações e da medicina. Além de favorecer um estudo interdisciplinar entre a física e a química à luz da história das ciências, apresenta aspectos de valores sócio-científicos e tecnológicos, assinalados por Matthews (2012) como traços fundamentais para a compreensão da natureza do conhecimento científico.

O artigo 9 enfatiza que a história da tabela periódica, em especial a síntese de elementos transurânicos, apresenta potencialidades para explorar a epistemologia da Ciência, enquanto o artigo 38 considera que não há como se referir ao surgimento da Química sem atrelar a construção do conhecimento científico, sem a história da filosofia, da educação, das religiões, das artes, e até mesmo das magias.

O artigo 5 apresenta como principal objetivo resgatar a história dos jardins químicos que foi esquecida ao longo do tempo. O experimento de formação de um jardim químico foi utilizado por Stéphane Leduc (1911) para tecer considerações relacionadas à origem da vida. Portanto, nesse artigo se ressalta que, apesar das ideias de Leduc não serem aceitas atualmente, ainda podem constituir rico material para um ensino interdisciplinar de ciências, abrangendo química e biologia, possibilitando ao estudante de química compreender a importante contribuição desse estudo para a construção do conhecimento científico a respeito da origem da vida.

No artigo 32, a autora também utiliza a temática da origem da vida, entretanto com ênfase no renomado trabalho de Charles Darwin. Temos, numa história que começa há mais de 2 500 anos A.P. (antes do tempo presente), informações para entender um pouco mais a ciência e em particular a estrutura da matéria. Como as ideias acerca do conceito de afinidade nem sempre estiveram muito claras, a autora

buscou no trabalho de Darwin um viés interdisciplinar, uma vez que o mesmo utilizava a afinidade seletiva dos elementos químicos para explicar a seleção natural.

O artigo 12 investiga as estratégias didáticas utilizadas por Michael Faraday (1791-1867), reconhecido por ter se dedicado tanto à pesquisa como à divulgação da ciência de seu tempo. Nesse sentido, os autores do artigo defendem que estudar as preocupações e o estilo didático de célebres divulgadores da ciência pode suscitar reflexões valiosas para o processo de ensino e aprendizagem em contextos atuais, além de ampliar o conhecimento histórico de um caso que remonta a uma sociedade específica.

O artigo 24 versa sobre a controvérsia existente no final do século passado e começo do atual sobre a natureza e estrutura dos compostos de coordenação, tendo Alfred Werner e Sophus Mads Jørgensen como protagonistas. Tal situação é utilizada como tema para promover uma discussão sobre o papel da intuição na construção do conhecimento químico, bem como sobre as influências que as posturas progressiva ou conservadora podem exercer sobre a evolução deste conhecimento. Isso pode contribuir para evitar visões distorcidas da Ciência, destacando a característica não lógica da Ciência, a qual não foi construída de forma linear e dogmática.

O tema abordado no artigo 29 é a descoberta dos isótopos, tratada como decisiva para a definição de conceitos importantes para a química e a física na primeira metade do século passado. O autor discute que, embora a história não possa, evidentemente, ser tida como a solução dos problemas pedagógicos no ensino das ciências, pode conferir o necessário apoio para a interpretação das diferentes maneiras de compreender a construção da Ciência.

Tais artigos não se reduzem apenas a contar uma história e sim promover uma reflexão sobre a compreensão do fazer científico e as diversas influências sofridas e exercidas por ela, inserido em um contexto social. Tratam de pesquisas que corroboram as ideias de Chassot (2006) em torno da necessidade de se buscar um ensino mais histórico e menos concentrado no conteúdo, de modo que permitam aos alunos a compreensão de como se enraíza e é enraizada a construção do conhecimento. Estes traços referem-se à aproximação da história da Química aos aspectos da NdC e dos marcos históricos pelos quais perpassou a ciência/química que hoje ensinamos, como são discutidos por Praia *et al.* (2002, p. 137):

[...] o ensino das ciências deve procurar o consenso, mas sem anular o debate; o ensino das ciências não pode ser transformado em nova ortodoxia, como frequentemente o é. Ou seja, devem-se explorar no ensino das ciências, criar espaços para a imaginação e criatividade dos alunos, no sentido de ir em encontro do sentido de previsibilidade das teorias, promovendo discussões em que é posto à prova o próprio valor heurístico de teorias hoje não valorizadas na história da ciência, mas que foram importantes para o avanço do empreendimento científico.

Podemos então estabelecer uma relação contrária entre os artigos 13, constituinte do nosso *corpus*, e o artigo 3, considerado este último como uma pesquisa que não enfatiza a articulação entre a HC e a Natureza do conhecimento científico. O primeiro apresenta uma discussão histórica na busca pela consolidação do atomismo com base em fatores sociais e políticos presentes na História da Ciência. Já o segundo trata-se de uma análise de concepções de ciência reveladas nos conteúdos do histórico dos modelos atômicos presentes em 6 livros didáticos de Química, por meio da qual os autores identificaram que a maioria dos materiais traz uma abordagem da HC que revela uma concepção de ciência predominantemente dogmática, construída de forma linear, acumulativa e anistórica. Portanto, destacam a necessidade do desenvolvimento de mais estudos sobre a inclusão da HC em livros didáticos de química.

No entanto, discussões a respeito da concepção de ciência e como ela se constrói não são suficientes para o entendimento da NdC. Por isso, como já observamos, Matthews (2012) considera a necessidade de análises mais aprofundadas em relação aos aspectos de valores sócio-científicos, matematisação, tecnologia, feminismo, visões de mundo, etc.

Considerações Finais

Diante da proposta apresentada neste artigo de identificar e analisar artigos da seção *HQ* da revista QNEsc que enfatizam aspectos da construção do conhecimento científico para ensinar conceitos químicos, destacamos que somente 9 dos 38 artigos selecionados ressaltam a construção do conhecimento científico/químico por meio da história, superando a ideia de utilizar a HC como uma mera abordagem de ensino utilizada para motivar ou despertar o interesse dos alunos.

O reduzido número de artigos que privilegiam esse tipo de abordagem para a HFC parece justificar a constatação feita por Matthews de que as relações entre a História da Química e a Educação em Química têm sido menos enfatizadas que nos casos da Física ou da Biologia.

Nesse cenário, ressaltamos a necessidade da incorporação de aspectos da história e filosofia nos currículos das disciplinas científicas, desde que sejam abordados com a finalidade de proporcionar aos estudantes uma compreensão da NdC, sem empobrecer o caráter didático da HQ. Para que a utilização desta abordagem contribua para o Ensino de Química, faz-se necessário enfatizar a construção da Ciência como uma atividade humana, portanto histórica, e não apenas como uma forma de descrever feitos ou descobertas científicas, sem um sentido social, cultural e ético.

Notas

¹A expressão cursos de primeiro e segundo grau se refere às etapas da Educação Básica que hoje denominamos como ensino fundamental e médio, respectivamente.

²Definido por Bardin (2011, p. 126) como “o conjunto

dos documentos tidos em conta para serem submetidos aos procedimentos analíticos”.

Viviane Arrigo (viviane_arrigo@hotmail.com), doutoranda em Ensino de Ciências pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática da Universidade Estadual de Londrina (UEL). Londrina, PR – BR. **Natany Dayani de Souza Assai** (natanyassai@gmail.com), doutoranda em Ensino de Ciências pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática da UEL. Londrina, PR – BR. **Álvaro Lorencini Júnior** (lorencinijunior@yahoo.com.br), doutor em Educação pela Faculdade de Educação da USP (FEUSP). Professor e orientador

do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática da UEL. Professor associado do Departamento de Biologia Geral da mesma instituição. Londrina, PR – BR. **Mariana Aparecida Bologna Soares de Andrade** (mariana.bologna@gmail.com), doutora em Educação Para a Ciência pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP). Professora e orientadora do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática da UEL. Professora adjunta do Departamento de Biologia Geral da mesma instituição. Londrina, PR – BR. **Fabiele Cristiane Dias Broietti** (fabielelias@uel.br), doutora em Educação para a Ciência e a Matemática pela Universidade Estadual de Maringá (UEM). Professora e orientadora do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática da UEL. Professora adjunta do Departamento de Química da mesma instituição. Londrina, PR – BR.

Referências

AAAS - American Association for the Advancement of Science. *Science for all americans online*. Project 2061. Washington, 1989. Disponível em <http://www.project2061.org/publications/sfaa/online/chap1.htm>, acessado em Maio 2018.

ABD-EL-KHALICK, F. Inquiry in science education: international perspectives. *International Journal of Science Education*, v. 38, n. 3, p. 397-419, 2004.

BALDINATO, J. O. e PORTO, P. A. 20 Anos de QNEsc: uma história, muitas histórias. *Química Nova na Escola*, v. 37, n. Especial 2, p. 166-171, 2015.

BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. São Paulo: Edições 70, 2011.

BRASIL, Secretaria da Educação Básica. *Orientações curriculares para o ensino médio: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias*. Brasília: MEC, 2006.

CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. e JORGE, M. Da educação em ciências às orientações para o ensino das ciências: um repensar epistemológico. *Ciência & Educação*, v. 10, n. 3, p. 363-381, 2004.

CHASSOT, A. *Alfabetização científica: questões e desafios para a educação*. 4ª ed. Ijuí: Unijuí, 2006.

CRAWFORD, B. A. From inquiry to scientific practices in the science classroom. In: LEDERMAN, N. G. e ABELL, S. K. (Eds.). *Handbook of research on science education*. New York: Routledge, 2014.

DUSCHL, R. A. e GRANDY, R. Two views about explicitly teaching nature of science. *Science & Education*, v. 22, n. 9, p. 2109-2139, 2012.

EL-HANI, C. N. Notas sobre o ensino de história e filosofia da biologia na educação superior. In: NARDI, R. (Ed.). *A pesquisa em ensino de ciências no brasil: alguns recortes*. São Paulo: Escrituras, 2007.

FORATO, T. C. M.; PIETROCOLA, M. e MARTINS, R. A. Historiografia e natureza da ciência na sala de aula. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 28, n. 1, p. 27-59, 2011.

FOUREZ, G. *A construção das ciências: introdução à filosofia e ética das ciências*. São Paulo: Unesp, 1995.

HODSON, D. Philosophy of science and science education. In: MATTHEWS, M. R. (Ed.). *History, philosophy and science teaching: selected readings*. Toronto: OISE, 1991.

KRAGH, H. *Introdução à historiografia da ciência*. Lisboa: Porto, 2001.

LEDERMAN, N. G. Nature of science: past, present and future. In: ABELL, S. K. e LEDERMAN, N. G. (Eds.). *Handbook of research in science education*. New York: Routledge, 2007, p. 831-873.

MARTINS, A. F. P. História e filosofia da ciência no ensino: há muitas pedras nesse caminho... *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 24, n. 1, p. 112-131, 2007.

MATTHEWS, M. R. Changing the focus: from nature of science (NOS) to features of science (FOS). In: KHINE, M. S. (Ed.). *Advances in nature of science research*. Dordrecht: Springer, 2012, p. 3-26.

_____. História, filosofia e ensino das ciências: a tendência atual de reaproximação. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 12, n. 3, p. 164-214, 1995.

_____. *Science teaching: the role of history and philosophy of science*. New York: Routledge, 1994.

MOURA, B. A. O que é natureza da ciência e qual sua relação com a história e filosofia da ciência? *Revista Brasileira de História da Ciência*, v. 7, n. 1, p. 32-46, 2014.

NIAZ, M. *Critical appraisal of physical science as a human enterprise: dynamics of scientific progress*. Milton Keynes: Springer, 2009.

PAIXÃO, F. e CACHAPUZ, A. Mudanças na prática de ensino da química pela formação dos professores em história e filosofia das ciências. *Química Nova na Escola*, n. 18, p. 31-36, 2003.

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.

RAMOS, M. G. Epistemologia e ensino de ciências: compreensões e perspectivas. In: MORAES, R. (Org.). *Construtivismo e ensino de ciências: reflexões epistemológicas e metodológicas*. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2000.

VILAS BOAS, A.; SILVA, M. R.; PASSOS, M. M. e ARRUDA, S. M. História da ciência e natureza da ciência: debates e consensos. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 30, n. 2, p. 287-322, 2013.

Abstract: Analysis of the Articles on “Nature of Science” Published in the History of Chemistry Section of the Journal QNEsc Between 1995-2016. The incorporation of historical and philosophical aspects into teaching has been conducted in the sense of understanding the Nature of Science. In this scenario, we aim to analyze articles that emphasize aspects of the construction of scientific knowledge to teach Chemistry. For this, we selected 38 articles from the *History of Chemistry* section of the journal *Química Nova na Escola* published between 1995 and 2016. The textual analysis applied to the selected corpus allowed us to identify that only 9 of the 38 analyzed articles emphasize the construction of scientific knowledge by means of History and the Philosophy of Science, while the others do not discuss aspects of the HS in the prioritized approach in this research, using it linked to other objectives such as: the HS in textbooks of Chemistry; Scientific achievements with emphasis on the historical, philosophical and scientific aspects of an era, among others. We emphasize the importance of recognizing the didactic disposition of the use of HS to approach the contents to promote the (re)signification of chemical knowledge.

Keywords: nature of science, history of chemistry, scientific knowledge

Modelizações Astronáuticas na Perspectiva da Educação CTS: Proposta de Atividade Integradora ao Ensino de Ciências

Paulo Vítor T. Souza, Nicéa Q. Amauro e Marcos Fernandes-Sobrinho

Neste texto apresentam-se resultados de uma proposta de atividade pedagógica tomando-se aspectos das inter-relações Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS), em que as ações realizadas se apropriam da elaboração e do lançamento de modelos de foguetes desenvolvidos a partir de garrafas de polietileno tereftalato (PET). A pesquisa foi desenvolvida durante 9 (nove) aulas de Química em uma escola pública, do interior da região Centro-Oeste, no estado de Goiás, Brasil. Os resultados apontam que a elaboração de modelos de foguetes pode ser uma alternativa didática viável para alcançar pressupostos da educação CTS, uma vez que insere os estudantes em momentos de avaliação de situações-problema, tomada de decisão crítica e responsável e, ainda, oferece elementos para superar a visão de ensino-aprendizagem compartimentada de conhecimentos científicos e tecnológicos. Sinalizam, ainda, a educação CTS como aliada importante e exequível para o ensino e a aprendizagem de conceitos relacionados à Química, Física, Matemática e Artes, por meio da contextualização do conhecimento e da interdisciplinaridade.

► educação CTS, intervenção pedagógica, foguetes ◀

Recebido em 26/08/2017, aceito em 27/10/2017

A educação fundamentada nas inter-relações Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) se revela como alternativa viável para o ensino e a aprendizagem de temas científicos, além de proposta inovadora e motivadora, na medida em que favorece

atitudes de formação pessoal com relação ao ambiente e à qualidade de vida, possibilitando ao estudante tomar decisões relativas à temáticas trabalhadas, considerando aspectos científicos, tecnológicos, econômicos e políticos (Martínez e Rojas, 2006, p. 56, tradução nossa).

A educação CTS compõe elementos de uma reforma global na educação e no ensino de Ciências (Romero e Díaz, 2002). Para estes autores, o movimento CTS, no âmbito internacional de reforma do ensino das Ciências, desenvolve-se desde meados da década de 1980 e contempla ênfases curriculares que pressupõem metodologias e abordagens inovadoras de ensino de Ciências à promoção do desenvolvimento de letramento científico e tecnológico.

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

Esse movimento CTS é entendido como "um conjunto de reações acadêmicas que se contrapõe à concepção tradicional, triunfante e essencialista da ciência e da tecnologia, subjacente aos modelos clássicos de gestão política" (Fernandes-Sobrinho, 2016, p. 51) e surgiu como decorrência de discussões que, além de permearem várias áreas do conhecimento como a economia, a sociologia e a política, implicavam diretamente direcionamentos sociais relacionados à Ciência, especialmente após a segunda guerra. Ocupou-se, basicamente, da crítica a questões relativas ao modelo desenvolvimentista, a partir dos avanços científicos e tecnológicos com impactos ambientais, desde o século XIX (Santos, 2011).

Nessa atmosfera, o movimento CTS na educação científica surge como consequência da discussão sobre a necessidade de se implementar novas propostas para o ensino, especialmente ao ensino de Ciências. Muitos trabalhos, inclusive no âmbito internacional, relativos à educação, confirmam a necessidade de se utilizar a relação CTS, principalmente em função dos interesses socioeconômicos, culturais e de formação da cidadania (Díaz *et al.*, 2003). Desta forma, esta perspectiva educacional pretende inserir os estudantes a participarem como cidadãos na sociedade, de forma ativa e crítica, e que tenham condições de tomada de decisões na

sociedade (Aikenhead, 1994; Santos, 2011).

Nesse sentido, o professor é o elo entre este indivíduo e o conhecimento científico, cabendo a ele o compromisso ético e moral (Fernandes-Sobrinho, 2018) de desenvolver, no ambiente escolar, o papel de intermediador, de facilitador do conhecimento.

Ante o exposto e utilizando os pressupostos acima, o presente artigo apresenta resultados de uma proposta de ensino aplicada em uma escola pública federal, do interior da região Centro-Oeste, no estado de Goiás, em que foram utilizados foguetes de garrafas de polietileno tereftalato (PET), na perspectiva da educação CTS.

A proposta articula os ensinamentos de Química, Física, Matemática e Artes a partir da construção e do lançamento de foguetes e busca fundamentar a intervenção utilizada no viés de uma educação que tenha como pressupostos aspectos sociais, culturais e políticos, corroborando para a aprendizagem de cidadãos críticos e que possam se apropriar de conhecimentos científicos para tomada de decisões.

Nas atividades propostas, ofereceram-se momentos de reflexão aos educandos, a partir de conhecimentos científicos, aos quais se encontram inseridos, para que, no viés histórico da tecnologia e da sociedade, possam ter melhores condições para a tomada de decisão informada, no contexto social.

A Utilização de Modelos Astronáuticos no Ensino

Realizamos a revisão de literatura nos contextos internacional e nacional, com vistas a trazermos contribuições à uma proposição didática de Ciências, pautada em modelizações astronáuticas, a partir de garrafas PET.

O Contexto Internacional das Publicações

No contexto japonês, Tomita *et al.* (2007) relatam que a construção de foguetes possui grande apelo entre as crianças, salientando, ainda, que estes são referenciados pelos eventos festivos típicos daquele país. Segundo os autores, a construção de modelos empregando garrafas PET é uma estratégia potencial para trabalhos interdisciplinares que, ao mesmo tempo, favorece o ensino de Ciências, podendo ser incorporada ao ambiente escolar. Suas limitações repousam em três pontos principais: a) baixa capacidade propulsora para o projétil ser lançado; b) baixa resistência do material escolhido para construir os foguetes [garrafas PET]; e c) segurança e integridade física dos lançadores de foguetes, uma vez que a trajetória, quase sempre errática, pode provocar acidentes aos participantes e observadores. Essas limitações, segundo estes autores, podem gerar temas relevantes para o desenvolvimento de projetos de pesquisa, no contexto de estudos envolvendo as áreas de Física, Astronomia, Química e Engenharia.

Jayaram *et al.* (2010) mencionam a existência de cursos introdutórios, para a carreira de Engenharia Aeroespacial, que buscam apresentar aos universitários calouros alguns conceitos generalistas, como: princípios de aerodinâmica, desempenho, propulsão, estruturas sobre foguetes e mecânica orbital. Relatam as atividades que encorajam os estudantes a desenvolverem: a capacidade de trabalhar em grupo; as habilidades comunicativas; e o conceito de ética. De acordo com os autores, os projetos de construção de foguetes

ex põem os estudantes à excitação do exercício profissional de suas carreiras futuras, motivando-os para as demais disciplinas da graduação; criam um ambiente de competição amigável, estimulando a criatividade; visam propiciar um contexto de aprendizagem ativa, envolvendo habilidades de resolução de problemas, assim como a aquisição de um quadro conceitual; e promovem articulações entre teoria e prática. No

entanto, trata-se aqui da construção de modelos de foguetes mais elaborados, envolvendo materiais específicos, e não improvisações.

No trabalho de Fletcher *et al.* (1999), os foguetes servem à demonstração de importantes princípios de Física, Química e Engenharias, e que a construção de modelos pode ser uma atividade interessante a ser incorporada à educação formal. Os autores relatam então atividades envolvendo a construção de modelos utilizando papel alumínio e combustíveis sólidos, como a parafina – modelos que, segundo afirmam, conseguem voar até cerca de 6 m de altura. Segundo os autores, apesar da existência de modelos de foguetes prontos no mercado, é mais vantajosa a criação de protótipos, por parte dos próprios alunos, na sala de aula. Ao contrário das outras propostas que apresentamos, trata-se aqui de uma atividade que envolve certos riscos – os autores mencionam, inclusive, que os estudantes participantes das atividades devem estar munidos de óculos de proteção, e que cuidados devem ser tomados para se evitar incêndios – já que os lançamentos dos modelos dependem de uma reação química de combustão.

Kagan *et al.* (1995) descrevem a construção de modelos de foguetes, utilizando garrafas PET com capacidade para 2 L, também com propulsão a água. Os autores afirmam que tais modelos podem voar a até 20 m de altura. Mencionam também que o movimento desses foguetes pode ser descrito por meio de uma Ciência/Física que envolve: a Segunda Lei de Newton; os conceitos de momento e velocidade relativa; o escoamento de fluidos e o princípio de Bernoulli; e a expansão adiabática de um gás ideal.

Ao desenvolver um modelo para explicar o comportamento de um foguete em miniatura, os autores ilustram a forma como a Física pode ser aplicada em problemas da vida real, e afirmam que esse aspecto pode chamar a atenção dos estudantes.

A proposta articula os ensinamentos de Química, Física, Matemática e Artes a partir da construção e do lançamento de foguetes e busca fundamentar a intervenção utilizada no viés de uma educação que tenha como pressupostos aspectos sociais, culturais e políticos, corroborando para a aprendizagem de cidadãos críticos e que possam se apropriar de conhecimentos científicos para tomada de decisões.

No Brasil também foram realizadas pesquisas a partir da temática sobre foguetes em ações pedagógicas (Souza, 2007; Cuzinato *et al.*, 2015; Leão *et al.*, 2015; Oliveira, 2015).

Oliveira (2015) realizou um projeto escolar em que os estudantes do ensino fundamental construíram modelos de foguetes. De acordo com o autor, a proposta foi iniciada por uma consulta, por parte dos discentes, em que esses deveriam apontar possibilidades para propulsão dos projéteis. Segundo o autor, foram apresentados formas para o lançamento envolvendo reações químicas complexas que dificultam a execução na escola.

Leão *et al.* (2015) apontam que os modelos de foguetes podem ser pensados também como “automóveis”, visando lançamentos horizontais, utilizando o ar comprimido no processo de propulsão. Cuzinato *et al.* (2015) também apresentam o lançamento de foguetes, inclusive com ar comprimido, mas direcionada por ações universitárias, com docentes e discentes de cursos de Engenharia Química e de Minas.

Segundo Souza (2007) e Cuzinato *et al.* (2015), o modelo de foguete é um mecanismo de despertar o interesse de estudantes dos ensinos fundamental e médio pelas disciplinas de Física e Matemática. Segundo os autores, a observação do lançamento dos foguetes pode sugerir curiosidades e, posteriormente, investigações de diversos temas em Ciências/Física, inclusive para a educação básica: resistência dos materiais, Leis de Newton, impulso, pressão, centro de massa, leis do movimento, velocidade relativa, balística, gravitação, aerodinâmica, escoamento de fluidos, equação de Bernoulli, equação de continuidade, conservação da energia, expansão adiabática de gases, balística e centro de massa.

Por outro lado, existem também as ações de intervenção que têm como objetivo aproximar a temática dos foguetes com assuntos estudados em Química. Nesse caso, podemos nos apropriar do tema para estudos das transformações físicas, das evidências de reações, combustão, balanceamento, termoquímica, gases, proporção de massas e soluções. O fato de as transformações da matéria se constituírem em assunto central da Química (Rosa e Schnetzler, 1998) favorece diversas subáreas, ou mesmo outros assuntos, que possam ser trabalhados em atividades que as/os envolvam.

As propostas mencionadas, nesta breve revisão, mostram que modelos de foguetes são formas interessantes de ensinar Ciências e podem motivar a aprendizagem de conceitos científicos. Entretanto, não foram encontradas na revisão realizada ações que se apropriassem da educação CTS com vistas à formação ampla e crítica dos estudantes, o que se apresenta como uma justificativa plausível para este artigo.

A construção de modelos de foguetes, por serem artefatos tecnológicos, podem considerar as discussões sobre a Ciência na sociedade, assim como os impactos que essa tem a partir de um desenvolvimento tecnológico, a exemplo dos foguetes e assemelhados. A revisão apresentada também nos mostra que os trabalhos relacionados à construção de foguetes promovem sociabilização e, ainda, possibilita um aprendizado lúdico e mobilizador por parte do educando.

Entretanto, o lúdico sem embasamento teórico que sustente ações que visem a formação de pessoas e possibilitam aprendizado, pouco favorece a formação cidadã dos estudantes (Souza, 2007; Queiroz e Cuzinato, 2017). Desta forma, proposições fundamentadas na educação CTS podem contribuir com a tomada de decisão informada, à luz de uma formação mais crítica sobre a Ciência e a Tecnologia, que leve em conta os impactos das tecnologias na sociedade e, também, o estudo de temas que extrapolam a compartimentalização de conteúdos.

Muitas vezes, os estudantes podem até conhecer os tipos de reações químicas existentes (simples troca, dupla troca, síntese e decomposição), entretanto muitos não compreendem sobre os gases liberados na combustão completa e incompleta de um combustível, por exemplo. Isso, portanto, é preocupante e precisa ser levado em consideração no ensino de Química e Ciências. Ações embasadas na educação CTS superam a simples memorização de regras e fórmulas e inserem os discentes em momentos de reflexão sobre o contexto social, científico e tecnológico.

Outra contribuição para utilização dos modelos de foguetes para o ensino de Ciências é que a proposta pode compreender diversos níveis da escolarização: desde o ensino de Ciências nos ensinos fundamental e médio (se referido ao contexto brasileiro); para intervenções com caráter de divulgação científica, em trabalhos de extensão dirigidos a um público diversificado; até graduandos de cursos como Química, Física, Ciências Naturais e Engenharia Aeroespacial; e, finalmente, professores de Ciências em processo de formação contínua.

Percurso Metodológico

Concebemos a natureza deste trabalho segundo os fundamentos da pesquisa-ação. Nessa, o pesquisador se envolve no trabalho como um participante ativo, em conjunto com os demais sujeitos convidados (Engel, 2000). Como referencial metodológico, utilizamos a análise de conteúdo (AC) proposta por Bardin (2011) que consiste, basicamente, de três fases para a consecução da análise, que foram: (1) pré-análise,

[...] existem também as ações de intervenção que têm como objetivo aproximar a temática dos foguetes com assuntos estudados em Química. Nesse caso, podemos nos apropriar do tema para estudos das transformações físicas, das evidências de reações, combustão, balanceamento, termoquímica, gases, proporção de massas e soluções. O fato de as transformações da matéria se constituírem em assunto central da Química (Rosa e Schnetzler, 1998) favorece diversas subáreas, ou mesmo outros assuntos, que possam ser trabalhados em atividades que as/os envolvam.

(2) exploração do material, e (3) tratamento dos resultados, inferência e interpretação.

Desenvolvemos uma sequência de atividades em uma instituição pública federal de ensino em uma cidade do interior do Centro-Oeste do estado de Goiás. A proposta teve como foco principal a inserção dos estudantes da educação básica como protagonistas do processo de ensino-aprendizagem, e se inspirou nos trabalhos supracitados, mostrados na revisão que apontamos na seção anterior, envolvendo projeto de construção e lançamento de modelos de foguetes, fundamentado na educação CTS.

Tivemos a participação e o envolvimento dos estudantes da primeira série de uma instituição pública do estado de Goiás. Buscamos inserir os estudantes em todo o processo da pesquisa, já que ocorria a investigação da potencialidade de uma proposta didática, no caso a construção e o lançamento de foguetes, para o ensino de Química, articulado com outras áreas do conhecimento, embasado na educação CTS. No anexo deste artigo, segue o material complementar que mostra, detalhadamente, a confecção dos modelos de foguetes.

Para a coleta de dados foram utilizadas nove aulas, cada uma com duração de 50 minutos. Durante a intervenção na escola registramos as atividades a partir de fotografias, da produção escrita dos estudantes e de gravações em áudio. Durante a exposição dos resultados, em momentos oportunos e quando for necessário, iremos apresentar relatos dos estudantes participantes. Ressaltamos que, para garantir o anonimato, iremos utilizar nomes fictícios dos estudantes, a saber: Bruna, Carla, Inácio, Pedro, Ana, José, Ricardo, Fabiana e Tereza. As aulas foram organizadas segundo a sequência exposta no Quadro 1.

Resultados e Discussão

Percebemos que ações escolares que favorecem a investigação são importantes mecanismos para estimular os estudantes na busca por soluções de problemas (importante ponto na educação CTS). Mas a escola precisa se preocupar também que os estudantes se envolvam na busca por soluções por meio da manipulação de artefatos concretos, como no caso da elaboração dos foguetes; e, a partir desses, abordar os temas específicos de cada disciplina.

Buscamos incentivar a preocupação dos educandos com a questão social, cultural e histórica do lançamento de foguetes no espaço. O professor-pesquisador (também autor deste artigo), juntamente com o convidado, pesquisador em Astronomia, conduziram os estudantes a refletirem sobre os impactos que os lançamentos de foguetes têm no espaço, especialmente pelo lixo espacial gerado. Promover discussões em sala de aula e em intervenções educativas é fundamental para a busca de se realizar uma proposta que seja, ou pelo menos, tenha condições de ser fundamentada na educação CTS.

Ressaltamos que o trabalho concretizado apropriou-se de uma temática que favorece a abordagem de conteúdos específicos de Química, propostos nas Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Básica (Brasil, 2013), articulado com outras áreas do conhecimento, como Física, Geografia e Matemática.

Nas aulas 2 e 3, principalmente, as discussões centraram-se em conceitos da Mecânica e da Geometria. Por exemplo, o formato da garrafa e a resistência do ar, sendo a escolha por garrafas cilíndricas um fator importante para a aerodinâmica dos foguetes. Além disso, conduzimos os estudantes para a reflexão sobre os diferentes impactos (sociais, ambientais, econômicos e políticos), pontos fundamentais da educação CTS, que os foguetes podem causar, a partir dos materiais utilizados para a construção dos foguetes, assim como os seus propulsores.

Também possibilitamos o estudo de conceitos de Geometria (plana e espacial), como área da circunferência e volume do cilindro. Tais conceitos foram aplicados na tomada de medidas dos materiais empregáveis na construção dos modelos, utilizando-se réguas e equações matemáticas. Além da busca pela integração entre os conteúdos das disciplinas de Física e Matemática, explicitamos aos educandos que eles poderiam explorar sua criatividade para customizar os protótipos, buscando, assim conhecimentos trabalhados nas aulas de Artes para ajudá-los no acabamento dos foguetes. Foi pontuado com os estudantes, ainda, sobre as diversas formas de construção de foguetes, utilizando a tecnologia, a partir da ciência (que é de natureza humana e coletiva).

No que diz respeito à disciplina de Química, conseguimos ainda mais envolver os discentes nas discussões, já

Quadro 1: Aulas e correspondentes atividades desenvolvidas

Aula(s)	Atividade(s)
1	Os estudantes fizeram consultas na <i>internet</i> sobre possibilidades de elaborar modelos de foguetes.
2 e 3	O docente registrou no quadro possíveis materiais a serem utilizados na construção dos foguetes. Os materiais mais mencionados para a confecção dos foguetes foram: garrafa PET, fita adesiva, areia, tesoura, papelão, alfinete, régua, saco plástico, chapas de raios-X. Esses materiais foram trazidos à sala de aula pelos próprios estudantes. Nessas aulas tivemos discussões, iniciais, de conceitos escolares relevantes para a compreensão das atividades com os foguetes: transformações físicas e químicas, reações químicas, Leis de Newton e formas geométricas.
4 e 5	Palestra com pesquisador em Astronomia, sobre o tema "Modelos de Foguetes Corrida Espacial".
6 e 7	Os estudantes, reunidos em grupos, construíram os foguetes.
8 e 9	Lançamentos dos modelos de foguetes.

Fonte: Elaboração nossa. Dados da pesquisa.

que a abordagem CTS permite superar ações em que esses não sejam sujeitos ativos no processo de aprendizagem. Percebemos também que o envolvimento depende do contexto em que os estudantes fazem parte; isto é, se o meio incentiva à busca do conhecimento, esse já é um grande passo para a participação efetiva no processo de aprendizagem. Dessa forma, notamos que a proposta realizada na escola, utilizando os foguetes de garrafas PET fundamentado na educação CTS, possibilita despertar o interesse dos aprendizes e, ao mesmo tempo, inseri-los em momentos de aprendizado.

Logo quando o professor solicita aos estudantes para apontarem exemplos de transformações de materiais, os estudantes se manifestam: repartir uma folha, cortar madeira, evaporação da água, apodrecimento de frutas, queima de materiais, confecção de bolo, dentre outros. O docente então conduziu os estudantes a observarem que tipos de mudanças (cor, textura, volume, tamanho, formato, estado físico) teriam ocorrido nos materiais envolvidos nessas transformações. Com a elaboração de um quadro, os educandos observaram que alguns dos exemplos envolviam alterações na composição dos materiais. A partir daí, foram introduzidas algumas considerações sobre os conceitos de transformação física e transformação química.

Examinando-se o caso das transformações químicas, foram introduzidos novos conceitos: reagente(s), produto(s), coeficientes estequiométricos (nota-se que, normalmente, são temas trabalhados na segunda-série do ensino médio). Então, explicamos que uma das formas de propulsão que poderia ser utilizada para o lançamento dos foguetes seria a decorrente de uma reação química. A reação sugerida foi a produção de gás carbônico por meio da mistura entre ácido acético e bicarbonato de sódio. Percebeu-se que os estudantes já possuíam alguns conhecimentos prévios sobre as propriedades desses reagentes, pois foi lançado, pelo docente, o seguinte questionamento: “Onde podemos encontrar esses reagentes?”

Para o bicarbonato tivemos algumas sugestões, como: “na farmácia professor” (Bruna); “naquilo que usa para fazer o pão” (Ricardo); “minha mãe usa um negócio para fazer rosca que tem bicarbonato de sódio” (Ana); “também acha na farmácia” (Ana).

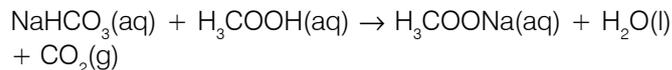
Em relação ao ácido acético, os estudantes não souberam, ou não relataram onde este reagente poderia ser encontrado. Diante disso, explanou-se que o ácido acético pode ser encontrado no vinagre. Colocou-se, no quadro negro, a fórmula estrutural e molecular do ácido, em seguida evidenciou-se a estrutura de cadeia aberta carbônica, a saturação e as ligações entre os átomos da molécula. Outro ponto fundamental de discussão é que o tema cadeia carbônica, geralmente, é trabalhado na 3ª série do ensino médio e, por meio de atividades que tendem a educação CTS, são possíveis superar a compartimentação da própria disciplina.

Além desses, iniciamos uma breve discussão, buscando superar a exposição de conteúdos, com os aprendizes sobre solução e os seus componentes (soluto e solvente). A reação química, representada macroscopicamente, entre ácido

acético e bicarbonato de sódio recebeu algumas representações no quadro negro. A primeira foi:

fermento químico + vinagre → acetato de sódio + água + gás carbônico

Posteriormente, foi apresentada a seguinte representação:



Ao incentivar que os estudantes compreendessem as relações e correspondências entre as duas formas, foi possível abordar alguns aspectos concernentes aos níveis de representação do conhecimento químico (Johnstone, 1982), articulando-se os níveis sensorial ou perceptivo (nível macroscópico) e o representacional (nível simbólico). Discutimos a relação estequiométrica entre os reagentes e que, para a nossa reação, poderíamos utilizar a recomendação de alguns manuais, como o da Mostra Brasileira de Foguetes (Mobfog), disponível no sítio da Olimpíada Brasileira de Astronomia (www.oba.org.br), a qual explicita a reação química com 500 mL de vinagre e 250 g de fermento, ou testar outras medidas.

Três grupos buscaram outras medidas, alterando a quantidade de volume de ácido e massa de fermento, entretanto alegam que “utilizar menos fermento diminui a força do foguete” (Inácio); “o foguete fica mais fraco e não consegue ir muito longe” (Carla). Nisso chegam a conclusão de que “quanto maior a quantidade de fermento e vinagre, mais chances o foguete tem de ir mais longe” (Inácio).

Percebemos que proposições dessa natureza favorecem os estudantes a terem autonomia para a resolução de problemas. Por exemplo, alguns estudantes optaram por utilizar o isopor de alta densidade, ou lâminas de policloreto de vinila (PVC), para fazer as aletas, em substituição as do papelão. Isso mostra que eles se preocupam com o desenvolvimento do protótipo e, para isso, precisam se preocupar com o material a ser feito o projétil, assim como deixar o foguete com o bico mais afinado e fitas adesivas, de baixa densidade, contornando o foguete. Foi percebido que existem várias outras formas de se construir um modelo de foguete com garrafas PET e, por conseguinte, é importante a criatividade dos estudantes, mas ao mesmo tempo, embasamento nos conceitos de Ciência para a melhoria do foguete. Seguem, na Figura 1, modelos de foguetes construídos pelos estudantes.

Houve a intenção de promover ações didático-metodológicas que fossem fundamentadas na educação CTS, assim buscamos desenvolver, em cada etapa da pesquisa, atividades que, pelo menos, se aproximassem da inter-relação entre a Ciência, a Tecnologia e a Sociedade com os conteúdos escolares.

Análise das Entrevistas

A partir da transcrição das entrevistas [constantes dos



Figura 1: Foguetes de garrafas PET construídos pelos estudantes.

áudios], elaboramos os quadros 2, 3 e 4 com base na perspectiva analítica da análise de conteúdo (Bardin, 2011), consignando extratos das transcrições, como exemplo de construção das três categorias de análise: a) relação entre os conceitos de astronáutica inseridos na atividade desenvolvida e possibilidade na perspectiva da educação CTS; b) assuntos escolares a partir da proposição didática; e, por fim, c) avaliação, por parte dos estudantes, da proposição didática.

Quadro 2: Categoria de análise – impactos socioambientais

Unidade de análise e categoria [entrevistados]: Relação entre os conceitos de astronáutica inseridos na atividade desenvolvida e possibilidades na perspectiva da educação CTS.	
Modo de coleta: Entrevista semiestruturada	
Unidade de contexto	Relação da astronáutica e da atividade desenvolvida com o processo educativo na perspectiva CTS.
Unidades de registro (temas)	“conhecer outras coisas, outros conhecimentos além da escola”. Sugere aspectos socioambientais decorrentes da atividade aeroespacial.
	“demorado para construir, por isso foi longe”; “o próximo vai mais longe”. Ideia de planejamento, de consumo energético para maiores alcances, o que nos remete a aspectos socioambientais, sustentabilidade e tomada de decisões, baseadas no conhecimento científico.
	“entender como que funciona as reações químicas”; “a pressão pra poder lançar o foguete”. Estabelece relações entre conhecimento científico e planejamento vinculado à atividade desenvolvida, a conceitos como o de energia, e que envolvem aspectos sociocientíficos e ambientais.
Excertos de entrevistas: (Ilda): Eu achei super legal e interessante a proposta, porque abre as portas pra gente <u>conhecer outras coisas, outros conhecimentos além da escola</u> , como Astronomia, Astronáutica, lixo espacial. (José): o meu foguete foi <u>demorado para construir por isso foi longe, o próximo vai mais longe</u> . (Ana): <u>entender como que funciona as reações químicas</u> , as substâncias para fazer misturas e também como funciona <u>a pressão pra poder lançar o foguete</u> que envolve toda uma parte física e química [...].	
Categoria gerada após análise de todas as falas pela técnica de síntese: Impactos socioambientais.	

Considerações Finais

Este trabalho apontou resultados que identificam possíveis ações escolares em que os estudantes não são meros expectadores na sala de aula. A elaboração de modelos de foguetes, fundamentada na educação CTS, propõe uma situação de ensino-aprendizagem para trabalhar conceitos de Química, articulados com outras disciplinas, como Física, Geografia, Matemática e Arte, em uma perspectiva crítica e ativa à tomada de decisões na sociedade (Aikenhead, 1994; Santos, 2011).

Destacamos, ainda, a complexidade de se realizar ações com interface na educação CTS. Mesmo que seja uma “interface” e não, de fato, uma “aplicação” de uma proposta CTS, acredita-se que trabalhos e pesquisas como esta podem proporcionar aos pesquisadores em educação e professores do ensino básico possibilidades de intervenções que se aproximem da educação CTS.

Concomitantemente, partindo em busca do enfrentamento às dificuldades vivenciadas pelos profissionais de escolas de educação básica no Brasil – envolvendo infraestrutura, condições de trabalho precárias, pouco incentivo à formação continuada e desvalorização do magistério – a proposta procura superar um ensino de Ciências fragmentado e sem aplicabilidade em contextos não escolares, contribuindo com ações em que o estudante seja inserido em momentos de reflexão e tomada de decisão informada.

Nesse sentido, o trabalho adere ao que se apresenta na versão preliminar da BNCC encaminhada ao Conselho Nacional de Educação (Brasil, 2018), em que Strieder *et al.* (2016) destacam “quatro aspectos, relacionados: a) aos

Quadro 3: Categoria de análise – conceitos sociocientíficos

Unidade de análise e categoria: Resultados do trabalho coletivo e relação com os conceitos sociocientíficos.	
Modo de coleta: Entrevista semiestruturada	
Unidade de contexto	Discussões acerca dos assuntos trabalhados na proposição didática.
Unidades de registro (temas)	“se o meu grupo tivesse misturado mais o fermento e o vinagre, a reação química seria melhor”. Nota-se pelo relato que os estudantes, coletivamente, inferem uma discussão inicial, que tendem a criticidade [‘se o meu grupo tivesse misturado mais’... ‘a reação química seria melhor – em uma próxima oportunidade para a construção dos modelos de foguetes, os estudantes poderão se atentarem a mistura dos reagentes].
	“entender como funciona as reações químicas”. A proposta didática possibilitou que os estudantes pudessem observar fenômenos, como a mistura de reagentes, formando o propulsor do foguete. Isso colabora na percepção dos aprendizes sobre as ferramentas tecnológicas, bem como os conceitos sociocientíficos: ocorrências e evidências das transformações químicas e físicas.
	“entender como funciona as reações químicas, as substâncias para fazer misturas e também como funciona a pressão pra poder lançar o foguete que envolve toda uma parte física e química”. Este extrato aponta uma discussão crítica, ainda que inicial, sobre os conceitos sociocientíficos e as modelizações de foguetes. Também podemos perceber que os estudantes transitam pelos diferentes conteúdos de Ciências, superando a visão compartimentada na própria área do conhecimento. Ações temáticas, fundamentadas na educação CTS, em que envolve os discentes, podem possibilitar a superação de um ensino fragmentado [por mais que isso já venha sendo investigado na literatura, ainda precisamos nos atentar a propostas que, de fato, superem o ensino fragmentado].
Excertos de entrevistas: (Fabiana): <u>se o meu grupo tivesse misturado mais o fermento e o vinagre, a reação química seria melhor.</u> (Ana): Ah, é muito bom! Eu acho que ajuda a gente a <u>entender como funciona as reações químicas, as substâncias para fazer misturas e também como funciona a pressão pra poder lançar o foguete que envolve toda uma parte física e química.</u> Assim é melhor do que aprender só na sala de aula.	
Categoria gerada após análise de todas as falas pela técnica de síntese: Conceitos sociocientíficos.	

Quadro 4: Categoria de análise – posicionamento crítico

Unidade de análise e categoria: Avaliação da proposta, por parte dos estudantes, e tomada de decisão, com posicionamento crítico.	
Modo de coleta: Entrevista semiestruturada	
Unidade de contexto	Avaliação.
Unidades de registro (temas)	“é muito importante ter essas atividades na escola, com conhecimentos que a gente adquirir”. Além dos conteúdos específicos de Ciências, Astronáutica e Astronomia, que podemos abordar durante a realização do projeto, possibilitamos a socialização, o trabalho em equipe e estimulamos a inserção em um processo de resolução de problemas, pontos fundamentais na educação CTS.
	“acabou estragando o meu foguete para fazer o lançamento, vamos fazer outro dia para lançar de novo?”; “quero lançar de novo”; “o próximo vai mais longe”. Percebe-se que as atividades favoreceram o posicionamento crítico, inclusive para os estudantes se sentirem pertencentes às proposições da escola. Quando o aluno aponta a falha ao colocar um foguete na base de lançamento, pode caracterizar a criticidade por meio da tomada de decisão. Quando os estudantes sugerem uma nova oportunidade para mostrar os trabalhos, podemos entender que as atividades tiveram impacto na escola e possibilitaram os discentes a serem protagonistas das ações e esse pode ser um dos motivos dos estudantes quererem proposições dessa natureza em outros momentos.
	“foi demorado para construir por isso foi longe, o próximo vai mais longe”. Este excerto mostra que os estudantes tiveram um envolvimento com a proposição na escola e já conseguem vislumbrar possibilidades para outros modelos de foguetes – isso mostra o posicionamento dos estudantes em melhorar o desempenho dos modelos.
Excertos de entrevistas: (Fabiana): Éh, foi uma proposta boa, eu interpreto muito bem essa questão, que eu acho assim, que é muito importante ter essas <u>atividades na escola, com conhecimentos que a gente adquirir, que nós adquirimos.</u> (José): <u>acabou estragando o meu foguete para fazer o lançamento, vamos fazer outro dia para lançar de novo?</u> (Pedro): Professor, o meu foguete ficou prejudicado por causa da plataforma, ele foi solto antes da pressão ideal, <u>quero fazer de novo.</u> (Ilda): o meu foguete <u>foi demorado para construir por isso foi longe, o próximo vai mais longe.</u>	
Categoria gerada após análise de todas as falas pela técnica de síntese: Posicionamento crítico dos estudantes.	

objetivos formativos da área; b) às questões sociocientíficas (QSC); c) à interdisciplinaridade; d) à capacidade de argumentar.” (p. 99).

Desta forma, consideramos importante pontuar que os modelos de foguetes, construídos por meio da garrafa PET, possibilitam discutir temas escolares (Souza, 2007), como transformações da matéria, geometria, reações químicas, entre outros. Para tanto, destaca-se que o docente não pode desprezar a simplicidade e a importância de estratégias didático-pedagógicas, relativamente simples, mas que superam os aspectos teóricos, geralmente trabalhados em sala de aula.

Acreditamos no potencial transformador que a divulgação de ações como as apresentadas neste artigo possui, já que podem inspirar e mobilizar proposições que vão ao encontro do que acreditamos: superar o ensino de Ciências fragmentado, compartimentado e deslocado do contexto de realidade, sem valorizar a participação ativa e crítica dos estudantes durante as atividades de ensino-aprendizagem.

Paulo Vitor Teodoro de Souza (paulovitorteodoro@yahoo.com.br) é licenciado em

Química e mestre em Ensino de Ciências pela Universidade Federal de Uberlândia (UFU). É docente do quadro permanente no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano (IF Goiano) e cursa doutorado em Educação em Ciências na Universidade de Brasília (UnB). Atuou como coordenador de Iniciação Científica e Tecnológica (2015), gerente de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação (2015-2018) e coordenador do Programa de Pós-Graduação (Lato Sensu) em Ensino de Ciências e Matemática (2016-2018) no IF Goiano – Campus Catalão. Catalão, GO – BR. **Nicea Quintino Amauro** (nicea.ufu@gmail.com) possui bacharelado em Química pela Universidade de São Paulo (USP), desenvolvida no Instituto de Química de São Carlos – IQSC e concluída no ano de 2001. Doutora e mestre em Ciências nesta mesma instituição. Atualmente é professora adjunta, nível 3, da UFU, lotada no Instituto de Química. É credenciada no Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática (PPGECM) e do Programa de Pós-graduação em Química (PPQUI) da UFU. Uberlândia, MG – BR. **Marcos Fernandes-Sobrinho** (marcos.fernandes@ifgoiano.edu.br) é graduado em Física pela UFU, bacharel em Administração pela Faculdade de Administração de Brasília (FAAB), especialista em Física pela UFU, mestre e doutor em Educação em Ciências e Matemática pela UnB com estudos de pós-doutorado pelo Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência, da Faculdade de Ciências, na Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (PPGE/FC/Unesp/Bauru). É professor D-IV (associado II) do quadro de pessoal permanente da área de Física Aplicada e coordenador do curso em Biotecnologia, do IF Goiano - Campus Urutá. É docente permanente no Mestrado em Educação Profissional Tecnológica (ProfePT/IF Goiano) e no Programa de Pós-Graduação em Gestão Organizacional da Universidade Federal de Catalão (PPGO/UFCat). Grupos de Pesquisa CNPq: EduCAME - Educação Científica, Avaliação e Materiais de Ensino (IF Goiano) e AvFormativa - Educação Continuada de Professores e Avaliação Formativa (Unesp). Urutá, GO – BR.

Referências

AIKENHEAD, G. S. What is STS science teaching? In: SOLOMON, J. e AIKENHEAD, G. S. (Eds.). *STS education: international perspectives on reform*. New York: Teachers College Press, 1994, p. 47-59.

BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições 70, 2011.

BRASIL, Ministério da Educação. *Base nacional comum curricular*. Versão encaminhada ao CNE. Brasília: MEC, 2018. Disponível em http://basenacionalcomum.mec.gov.br/wp-content/uploads/2018/04/BNCC_EnsinoMedio_embaixa_site.pdf, acessado em Junho 2018.

_____, _____. Secretaria de Educação Básica, Secretaria de Educação Continuada, Alfabetização, Diversidade e Inclusão, Conselho Nacional da Educação. *Diretrizes curriculares nacionais gerais da educação básica*. Brasília: MEC, 2013.

CUZINATTO, R. R.; D'AMBROSIO, A. M.; ANDRADE, H. F.; DUARTE, B. R.; LORENCETTI, V. C.; MAÉSTRI, S. A.; MARTINS, R. D. e TOLEDO FILHO, M. F. Rocketeers UNIFAL-MG: o ensino de física através do lançamento de foguetes artesanais. *Revista Ciência em Extensão*, v. 11, n. 3, p. 40-62, 2015.

DÍAZ, J. A. A.; ALONSO, Á. V. e MAS, M. A. M. Papel de la educación CTS en una alfabetización científica y tecnológica para todas las personas. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 2, n. 2, p. 80-11, 2003.

ENGEL, G. I. Pesquisa-ação. *Educar em Revista*, n. 16, p. 181-191, 2000.

FERNANDES-SOBRINHO, M. Enunciative texts present in physical issues of editions of a brazilian national exam as possible triggers of socio-scientific discussions. *Creative Education*, v. 9, p. 308-321, 2018.

_____. *Temas sociocientíficos no Enem e no livro didático: limitações e potencialidades para o ensino de Física*. Tese

(Doutorado em Educação em Ciências e Matemática). Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

FLETCHER, A. S.; CATO, J. A.; BARRET, J. A. e HUEBNER, J. S. Micro-rockets for the classroom. *American Journal of Physics*, v. 67, p. 1031-1033, 1999.

JAYARAM, S.; BOYER, L.; GEORGE, J.; RAVINDRA, K. e MITCHELL, K. Project-based introduction to aerospace engineering course: a model rocket. *Acta Astronautica*, n. 66, p. 1525-1533, 2010.

JOHNSTONE, A. Macro and microchemistry. *School Science Review*, v. 64, n. 227, p. 377-379, 1982.

KAGAN, D.; BUCHHOLTZ, L. e KLEIN, L. Soda-bottle water rockets. *The Physics Teacher*, v. 33, p. 150-157, 1995.

LEÃO, M. F.; OLIVEIRA, E. C. e DEL PINO, J. C. Formação de professores voltada para promover aprendizagens com significado por meio de um ensino dinâmico. *Pedagogia em Foco*, v. 10, n. 4, p. 4-18, 2015.

MARTÍNEZ, L. e ROJAS, A. Estrategia didáctica con enfoque ciencia, tecnología, sociedad y ambiente, para la enseñanza de aspectos de Bioquímica. *TEΔ*, v. 19, p. 44-62, 2006. Disponível em <http://www.alternaciencias.com/PDFs/Alterna/LineaCTSAGrupoAlternacienciasUPN2011%202/ArticulosEnRevistas/1042-3664-1-PB.pdf>, acessado em Junho 2018.

OLIVEIRA, A. C. Viagem às alturas: confecção de foguetes com garrafas PET. *EBR – Educação Básica Revista*, v. 1, n. 2, p. 135-141, 2015.

QUEIROZ, A. M. e CUZINATTO, R. R. O efeito do arrasto no lançamento de foguetes artesanais: aspectos teóricos. *Revista Brasileira de Iniciação Científica*, v. 4, n. 2, p. 82-109, 2017.

ROMERO, A. P. e DÍAZ, J. A. Proyectos e materiales curriculares para la educación CTS: enfoques, estructuras, contenidos e ejemplos. *Bordon*, v. 54, n. 1, p. 5-18, 2002.

ROSA, M. I. F. P. S. e SCHNETZLER, R. P. Sobre a importância do conceito de transformação química no processo

de aquisição do conhecimento químico. *Química Nova na Escola*, n. 8, p. 31-35, 1998.

SANTOS, W. L. P. Significados da educação científica com enfoque CTS. In: SANTOS, W. P. e AULER, D. (Orgs.). *CTS e educação científica: desafios, tendências e resultados de pesquisa*. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2011. p. 21-48.

STRIEDER, R. B.; SILVA, K. M. A.; FERNANDES-SOBRINHO, M. e SANTOS, W. L. P. A educação CTS possui

respaldo em documentos oficiais brasileiros? *ACTIO*, v. 1, n. 1, p. 87-107, 2016. Disponível em <https://periodicos.utfr.edu.br/actio/article/view/4795>, acessado em Junho 2018.

SOUZA, J. A. Um foguete de garrafas PET. *Física na Escola*, v. 8, n. 2, p. 4-11, 2007.

TOMITA, N.; WATANABE, R. e NEBYLOV, A. V. Hands-on education system using water rocket. *Acta Astronautica*, n. 63, p. 1116-1120, 2007.

Abstract: *Astronautical Modeling in the Perspective of STS Education: Proposal of Integrative Activity in the Teaching of Sciences.* In this article, we present the results of a proposal of pedagogical activity taking aspects of the Science-Technology-Society interrelationships (STS), in which the actions carried out appropriated the construction and the launching of models of rockets developed from bottles of polyethylene terephthalate (PET). The research was developed during 9 (nine) Chemistry classes in a public school, in the interior of the Center-West region, in the state of Goiás, Brazil. The results point to it as a viable didactic alternative to reach the assumptions of STS education, since it inserts the students in moments of evaluation of problem situations, critical and responsible decision making, and also offers elements to overcome the vision of teaching-compartmentalized learning of scientific and technological knowledge. They also point to STS education as an important and feasible ally for the teaching and learning of concepts related to Chemistry, Physics, Mathematics and the Arts, through the contextualization of knowledge and interdisciplinarity.

Keywords: STS education, pedagogical intervention, rockets

Anexo

Descrição para a Elaboração dos Modelos de Foguetes

Cada grupo poderia utilizar da criatividade e buscar formas para construção dos foguetes e das bases de lançamento, assim como os grupos poderiam se orientar pelos manuais e vídeos disponibilizados no *site* da Mobfog (www.oba.org.br). Para confecção dos modelos, a forma mais simples de construção que os estudantes, e nós professores, encontramos foi utilizando os materiais: 2 garrafas PET, fita adesiva, papelão e tesoura.

A possibilidade de construção, inicialmente, foi para cortar a parte superior de uma das garrafas, pois essa seria o “bico” do foguete, como mostra a Figura 1. Da garrafa que foi cortada, retiramos, da parte central, 10 cm, aproximadamente, da garrafa. Essa parte foi utilizada para fazer a “saia” do modelo, ainda como mostra a Figura 1.

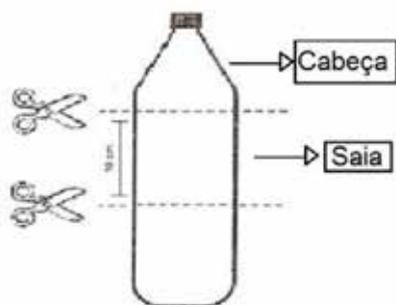


Figura 1: Recorte do bico e da saia do foguete. Fonte: elaboração própria dos autores.

Posteriormente, inserimos o bico da garrafa e a saia na outra garrafa. Colocamos uma pequena quantidade de areia, aproximadamente 20 g, em um saco plástico, e, em seguida, no bico do foguete, prendendo-a com a tampa da garrafa, como mostra a Figura 2. Depois encaixamos o bico e a saia na outra garrafa, como mostra a Figura 3.

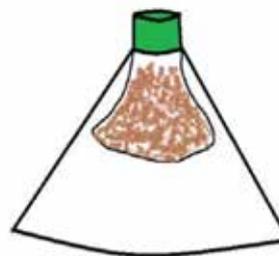


Figura 2: Bico do foguete com areia. Fonte: elaboração própria dos autores.

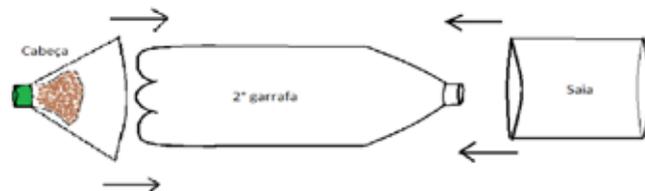


Figura 3: Encaixe do bico e a saia no foguete. Fonte: elaboração própria dos autores.

Em seguida fixamos, com a fita adesiva, o bico e a saia no foguete. Por fim, cortamos o papelão em um formato de trapézio, com quatro abas, para serem fixadas, também com a fita adesiva, no modelo do foguete. Colamos as quatro aletas como mostrado na Figura 4.

Para inserir o vinagre e o fermento dentro da garrafa PET, a qual fez o papel do corpo do foguete, utilizamos uma bexiga inflável, um funil de plástico e, ainda, 0,5 m de cano PVC, de aproximadamente 2,5 cm de diâmetro. Primeiro inserimos parte do balão dentro da garrafa, de modo que a abertura da bexiga estivesse ao lado externo do foguete. Com o auxílio do tubo de PVC e o funil, introduzimos o vinagre no balão. O tubo de cano PVC é necessário para que o vinagre tenha pressão suficiente para encher o balão. Após inserir o vinagre na bexiga, que por sua vez está dentro da garrafa, amarramos

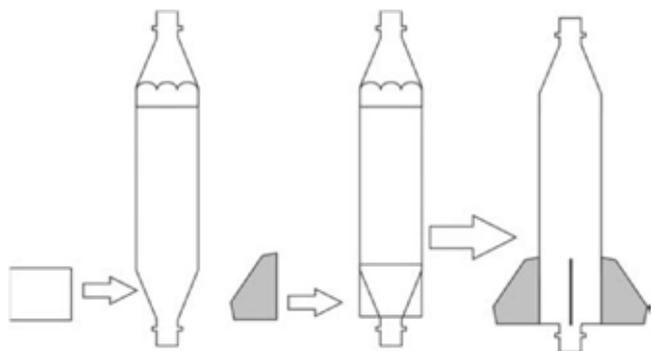


Figura 4: Estrutura do foguete com as aletas. Fonte: elaboração própria dos autores.

e soltamos o balão dentro do foguete. Depois, inserimos na garrafa, novamente com o auxílio do funil, o bicarbonato de sódio. Dessa forma percebe-se que os reagentes não estão em contato. Fixamos, então, um espeto de madeira na plataforma de lançamento e, quando inserimos o foguete nessa plataforma, a bexiga estourou. Com os reagentes em contato, a reação química teve condições para iniciar.

Outras possibilidades para construção de modelos de foguetes, assim como plataformas de lançamento, podem ser acessadas em Souza (2007); Tomita *et al.* (2007); Cuzinato *et al.* (2015); Cuzinato *et al.* (2017).

Referências

- CUZINATTO, R. R.; D'AMBROSIO, A. M.; ANDRADE, H. F.; DUARTE, B. R.; LORENCETTI, V. C.; MAÉSTRI, S. A.; MARTINS, R. D. e TOLEDO FILHO, M. F. Rocketeers UNIFAL-MG: o ensino de física através do lançamento de foguetes artesanais. *Revista Ciência em Extensão*, v. 11, n. 3, p. 40-62, 2015.
- _____; _____. QUEIROZ, A. M.; TOLEDO FILHO, M. F.; DUARTE, B. R.; LORENCETTI, V. C.; MAÉSTRI, S. A. e MARTINS, R. D. Construindo um foguete de garrafas PET e sua base de lançamento de PVC: o protótipo Rocketeers. *Física na Escola*, v. 15, n. 1, p. 51-59, 2017.
- SOUZA, J. A. Um foguete de garrafas PET. *Física na Escola*, v. 8, n. 2, p. 4-11, 2007.
- TOMITA, N.; WATANABE, R. e NEBYLOV, A. V. Hands-on education system using water rocket. *Acta Astronautica*, n. 63, p. 1116-1120, 2007.

Estudo da Motivação do Aluno no Processo de Ensino e Aprendizagem Promovida pelo Uso de Modelos Moleculares, Validado por Meio de Áudio e Vídeo

Paulo H. Fabri e Rosana A. Giacomini

Este trabalho buscou construir uma metodologia para validar o estudo da relação da motivação do aluno com o processo de ensino e aprendizagem, frente à realização de estratégias didáticas lúdicas como instrumento de motivação. Para investigar a influência das estratégias na aprendizagem, utilizaram-se os instrumentos: avaliações diagnóstica e continuada, questionário autoavaliativo (escala Likert), registro no caderno de observação e videograções. A pesquisa foi realizada com alunos do curso de Engenharia de Pesca nas disciplinas de Química Geral e Química Orgânica. Por meio das avaliações diagnóstica e continuada, observou-se que os alunos de ambas as turmas tiveram uma grande evolução conceitual. Pela análise dos questionários autoavaliativos, notou-se que todos os alunos se declararam mais motivados em estudar. Ao final, esses dados foram validados com o auxílio de gravações de áudio e vídeo e com os registros presentes no caderno de observações do professor pesquisador.

► motivação do aluno, modelos moleculares concretos, videograções ◀

Recebido em 27/08/2017, aceito em 20/10/2017

A literatura aponta um grande desinteresse dos alunos pela química, que consideram uma disciplina de difícil compreensão e não sabem a finalidade de estudá-la e aprendê-la (Cardoso e Colinvaux, 2000; Silva e Silva, 2008; Santos *et al.*, 2013; Pessoa e Alves, 2015). Esse fato é decorrente de um ensino tradicional, no qual não se prioriza o processo de construção do conhecimento por parte do aluno, mas se enfatiza somente os aspectos conceituais, as definições de leis, a memorização de conteúdos isolados e a transmissão de conhecimentos sem nenhuma relação com as transformações da natureza (Trassi *et al.*, 2001).

Diretrizes mais amplas para o ensino brasileiro foram estabelecidas a fim de proporcionar ao aluno uma formação crítica para que seja capaz de atuar de forma consciente na sociedade em que vive, além de viabilizar um preparo para sua vida profissional. Professores e pesquisadores têm proposto diferentes estratégias e metodologias de ensino mais modernas, acessíveis e de baixo custo, a fim de motivar o aluno e contribuir no desenvolvimento de habilidades e competências

propostas pelos Parâmetros Curriculares Nacionais (Brasil, 2000; Trassi *et al.*, 2001; Justi e Mendonça, 2008).

Para Miranda (2002), a atividade lúdica é vista como ferramenta de aprendizagem, pois pode proporcionar o desenvolvimento cognitivo, promover a socialização, desenvolver a criatividade e tornar o estudante mais interessado e motivado. Atividade lúdica é toda aquela que produz satisfação a partir da sua realização. Por esta razão, pode-se dizer que as atividades lúdicas têm uma relação direta com o grau de motivação e, conseqüentemente, com a aprendizagem do indivíduo (Macedo *et al.*, 2005). De acordo com esta definição, atividade lúdica pode ser caracterizada por diversas práticas que comumente são utilizadas como recursos de ensino, tais como: música, teatro, vídeos, dança, jogos, dentre todas aquelas que podem despertar o interesse e a motivação em sua realização (Sá, 2010).

Outro recurso muito utilizado por professores, principalmente no ensino da química, são modelos moleculares construídos por diferentes tipos de materiais. Observa-se que o uso desse tipo de recurso motiva o aluno na construção de estruturas moleculares de forma semelhante ao manuseio de blocos do tipo Lego e, por essa razão, considera-se que o uso de modelos moleculares é uma atividade lúdica.

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.

Estudos demonstram que o uso de modelos moleculares facilita o processo de ensino e aprendizagem, contribuindo na capacidade de abstração do aluno (Abraham *et al.*, 2010; Al-Balushi e Al-Hajrib, 2014).

Segundo Al-Balushi e Al-Hajrib (2014), para compreender fenômenos químicos é importante ter o conhecimento sobre a estrutura das moléculas e como elas interagem entre si. Para isso, é necessário visualizar mentalmente as moléculas e suas interações. Na linguagem da química, essas representações são expressas de diversas formas, como por exemplo, equações, modelos moleculares concretos, desenhos, gráficos, mapas, tabelas, analogias, animações e simulações em computador. Essas representações ajudam os alunos a entenderem conceitos chave, a se comunicarem cientificamente e, principalmente, a compreenderem as inter-relações entre os três níveis da química: macroscópico, submicroscópico e simbólico. Além disso, pode levar o aluno a ter maior motivação em seu processo de aprendizagem (Ghaffari, 2006; Abraham *et al.*, 2010; Al-Balushi e Al-Hajrib, 2014).

Com relação à motivação dos alunos, Alcará e Guimarães (2007) dizem:

No contexto educacional, a motivação dos alunos é um importante desafio a ser enfrentado, pois tem implicações diretas na qualidade do envolvimento do aluno com o processo de ensino e aprendizagem. O aluno motivado busca novos conhecimentos e oportunidades, mostrando-se envolvido com o processo de aprendizagem, envolve-se nas tarefas com entusiasmo e demonstra disposição para novos desafios (Alcará e Guimarães, 2007, p. 177).

Segundo Siqueira e Wechsler (2006), a motivação era considerada uma pré-condição importante para a aprendizagem. Com o aumento do interesse no estudo dos aspectos motivacionais no ensino, as pesquisas realizadas demonstraram que há uma relação recíproca entre aprendizagem e motivação. Ou seja, a motivação do aluno é primordial para promover a aprendizagem, bem como a aprendizagem interfere na motivação.

No estudo da motivação relacionado ao aprendizado escolar, é destacado o conceito de motivação intrínseca e extrínseca. A motivação extrínseca está relacionada ao interesse do aluno em receber uma recompensa externa ou social ao realizar uma determinada atividade. Nesse caso, o aluno está mais preocupado com o julgamento de outros, como dos pais e/ou dos professores, ou seja, o aluno realiza a tarefa com o intuito de receber elogios, ter reconhecimento ou para não ser repreendido. A motivação intrínseca está relacionada com os

Segundo Siqueira e Wechsler (2006), a motivação era considerada uma pré-condição importante para a aprendizagem. Com o aumento do interesse no estudo dos aspectos motivacionais no ensino, as pesquisas realizadas demonstraram que há uma relação recíproca entre aprendizagem e motivação. Ou seja, a motivação do aluno é primordial para promover a aprendizagem, bem como a aprendizagem interfere na motivação.

fatores internos do aluno, com seus interesses. Nesse caso, não há necessidade de recompensas, visto que a atividade em si gera satisfação, pois o aluno a considera agradável (Siqueira e Wechsler, 2006).

O Uso de Modelos Moleculares no Ensino

Modelos podem ser definidos como uma representação simples de um fenômeno, de um objeto ou até mesmo de um conceito. A finalidade de qualquer tipo de modelo é auxiliar na compreensão de conteúdos abstratos facilitando o pensamento científico. Os modelos moleculares são modelos teóricos que ajudam a compreender a estrutura atômica e suas interações (Migliato Filho, 2005).

Na segunda metade do século 19, houve o desenvolvimento da teoria estrutural e da estereoquímica. A partir desse momento, saber e compreender a estrutura de um composto molecular passa a ser primordial para o estudo das propriedades físicas e químicas desse composto. Ao longo do tempo, surgiram diversas técnicas e convenções para representar visualmente as estruturas tridimensionais das moléculas sobre um espaço gráfico bidimensional. Além disso, outra forma de representação adotada pelos químicos tem sido a de modelagem molecular física, isto é, a representação por meio de estruturas moleculares reais, estruturas físicas, chamadas geralmente apenas de modelos moleculares. Esses modelos são utilizados como estruturas tridimensionais que representam a posição espacial dos átomos e as ligações entre eles (Francoeur, 2000; Siodłak, 2013).

Vários tipos de modelos têm sido desenvolvidos ao longo dos tempos, desde estruturas de arame até o modelo estrutural criado por Corey, Pauling e Koltun, conhecido como modelo CPK (Hageman, 2010). Os modelos vendidos no comércio são usualmente caros e, portanto, não são muito acessíveis. Por isso, diversos modelos moleculares produzidos com materiais de fácil obtenção e de baixo custo estão cada vez mais presentes nos trabalhos de pesquisa e no ensino. Tais pesquisas

demonstram que o uso desses modelos criados com materiais reciclados é tão eficiente quanto os comerciais, além de se ter acesso a um número ilimitado dos mesmos (p. ex., Ghaffari, 2006; Mateus e Moreira, 2007; Carneiro *et al.*, 2011; Siodłak, 2013). Os modelos moleculares podem ser usados em todos os níveis da educação, sendo sua aplicação limitada apenas pela imaginação.

Segundo Ghaffari (2006), os modelos moleculares ajudam o aluno a visualizar a geometria molecular, estudar as reações químicas a nível molecular e a conceituar a natureza física e química das moléculas. Em seu trabalho, o autor faz uma abordagem utilizando modelos moleculares para contribuir na aprendizagem sobre conceitos básicos de química geral. Os resultados obtidos

demonstraram que os alunos conseguiram com facilidade estabelecer a relação entre os modelos e os conceitos abordados, além de se envolverem ativamente no processo de aprendizagem.

De acordo com Al-Balushi e Al-Hajrib (2014), a utilização de modelos moleculares no estudo da química orgânica contribui no entendimento da conectividade dos átomos, da quiralidade das substâncias, do ângulo de ligação e do comprimento de ligação. Além disso, a visualização tridimensional das moléculas por meio dos modelos facilita a compreensão dos conceitos de estequiometria e ajuda o estudante a entender e a prever a reatividade química e as propriedades físicas dos compostos.

Francoeur (2000) demonstra em seu trabalho que a utilização de modelos moleculares vem sendo realizada em pesquisas e projetos como entidades conceituais para articular os conhecimentos e as experiências. Os modelos são usados como apoio importante no estudo da estereoquímica, pois contribuem na visualização da conformação da estrutura molecular, facilitando a análise das implicações que uma determinada estrutura pode causar não apenas às propriedades geométricas complexas, mas também às propriedades mecânicas, à flexibilidade e rigidez, dentre outras. O autor acredita que os modelos moleculares foram importantes historicamente, pois contribuíram na identificação das propriedades mecânicas das estruturas e na construção do conhecimento, por meio da pesquisa, sobre os arranjos espaciais dos átomos.

Hageman (2010) propõe que os próprios alunos construam seus modelos moleculares para utilizá-los no curso de bioquímica. O autor demonstra que a construção e manipulação de modelos moleculares é uma estratégia que contribui de forma significativa na compreensão de conceitos químicos e bioquímicos, pois aumenta o envolvimento e interesse do aluno pelas atividades desenvolvidas, resultando em um melhor aprendizado. Esse processo torna mais evidente a importância do uso de modelos moleculares no ensino.

Tendo em vista os trabalhos citados, é notório que o uso de modelos moleculares concretos como um instrumento facilitador do processo de ensino e aprendizagem é de grande valor, pois contribui na assimilação e no aprendizado de conceitos químicos, facilita a visualização das ligações entre os átomos e a compreensão do seu arranjo espacial (Carneiro *et al.*, 2011), além de ser motivador para o aluno, aumentando sua atenção e interesse pelo conteúdo (Rocha e Cavicchioli, 2005).

A Motivação do Aluno e sua Relação com a Aprendizagem

Despertar o interesse nos alunos e torná-los motivados para aprender, seja por meio de fatores internos e/ou externos, é essencial para se alcançar resultados positivos e expressivos no que diz respeito ao processo de ensino-aprendizagem (Severo e Kasseboehmer, 2017). As estratégias de ensino têm sido muito utilizadas para promover essa motivação, no entanto, é importante avaliar qual a relação delas com a motivação e o aprendizado e, principalmente, propor

estratégias didáticas que, de fato, contribuam no processo de educação (Maieski, 2011; Morais e Santos, 2016).

Segundo Bzuneck (2009), motivação ou motivo é um impulso que faz com que uma pessoa se movimente, aja de forma a mudar seu percurso para atingir seus objetivos. A motivação é vista como fatores psicológicos ou como um processo e não apenas um produto. Dessa forma, o estudo e compreensão da motivação são realizados por meio da observação de alguns comportamentos e nunca de forma direta. No que diz respeito à motivação para aprendizagem, o meio escolar deve ser levado em consideração devido à grande diversidade e especialidade presentes nesse ambiente. De forma geral, as tarefas realizadas pelos alunos na escola são atividades mentais que exigem atenção, concentração, comunicação, expressão, raciocínio, processamento de dados, dentre outras (Siqueira e Wechsler, 2006; Bzuneck, 2009).

Segundo a literatura, o domínio e o uso de estratégias eficientes de ensino e a motivação do aluno para aprender são importantes para a compreensão da aprendizagem escolar. Essas estratégias são sequências de atividades selecionadas com o objetivo de facilitar a construção do conhecimento e fomentar o processo de ensino-aprendizagem (Bzuneck, 2009; Berger e Karabenick, 2011; Weinstein *et al.*, 2011; Perassinoto *et al.*, 2013). No entanto, não basta apenas ter o domínio sobre a utilização de estratégias de ensino, é importante que o aluno tenha motivação para executá-las e, principalmente, que a própria estratégia contribua e gere uma motivação no estudante. A motivação é um processo comportamental relacionado com o cumprimento de objetivos, é responsável por fazer o indivíduo agir (Bzuneck, 2009; Perassinoto *et al.*, 2013). Toda ação está relacionada a fatores internos ou externos e tem em si um propósito ou certa intenção. Segundo Schunk *et al.* (2013), em toda atividade a ser concretizada é primordial que o indivíduo possua como ponto de partida uma intenção. Para realizar uma atividade, agir em prol de uma determinada intenção, é necessário algum impulso físico ou mental (Bzuneck e Guimarães, 2010; Maieski, 2011; Schunk *et al.*, 2013).

No meio escolar, é comum se deparar com a falta dessa intenção, o que gera a desmotivação para aprender. Não é fácil motivar os alunos, por isso, cada vez mais, professores e pesquisadores propõem estratégias de ensino que têm o propósito de despertar em seus alunos a intenção para aprender e, além disso, podem promover o aprendizado mais significativo (Maieski, 2011; Schunk *et al.*, 2013; Severo e Kasseboehmer, 2017).

Avaliação da Motivação do Aluno Durante o Processo de Ensino e Aprendizagem

Devido à pluralidade dos elementos relacionados ao grau de envolvimento dos alunos com a aprendizagem escolar, pode-se afirmar que a avaliação da motivação do aluno, bem como dos seus efeitos no processo de ensino e aprendizagem não é uma tarefa fácil (Guimarães *et al.*, 2002). Em se tratando do ensino de ciências, isso pode ser comprovado pela literatura da área a qual carece de instrumentos que

possibilitem a verificação e a convalidação dos dados no estudo da motivação dos alunos em sala de aula.

Trabalhando em uma perspectiva mais ampla, não somente relacionada ao ensino de ciências, observa-se que alguns pesquisadores têm obtido resultados importantes para a psicologia escolar e educacional ao desenvolver e aplicar métodos para avaliar a motivação dos estudantes em aprender (Neves e Boruchovitch, 2007). De acordo com Schunk *et al.* (2013), de maneira geral, os meios de avaliação da motivação para a aprendizagem podem ser classificados segundo seu perfil metodológico em: (i) avaliar por meio de observação direta de comportamento; (ii) avaliar por meio de julgamento de outros e por relatos; e (iii) autoavaliação feita pelos próprios alunos envolvidos na pesquisa.

Os métodos que envolvem unicamente a observação consistem em registrar o esforço do aluno e sua persistência diante das dificuldades. Nesse caso, essa análise é feita pelo próprio pesquisador ou por pessoas que têm contato com o aluno e que, portanto, têm a capacidade de relatar as atitudes e ações dos estudantes (Siqueira e Wechsler, 2006; Schunk *et al.*, 2013).

Esses métodos são passíveis de distorções ou de perdas de informações, visto que o observador pode não ser capaz de acompanhar e registrar todos os acontecimentos que se passam durante a coleta de dados, ou ainda, pode deixar de registrar certos fatos por julgá-los como não importantes (Guimarães *et al.*, 2010). Embora tenha tais limitações, segundo Chiu (1997), trata-se de métodos que deveriam ser mais explorados, pois o pesquisador observa e registra com maior fidedignidade os eventos que de fato estão ocorrendo no momento da pesquisa.

Dentre os instrumentos de avaliação da motivação na aprendizagem que são encontrados na literatura, observa-se que os que envolvem a autoavaliação são os mais frequentes. Nesse caso, a análise e o julgamento da motivação do aluno em estudar determinados conteúdos são feitos pelo próprio aluno, podendo ser em forma de questionário, entrevistas, dentre outros, que buscam indagar sobre suas ações, seus sentimentos e suas crenças (Siqueira e Wechsler, 2006; Schunk *et al.*, 2013).

De acordo com Fraser (1998), ao contrário dos métodos de observação direta e registro, o método de autoavaliação apresenta a vantagem de obter informações de caráter interno e sobre o ambiente da pesquisa fornecidas pelos próprios participantes. Como os alunos se conhecem melhor, devido ao convívio mais próximo, eles podem fornecer informações bastante precisas sobre as impressões de sua turma. Embora o fato de o próprio estudante avaliar a sua motivação apresente

as vantagens citadas, há um risco de se obter informações distorcidas, uma vez que o aluno pode não ser sincero por medo de possível retaliação por parte do professor ou ainda, por interesse de obter vantagens em sua avaliação. Também não se pode descartar a possibilidade de o aluno não saber se expressar corretamente ou estar desinteressado em responder o questionário (Guimarães *et al.*, 2010).

Segundo Guimarães *et al.* (2010), pesquisas envolvendo o método de autoavaliação são muito utilizadas tanto na obtenção de dados qualitativos quanto quantitativos, sendo muito comum o uso de escalas de mensuração ou de questionários do tipo Likert. Sobre essas escalas, os autores afirmam:

É característica das escalas de mensuração a apresentação de itens ou questões, que são estímulos elaborados ou pistas destinadas a ativar as representações cognitivas ou estruturas de conhecimento armazenado. O participante responderá a cada item marcando o grau que julgar verdadeiro, com o que concorda, ou com que frequência ocorre um comportamento etc. (Guimarães et al., 2010, p. 74).

A fim de minimizar as possíveis distorções decorrentes desse método de coleta de dados, é de extrema importância o uso de métodos que validem e confirmem precisão às medidas obtidas. Um instrumento que pode ser utilizado com

o propósito de validar pesquisas no campo educacional é a realização de videograções, pois essa técnica permite ao pesquisador uma análise mais detalhada do comportamento dos alunos, uma vez que os vídeos podem ser assistidos sempre que preciso. Além disso, a contraposição da análise do vídeo com os dados obtidos a partir da autoavaliação feita pelos alunos permite que o pesquisador identifique as incoerências observadas nas respostas dadas pelos discentes (Garcez *et al.*, 2011).

Segundo Martin (1999) e Clement (2000), a utilização de filmagens representa uma importante e flexível ferramenta para a

coleta de dados orais e visuais. Tal técnica permite registrar comportamentos valiosos pela captura de momento-a-momento de pequenos detalhes na fala e no comportamento não verbal, tais como, expressão facial, entonação de voz, gestos corporais, dentre outros. Sendo assim, trata-se de um instrumento de coleta de dados superior à mera observação humana, visto que o observador pode se distrair no momento da coleta, pode não ser capaz de memorizar todos os acontecimentos, além de não conseguir observar todos os eventos ao mesmo tempo.

Segundo Martin (1999) e Clement (2000), a utilização de filmagens representa uma importante e flexível ferramenta para a coleta de dados orais e visuais. Tal técnica permite registrar comportamentos valiosos pela captura de momento-a-momento de pequenos detalhes na fala e no comportamento não verbal, tais como, expressão facial, entonação de voz, gestos corporais, dentre outros. Sendo assim, trata-se de um instrumento de coleta de dados superior à mera observação humana, visto que o observador pode se distrair no momento da coleta, pode não ser capaz de memorizar todos os acontecimentos, além de não conseguir observar todos os eventos ao mesmo tempo.

Diante do exposto, este estudo visa investigar a relação da motivação do aluno com o processo de ensino e aprendizagem e identificar quais instrumentos podem ser utilizados para convalidar os dados, uma vez que apenas a análise da opinião e da nota dos estudantes nem sempre são suficientes ou coerentes. Nesse sentido, este trabalho propôs a construção e execução de uma metodologia para estudar e validar os dados obtidos sobre o desempenho do aluno frente à realização de atividades lúdicas atuando como instrumento de motivação.

Metodologia

A proposta foi aplicada na disciplina de Química Geral e Experimental (QGE), cuja turma continha um total de 27 alunos e na disciplina de Química Orgânica (QO), que contava com um total de 37 alunos. As disciplinas fazem parte, respectivamente, do primeiro e segundo semestres da matriz curricular do curso de graduação em Engenharia de Pesca.

A fim de avaliar a motivação do aluno durante o estudo de temas relacionados à geometria molecular e às funções orgânicas por meio do uso de modelos moleculares concretos, utilizaram-se os seguintes instrumentos para coleta de dados: avaliações diagnósticas, propostas didáticas para estudar os conteúdos, questionário autoavaliativo e avaliações finais. Além disso, foram registradas, em um diário, as observações feitas pelo professor pesquisador sobre o desenvolvimento das atividades em sala. Todas as informações obtidas por esses instrumentos foram validadas por meio de gravações de áudio e imagem realizadas durante a aplicação de toda a estratégia de ensino.

A avaliação diagnóstica foi elaborada com o intuito de investigar os conhecimentos prévios dos alunos sobre os conteúdos que seriam estudados. Para isso, na turma de QGE, foi aplicada uma avaliação que abordava os conteúdos de ligações químicas, geometria molecular e polaridade das ligações. Na turma de QO, a avaliação envolvia os conteúdos de funções orgânicas, propriedades físicas (interações intermoleculares) e estereoquímica. A coleta de dados por meio da avaliação diagnóstica foi feita em sala de aula, de forma escrita, individual, sem consulta e com prazo total de 2 aulas para resolução. Os alunos foram orientados a responder com seriedade e a apresentar suas ideias com a maior riqueza de detalhes possível.

Após a aplicação da avaliação diagnóstica, iniciaram-se as atividades propostas nas estratégias de ensino com cada turma. A sequência didática proposta para a turma de QGE era composta por 3 (três) atividades realizadas em grupo e que tinham como objetivo geral utilizar modelos moleculares concretos para auxiliar o aluno a compreender a distribuição dos átomos no espaço em um composto molecular. Essa estratégia de ensino foi desenvolvida em 3 encontros de 2 aulas cada. A sequência didática proposta para a turma de QO era constituída por 5 atividades que visavam à utilização de modelos moleculares concretos para auxiliar o aluno na compreensão das estruturas dos compostos orgânicos. Todas

essas atividades foram realizadas em grupos e desenvolvidas em 5 encontros de 2 aulas cada.

Em ambas as turmas as propostas contaram com a utilização de modelos moleculares concretos como um instrumento que contribui na visualização das moléculas e sua disposição espacial, assim como no entendimento dos conteúdos estudados. Os modelos moleculares utilizados no presente trabalho foram feitos com garrafas PET, tinta a óleo, rebites e eletrotubos, conforme idealizado por Mateus e Moreira (2007). As duas estratégias de ensino continham apenas questões discursivas em que os alunos debatiam no seu grupo utilizando o modelo molecular para respondê-las. Após esse momento, o professor pesquisador promovia uma discussão entre toda a turma até que a construção dos conceitos estudados estivesse bem estabelecida. Durante todo o desenvolvimento da proposta o professor pesquisador contextualizou os conteúdos abordados por meio de exemplos do cotidiano e discussões com a turma, enfatizando a relação entre o que foi estudado e as competências de um Engenheiro de Pesca. Estabelecer as relações dos conteúdos estudados com a vivência do aluno em seu cotidiano, bem como com outras áreas do conhecimento, desempenha um papel fundamental no processo de aprendizagem e no preparo para o exercício da cidadania (Wartha e Faljoni-Alário, 2005). Segundo Santos (2007), a contextualização do ensino é um método que aumenta a motivação do aluno e facilita a aprendizagem.

Todas as atividades das estratégias de ensino, desenvolvidas com as duas turmas, foram gravadas (áudio e imagem). Esse recurso foi utilizado com o propósito de capturar com detalhes o comportamento e o envolvimento dos alunos durante a realização das atividades propostas. Dessa forma, o professor pesquisador teve acesso a informações que os demais instrumentos de coleta de dados não forneciam como, por exemplo, a interação do aluno com o seu grupo, com o professor e com os modelos moleculares concretos. Além disso, esse recurso permitiu que as ações dos alunos durante a realização das atividades fossem analisadas quantas vezes necessárias para a interpretação, a validação e a triangulação entre os dados obtidos com os demais instrumentos.

Ao final da execução das estratégias, os alunos tiveram seus conhecimentos novamente avaliados por meio de uma avaliação final e responderam a um questionário autoavaliativo. Os dois instrumentos foram entregues simultaneamente aos alunos, os quais tiveram um período de 2 aulas para respondê-los de forma individual e sem consulta.

A avaliação final foi construída com o propósito de avaliar os conhecimentos do aluno com relação aos conteúdos estudados, bem como contrapor tais informações com os dados obtidos por meio da avaliação diagnóstica realizada antes do desenvolvimento das atividades.

O questionário autoavaliativo tinha como objetivo investigar a influência que as atividades propostas exerceram na construção do conhecimento dos alunos acerca dos conteúdos estudados. Esse instrumento continha 10 questões fechadas, cujas respostas foram organizadas em uma escala

Likert de 5 pontos, na qual o aluno deveria escolher uma dentre as 5 possibilidades: discordo totalmente, discordo parcialmente, sem opinião, concordo parcialmente e concordo totalmente.

Os dados obtidos por meio da avaliação diagnóstica e continuada (atividades da estratégia de ensino e avaliação final) foram agrupados e expressos em um gráfico do tipo coluna, a fim de se obter uma melhor compreensão e facilitar a visualização da evolução conceitual dos alunos. A nota obtida pelos estudantes por meio desses instrumentos foi expressa em conceitos de A a F. Para análise dos dados obtidos com o questionário autoavaliativo, realizou-se um diagnóstico quantitativo do grau de concordância ou discordância em relação às afirmativas presentes no questionário. Esse instrumento era composto por uma escala Likert de 5 pontos, cujas respostas eram numeradas de acordo com seu peso (1, 2, 3, 4 ou 5). Os valores menores que 3 foram considerados como discordantes e, maiores que 3, como concordantes. O valor exatamente 3 foi considerado como sem opinião. Em seguida, determinou-se a Classificação Média (CM) da pontuação atribuída às respostas, calculando a média ponderada com base no peso referente a cada opção de resposta.

Com base na escala Likert adotada no questionário autoavaliativo, era possível identificar basicamente 3 tendências que caracterizam a opinião da maioria dos alunos quanto à estratégia didática abordada. Dessa forma, se a maioria dos alunos discordasse com a afirmativa em questão, o valor da CM ficaria próximo de 1, enquanto que, se a maioria dos alunos concordasse com a afirmativa, a CM tenderia para um valor próximo de 5. Caso o valor da CM seja próximo de 3, entende-se que a estratégia de ensino não ofereceu subsídio para que o aluno pudesse emitir sua opinião sobre a questão proposta.

Os dados obtidos na presente pesquisa nas turmas de QGE e QO apresentaram um perfil de evolução do conhecimento dos alunos e uma tendência nas respostas dos questionários autoavaliativos muito similares entre si. Dessa forma, os resultados referentes a ambas as turmas são apresentados

e discutidos em conjunto, além disso, as questões do questionário autoavaliativo foram agrupadas e analisadas em blocos de similaridades. A análise desses 4 instrumentos de coleta de dados supracitados foi complementada e validada pelas observações efetuadas pelo professor pesquisador e pela análise das filmagens realizadas durante a aplicação das atividades da proposta didática.

Resultados e Discussão

Na Figura 1, são apresentadas as distribuições percentuais dos alunos de QGE e QO em função do conceito obtido por eles nas avaliações diagnóstica e continuada (atividades da estratégia de ensino e avaliação final).

Conforme pode ser visto na Figura 1, na aplicação da avaliação diagnóstica, todos os alunos de ambas as turmas (QGE e QO) apresentaram um baixo rendimento, não atingindo nem o conceito D (50-59%). Ao analisar o perfil desses alunos, verifica-se que a grande maioria deles são estudantes que terminaram o ensino médio há muito tempo e estão retomando os estudos dos conteúdos de química depois de um longo período de afastamento. Este fato pode sugerir fortemente os resultados encontrados em relação ao baixo rendimento obtidos na avaliação diagnóstica.

Por meio da Figura 1 também é possível observar o desempenho apresentado pelos alunos na avaliação continuada, a qual era composta pela avaliação das atividades desenvolvidas na estratégia de ensino e a avaliação final aplicada aos alunos após todo o desenvolvimento da estratégia didática. De maneira geral, observa-se uma grande evolução no rendimento dos alunos. Na avaliação continuada, foi identificado um perfil de distribuição dos conceitos que reflete um grau de aproveitamento satisfatório, demonstrando que houve aprendizagem dos conteúdos trabalhados. Na turma de QGE, apenas 18,5% dos estudantes não atingiram a nota mínima exigida para aprovação (60% de rendimento), os quais obtiveram notas distribuídas entre os conceitos F, E e D. Os demais 81,5% dos alunos alcançaram rendimento superior a 60%, sendo que mais da metade desses alunos

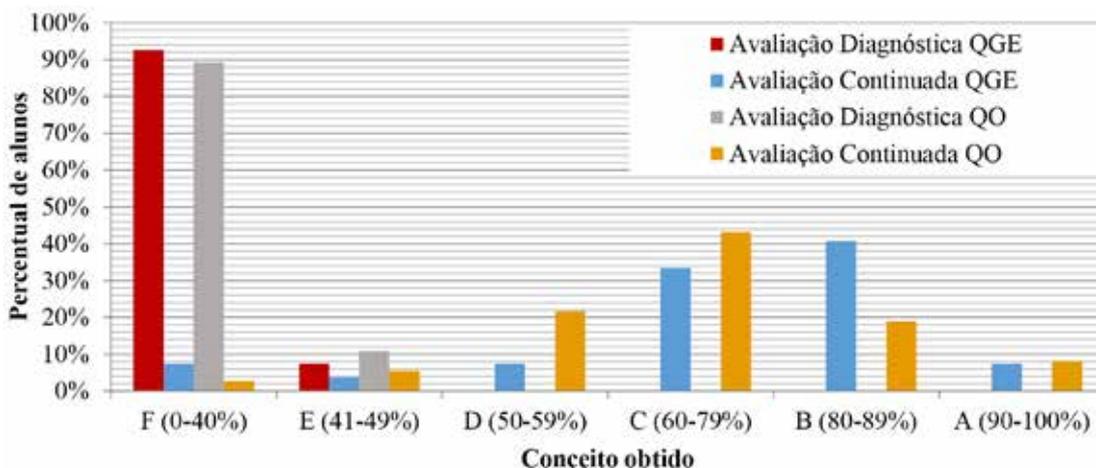


Figura 1: Distribuição percentual dos alunos de Química Geral e Experimental e Química Orgânica em função do conceito obtido por eles na avaliação diagnóstica e na avaliação continuada.

atingiram um desempenho percentual acima de 80%. A turma de QO também apresentou uma evolução no desempenho na avaliação continuada. Nesse caso, 29,7% dos estudantes não alcançaram a nota mínima exigida para aprovação (60% de rendimento), sendo que, dos alunos com rendimento baixo, a maioria obteve conceito D (50-59% de rendimento). O restante dos alunos, 70,3%, alcançou rendimento superior a 60%, sendo que mais da metade desses alunos atingiram o conceito C.

Esses dados indicam que a estratégia didática proposta e desenvolvida no presente trabalho possibilitou aos alunos uma maior compreensão dos conceitos químicos estudados, uma vez que, ao serem avaliados durante e após a realização das atividades, foi notável o avanço conceitual dos estudantes. Isso pode ser confirmado pelo aumento no desempenho obtido por eles na avaliação continuada e pelos relatos realizados do professor pesquisador em seu diário de observação.

De acordo com o professor pesquisador, as turmas de períodos anteriores que não tiveram contato com a estratégia didática e sim, tiveram aulas no formato tradicional, não obtiveram um desempenho tão significativo quanto ao observado nas turmas participantes da presente pesquisa. Os alunos das turmas anteriores apresentaram maior dificuldade na compreensão dos conteúdos estudados, além de demonstrar pouco interesse pelas aulas e baixa interação no decorrer das atividades propostas. Como consequência, obtiveram maior índice de reprovação. Com isso, é possível afirmar que a estratégia de ensino envolvendo o uso de modelos moleculares promoveu a motivação dos alunos, resultando em um aumento do interesse pelos conteúdos, melhorando a interação durante as aulas e o desempenho nas avaliações. Esses fatos estão de acordo com Maieski (2011), que afirma que a motivação do aluno em aprender exerce um papel fundamental no processo de ensino e aprendizagem.

Quanto às comparações realizadas acima, é importante destacar que as turmas que tiveram contato com a estratégia didática envolvem alunos diferentes das turmas em que a estratégia citada não foi aplicada. Portanto, nessa comparação, cabem as seguintes ressalvas:

(i) A capacidade de aprendizagem dos alunos em cada turma não pode ser considerada igual ao se fazer tal comparação. Dessa forma, o aproveitamento das turmas seria, provavelmente, diferente em qualquer condição;

(ii) Tais comparações foram realizadas com base nas impressões registradas pelo professor pesquisador em seu diário de observação e de acordo com suas experiências com turmas anteriores às que tiveram contato com a proposta didática. O trabalho do professor pesquisador com turmas de QGE e QO, ao longo de vários semestres na mesma instituição, permite que o mesmo faça tais julgamentos com propriedade.

De acordo com Siqueira e Wechsler (2006), a motivação é um fator primordial para a aprendizagem. Dessa forma, com base nos dados apresentados na Figura 1 e nos relatos do

De acordo com o professor pesquisador, as turmas de períodos anteriores que não tiveram contato com a estratégia didática e sim, tiveram aulas no formato tradicional, não obtiveram um desempenho tão significativo quanto ao observado nas turmas participantes da presente pesquisa. Os alunos das turmas anteriores apresentaram maior dificuldade na compreensão dos conteúdos estudados, além de demonstrar pouco interesse pelas aulas e baixa interação no decorrer das atividades propostas. Como consequência, obtiveram maior índice de reprovação. Com isso, é possível afirmar que a estratégia de ensino envolvendo o uso de modelos moleculares promoveu a motivação dos alunos, resultando em um aumento do interesse pelos conteúdos, melhorando a interação durante as aulas e o desempenho nas avaliações. Esses fatos estão de acordo com Maieski (2011), que afirma que a motivação do aluno em aprender exerce um papel fundamental no processo de ensino e aprendizagem.

professor pesquisador, pode-se inferir que a proposta didática atuou como um instrumento facilitador no processo de ensino-aprendizagem, visto que os alunos ficaram mais motivados ao estudo dos conceitos químicos abordados. Provavelmente, o uso de modelos moleculares concretos como uma estratégia lúdica para o ensino dos conteúdos abordados contribuiu positivamente na motivação dos alunos de forma a gerar melhor resultados (Rocha e Cavicchioli, 2005; Ghaffari, 2006; Al-Balushi e Al-Hajrib, 2014).

Entretanto, não se pode afirmar que houve de fato uma aprendizagem efetiva, pois isso é apenas observado se tal estratégia permitir que os alunos se tornem cidadãos críticos e atuantes na sociedade em que vivem, utilizando para isso, os conhecimentos adquiridos (Trassi *et al.*, 2001; Osborne, 2007). Isso, a presente pesquisa não permite medir. Pode-se, no

entanto, afirmar que a estratégia didática desenvolvida e aplicada foi capaz de proporcionar a motivação, que é um dos fatores primários para que ocorra a aprendizagem significativa (Ausubel *et al.*, 1980; Siqueira e Wechsler, 2006; Maieski, 2011).

Ainda com base nos dados referentes às avaliações diagnósticas aplicadas nas turmas de QGE e QO, é importante ressaltar que esse tipo de avaliação foi adotado não somente para verificar a evolução conceitual dos alunos, mas também foi utilizada como instrumento de base para identificar as ideias prévias dos mesmos. Essa ação é importante para se definir o nível conceitual dos alunos para que o professor possa estabelecer o grau de profundidade que o mesmo deve adotar inicialmente na abordagem dos conceitos a serem estudados. Isso favorece a aprendizagem, uma vez que o professor inicia os estudos a partir dos conhecimentos que os alunos já possuem (Mortimer, 1996; Sugahara *et al.*, 2001). Dessa forma, como foi observado um baixo desempenho na

avaliação diagnóstica aplicada nas turmas de QGE e QO, iniciaram-se as atividades da proposta de ensino adotando uma abordagem básica dos conceitos químicos estudados.

Além das avaliações diagnóstica, continuada e final, os alunos também responderam a um questionário autoavaliativo, o qual tinha como objetivo obter informações sobre a motivação dos alunos ao realizar as atividades propostas e identificar se a estratégia didática colaborou no sentido de tornar o estudante mais motivado no processo de ensino e aprendizagem.

Na Tabela 1 são apresentados os resultados das 5 primeiras questões relacionadas à motivação do aluno quanto ao uso do modelo molecular.

Questão 1: O uso de modelos moleculares melhora, significativamente, a minha motivação e empenho nas atividades de sala de aula.

Questão 2: O uso de modelos moleculares melhora a minha concentração nas atividades de sala de aula.

Questão 3: O uso de modelos moleculares facilita a minha aprendizagem.

Questão 4: Trabalhar com os modelos moleculares permite que a minha atenção nas aulas seja excelente.

Questão 5: Trabalhar com os modelos moleculares permite que a minha motivação nas aulas seja excelente.

Ao julgarem as afirmativas positivas sobre a influência do uso dos modelos moleculares concretos em sua motivação, atenção, concentração e facilidade de aprendizagem, nenhum aluno na turma de QGE discordou ou se mostrou sem opinião. Já na turma de QO, o mesmo foi observado para as questões 1, 2 e 3, sendo que 8 e 11% dos alunos discordaram parcialmente das afirmativas presentes nas questões 4 e 5, respectivamente. De acordo com a Tabela 1, o cálculo da CM para as questões de 1 a 5 resultou em valores próximos de 5 tanto para a turma de QGE quanto de QO. De maneira geral, esse fato demonstra que os alunos concordaram completamente ou parcialmente que o uso dos

modelos moleculares concretos os tornaram mais motivados, atentos e concentrados, o que contribuiu de forma a facilitar sua aprendizagem.

Quanto aos alunos da turma de QO que discordaram parcialmente das afirmativas presentes nas questões 4 e 5, pode-se afirmar que eles concordam que a estratégia didática foi motivadora da concentração, atenção e aprendizagem, uma vez que eles não discordaram das afirmativas presentes nas questões 1, 2 e 3. Porém, com base nas respostas que os mesmos deram para as questões 4 e 5, não se pode afirmar que a estratégia didática foi suficiente para tornar esses alunos atentos e motivados de forma excelente. Esse fato pode ser visto com naturalidade, já que é possível que esses alunos não tenham tido grande afinidade pela estratégia didática em si ou mesmo não tenham aptidão para trabalhar com o perfil das atividades propostas na estratégia de ensino.

As respostas dos alunos para essas questões confirmam os resultados observados nas avaliações diagnóstica e continuada (dados apresentados na Figura 1). O fato dos alunos se sentirem mais motivados, atentos e concentrados ao realizarem as atividades propostas usando modelos moleculares, além de afirmarem que isso facilitou o entendimento dos conceitos químicos abordados, pode ser confirmado pelo avanço conceitual que os mesmos obtiveram após o desenvolvimento da estratégia didática. Essa evolução no entendimento dos conceitos foi observada com base nos dados obtidos por meio das avaliações diagnóstica e continuada.

Pela análise das videogravações foi possível perceber que houve uma grande interação entre os alunos, os quais demonstravam estar de fato motivados a estudar os conteúdos abordados. Essas observações feitas com base nas filmagens confirmam e validam os dados obtidos por meio do questionário autoavaliativo e sua relação com a evolução conceitual apresentada pelos alunos ao realizarem as avaliações diagnóstica e continuada.

Tal como afirma a literatura (Miranda, 2002; Sá, 2010), os dados obtidos nas questões de 1 a 5 confirmam que instrumentos didáticos com abordagem lúdica podem favorecer

Tabela 1: Médias percentuais e ponderadas das questões de 1 a 5 do questionário autoavaliativo respondido pelos alunos das turmas de QGE e QO

Turmas	Questão	Discordo totalmente	Discordo parcialmente	Sem opinião	Concordo parcialmente	Concordo totalmente	CM
QGE	1	0%	0%	0%	26%	74%	4,74
	2	0%	4%	0%	48%	48%	4,41
	3	0%	0%	0%	15%	85%	4,85
	4	0%	0%	11%	48%	41%	4,30
	5	0%	0%	4%	55%	41%	4,37
QO	1	0%	0%	0%	27%	73%	4,73
	2	0%	0%	0%	43%	57%	4,57
	3	0%	0%	0%	22%	78%	4,78
	4	0%	8%	0%	57%	35%	4,19
	5	0%	11%	0%	43%	56%	4,24

a concentração e a motivação dos alunos, representando, assim, importantes ferramentas promotoras de uma aprendizagem significativa. Esse fato pode ser confirmado pelos dados apresentados na Figura 1, os quais apontam a evolução conceitual dos alunos.

Na Tabela 2 são apresentados os resultados das duas turmas referentes à questão de número 6. Essa questão está relacionada à contextualização do conteúdo realizada como parte das atividades desenvolvidas em sala de aula.

Questão 6: Conhecer a aplicação das substâncias químicas estudadas e a relação com o meu curso motiva a minha aprendizagem.

Ao serem questionados sobre a motivação causada pela aprendizagem da aplicabilidade das substâncias químicas e a relação delas com o curso de Engenharia de Pesca, não houve alunos que discordassem da afirmativa em questão. Porém, 4 e 5% dos estudantes de QGE e QO, respectivamente, se manifestaram sem opinião. Provavelmente, isso pode ter ocorrido pelo fato da estratégia de ensino não ter oferecido subsídio para que o aluno pudesse emitir sua opinião sobre a afirmativa proposta. Entretanto, ao verificar as imagens da videogravação e as observações do professor pesquisador, é possível identificar que tais alunos não estavam participando ativamente das atividades em sala de aula. Esse fato pode ter contribuído para que os mesmos não percebessem a relação da aplicação dos conceitos químicos estudados com as atribuições do curso de Engenharia de Pesca. Esses alunos que se demonstraram desinteressados pelas atividades e que se declararam sem opinião sobre a questão 6 estão entre aqueles que apresentaram um baixo rendimento na avaliação continuada, ou seja, se mantiveram abaixo do conceito D (Figura 1).

Embora na questão 6 alguns alunos não tenham emitido opinião, as CM calculadas para essa questão tanto para a turma de QGE e QO foram próximas de 5. Conforme pode

ser visto na Tabela 2, os alunos que emitiram opinião, sendo um total de 96% (QGE) e 95% (QO), concordaram parcial ou totalmente com a afirmativa de que conhecer as substâncias químicas e saber de suas aplicações no cotidiano e em seu curso os proporciona maior motivação em aprender. A evolução conceitual observada a partir da análise das avaliações diagnóstica e continuada (Figura 1), juntamente com a declaração de mais de 90% dos alunos em ambas as turmas de que a contextualização do ensino favorece o seu aprendizado, estão de acordo com os trabalhos de Wartha e Faljoni-Alário (2005) e Santos (2007).

Na Tabela 3 são apresentados os resultados das questões 7 e 8, as quais representam afirmativas de caráter negativo. Essas foram propostas com o intuito de verificar se os alunos iriam se contradizer em suas crenças e opiniões a respeito da proposta didática em si. Esse tipo de recurso é sugerido para minimizar os possíveis desvios que podem ocorrer nos resultados devido ao não comprometimento dos alunos ao responder o questionário. Dessa forma, questões com esse perfil permitem ao pesquisador identificar se houve alunos que preencheram o questionário sem ler atentamente, ou mesmo sem comprometimento (Siqueira e Wechsler, 2006; Guimarães *et al.*, 2010).

Questão 7: Não aprendo quando o professor utiliza os modelos moleculares concretos.

Questão 8: Sinto-me indiferente às atividades em sala de aula, mesmo quando da utilização de modelos moleculares.

Conforme pode ser observado na Tabela 3, as CM referentes à questão 7 foram 1,48 e 1,41, respectivamente, nas turmas de QGE e QO. Seguindo a mesma ordem das turmas, para a questão 8 foram encontradas CM equivalentes a 1,41 e 1,27, respectivamente. Os valores de CM próximos a 1 indicam que os alunos discordaram da afirmativa em questão. Logo, pode-se afirmar que os alunos foram coerentes com as respostas dadas às demais questões, uma vez que

Tabela 2: Médias percentuais e ponderadas da questão 6 do questionário autoavaliativo respondido pelos alunos das turmas de QGE e QO

Turmas	Questão	Discordo totalmente	Discordo parcialmente	Sem opinião	Concordo parcialmente	Concordo totalmente	CM
QGE	6	0%	0%	4%	48%	48%	4,44
QO	6	0%	0%	5%	33%	62%	4,57

Tabela 3: Médias percentuais e ponderadas das questões 7 e 8 do questionário autoavaliativo respondido pelos alunos das turmas de QGE e QO

Turmas	Questão	Discordo totalmente	Discordo parcialmente	Sem opinião	Concordo parcialmente	Concordo totalmente	CM
QGE	7	67%	26%	0%	7%	0%	1,48
	8	63%	33%	4%	0%	0%	1,41
QO	7	70%	24%	3%	0%	3%	1,41
	8	79%	16%	5%	0%	0%	1,27

discordaram de afirmativas de sentido negativo. A estratégia utilizada possibilita identificar que os alunos não responderam o questionário de forma indiscriminada, mas sim, com interesse e comprometimento.

Conforme pode ser visto nas questões 9 e 10 apresentadas a seguir, os estudantes deveriam avaliar a forma como eles se interessaram e se comprometeram na realização das atividades propostas nas estratégias didáticas. Os resultados dessas questões são apresentados na Tabela 4.

Questão 9: Senti-me totalmente interessado e comprometido com as atividades propostas.

Questão 10: Realizei as atividades propostas com muita atenção e motivação.

De acordo com a Tabela 4, em ambas as turmas, cerca de 95% dos alunos afirmaram que realizaram as atividades de forma atenta, com interesse, comprometimento e motivação. Isso fez com que as CM calculadas para as questões 9 e 10 respondidas pelas turmas de QGE e QO apresentassem um valor próximo de 5, o qual indica que os alunos estavam de acordo com as afirmativas propostas nessas questões. De todos os alunos que responderam a questão 9, apenas 3% da turma de QGE discordaram parcialmente, enquanto que na turma de QO, 3% discordaram parcialmente e 3% não emitiram opinião. O mesmo perfil foi observado para a questão 10. Por meio da filmagem, pode-se perceber que esses alunos de fato não se sentiram totalmente interessados pelas atividades, os quais se mostraram em alguns momentos apáticos, dispersos e com conversas paralelas.

O fato de a proposta didática envolver uma avaliação continuada pode ter contribuído no interesse e na motivação dos alunos e, conseqüentemente, no aprendizado dos mesmos, tal como observado por Esteban (2008) e Behrens (2010). Isso pode ser comprovado (i) pelos valores de CM observados nessas questões, os quais indicam que a maioria dos

alunos concorda que as atividades os deixaram interessados, comprometidos, atentos e motivados; além da (ii) evolução conceitual alcançada pelos alunos com o envolvimento na estratégia didática. Segundo Maieski (2011), estratégias didáticas que envolvam atividades que despertam o interesse e a atenção dos alunos são fundamentais para o processo de ensino e aprendizagem.

Conforme pode ser visto ao longo da discussão dos resultados, a maioria dos alunos declarou que as estratégias didáticas promoveram motivação, maior interesse, maior atenção, comprometimento, dentre outros fatores que contribuem para o aprendizado efetivo. Esses fatos podem ser comprovados pela evolução conceitual alcançada por mais de 80% dos alunos na turma de QGE e mais de 70% dos alunos na turma de QO (Figura 1). Já os alunos que não conseguiram o desempenho esperado na avaliação continuada são também aqueles que não se sentiram motivados ao utilizar as estratégias didáticas aplicadas. Na turma de QGE, foram cerca de 20% dos estudantes que obtiveram um conceito igual ou inferior a D e, na turma de QO, esse percentual

foi de aproximadamente 30% dos alunos.

Analisando minuciosamente as filmagens e as observações feitas pelo professor pesquisador, observa-se que na turma de QGE os alunos que não alcançaram 60% de rendimento são exatamente aqueles que não realizaram as atividades com devido comprometimento. Tais alunos executaram as tarefas propostas com muita conversa, brincadeira e, em alguns casos, copiaram as respostas dos demais colegas. Embora não se possa descartar a possibilidade de dificuldade de aprendizagem desses alunos, provavelmente, esse tipo de comportamento é a principal justificativa para o baixo rendimento apresentado pelos mesmos.

Na turma de QO, por sua vez, apesar do percentual de alunos que obtiveram um rendimento abaixo de 60% ser maior que na turma de QGE, por meio das videogravações, é

O fato de a proposta didática envolver uma avaliação continuada pode ter contribuído no interesse e na motivação dos alunos e, conseqüentemente, no aprendizado dos mesmos, tal como observado por Esteban (2008) e Behrens (2010). Isso pode ser comprovado (i) pelos valores de CM observados nessas questões, os quais indicam que a maioria dos alunos concorda que as atividades os deixaram interessados, comprometidos, atentos e motivados; além da (ii) evolução conceitual alcançada pelos alunos com o envolvimento na estratégia didática. Segundo Maieski (2011), estratégias didáticas que envolvam atividades que despertam o interesse e a atenção dos alunos são fundamentais para o processo de ensino e aprendizagem.

Tabela 4: Médias percentuais e ponderadas das questões de 9 e 10 do questionário autoavaliativo respondido pelos alunos das turmas de QGE e QO

Turmas	Questão	Discordo totalmente	Discordo parcialmente	Sem opinião	Concordo parcialmente	Concordo totalmente	CM
QGE	9	0%	3%	0%	30%	67%	4,59
	10	0%	3%	0%	49%	48%	4,41
QO	9	0%	3%	3%	24%	70%	4,62
	10	0%	3%	3%	46%	48%	4,41

possível perceber que uma parte desses alunos se empenhou na realização das atividades propostas. Provavelmente, esses estudantes não se saíram melhor na avaliação continuada devido às dificuldades encontradas na realização das atividades, as quais envolviam conceitos químicos de maior complexidade. Entretanto, da mesma forma como na turma de QGE, na turma de QO também houve aqueles alunos cujo rendimento foi afetado pelo comportamento inadequado adotado durante a execução das atividades propostas. Dentre as dificuldades apresentadas pelos alunos de QO, destacam-se o entendimento dos conceitos relacionados à estereoquímica, como, por exemplo, a dificuldade de identificar e visualizar as diferenças entre compostos muito semelhantes, como é o caso dos isômeros geométricos e ópticos.

Na Figura 1 pode-se identificar que cerca de 80% dos alunos da turma de QGE e 70% dos alunos da turma de QO alcançaram um ganho conceitual significativo ao comparar seu rendimento final com a avaliação diagnóstica. De acordo com Trassi *et al.* (2001) e Osborne (2007), não se pode dizer que realmente houve aprendizagem efetiva, pois isso somente pode ser confirmado quando se percebe que o aluno passa a usar seus conhecimentos adquiridos para atuar como um cidadão mais crítico e consciente na sociedade em que vive. Porém, conforme foi comprovado pelas videogravações, pode-se afirmar que a estratégia didática proposta no presente trabalho foi capaz de promover motivação no aluno, o que consiste em uma das bases sólidas para que ocorra a aprendizagem (Siqueira e Wechsler, 2006).

Um fator que pode indicar que as estratégias didáticas propostas promoveram a aprendizagem significativa foi registrado pelo professor pesquisador, o qual observou que os alunos que estudaram por meio das propostas de ensino estavam tendo maior facilidade na disciplina de bioquímica, cujas disciplinas de química são pré-requisitos. De acordo com as observações do professor pesquisador, as turmas de períodos anteriores à aplicação das propostas didáticas tiveram muita dificuldade em cursar tal disciplina e, como consequência, apresentaram um maior índice de reprovação. Dessa forma, é possível inferir que as propostas didáticas contribuíram para uma evolução conceitual dos alunos e proporcionaram uma aprendizagem significativa, visto que os estudantes estavam conseguindo utilizar o conhecimento adquirido nas disciplinas de química em outra disciplina do curso.

Considerações Finais

Com o intuito de validar o estudo da motivação por meio da aplicação de estratégias didáticas acompanhadas do uso de modelo molecular, a utilização do diário de observações adotado pelo professor pesquisador e, principalmente, a realização das videogravações, foram fundamentais para confirmar os principais dados obtidos na presente pesquisa, bem como identificar possíveis incoerências entre os outros instrumentos utilizados (questionário autoavaliativo e avaliações diagnóstica e continuada). As videogravações se mostraram muito úteis para apontar que, de maneira geral,

os outros métodos de coleta de dados forneceram resultados confiáveis para os propósitos em que foram aplicados.

O uso dos modelos moleculares nas estratégias de ensino que foram propostas no presente trabalho se mostrou como um importante instrumento promotor da motivação dos alunos, uma vez que permitiu aumentar o nível de atenção e interação com o professor e colegas da turma. Tais características são evidenciadas por Siqueira e Wechsler (2006) e Maieski (2011) como fundamentais no processo de ensino e aprendizagem. Assim, pode-se afirmar que essa estratégia de caráter lúdico se mostrou uma importante ferramenta facilitadora na compreensão dos conceitos de geometria molecular, propriedades físicas dos materiais, funções orgânicas e estereoquímica, os quais foram alvo de estudo das propostas didáticas da presente pesquisa.

A evolução conceitual para a maioria dos alunos de ambas as turmas foi evidenciada a partir do diário de observação do professor e das avaliações diagnóstica e continuada. Foi possível observar, pelos resultados apresentados nas avaliações, que, de fato, as estratégias didáticas desenvolvidas facilitaram o aprendizado dos alunos, visto que, antes da aplicação das atividades propostas, tanto em QGE quanto em QO, os alunos tinham poucos conhecimentos prévios acerca dos conteúdos químicos a serem estudados (rendimentos inferior a 50%) e após o desenvolvimento das estratégias didáticas, mais da metade das turmas obtiveram um rendimento superior a 60%. Vale destacar que a aprendizagem efetiva e duradoura é caracterizada quando o aluno utiliza o conhecimento adquirido na resolução de problemas que extrapolam a sala de aula e, neste sentido, por meio do diário de observação do professor foi possível constatar que os alunos submetidos às estratégias didáticas tiveram mais facilidade na aprendizagem dos conceitos de bioquímica abordados em uma disciplina subsequente, quando comparados com alunos de períodos anteriores.

Por meio do questionário autoavaliativo foi possível confirmar que as atividades propostas promoveram a motivação e favoreceram a aprendizagem. Embora haja riscos em utilizar a opinião dos alunos em questionários deste tipo, foram utilizados recursos para aumentar a confiabilidade do método. A escala Likert favoreceu a minimização de possíveis distorções que poderiam ser observadas caso os alunos tivessem de se expressar de forma escrita e apresentassem dificuldades para isso. Nesse mesmo sentido, as perguntas inversas também foram importantes, uma vez que foi observado que os alunos estavam de fato comprometidos em responder o questionário, já que o fizeram com atenção sem se contradizerem com suas respostas dadas às demais questões. Essas observações advindas dessas questões inversas foram importantes para dar maior precisão e confiabilidade aos resultados obtidos no presente trabalho.

A contextualização dos conteúdos nas estratégias didáticas também foi evidenciada pelos estudantes no questionário autoavaliativo como importante para motivar o processo de ensino e aprendizagem. Corroborando com a literatura (Wartha e Faljoni-Alário, 2005; Santos, 2007), no presente trabalho foi

possível observar que, uma vez que os estudantes conseguem estabelecer uma relação da aplicabilidade dos conteúdos estudados com sua futura área de atuação profissional, esses se sentem mais interessados e motivados a aprender.

Conforme demonstrado pelo presente trabalho, comprovou-se também que apenas a análise da opinião e a nota dos alunos nem sempre é suficiente ou coerente para se investigar a relação da motivação com o processo de ensino e aprendizagem. Nesse sentido, havendo a necessidade da validação das informações obtidas, o uso do diário e das videografações foi bastante decisivo. O diário de observações, por fornecer as informações sobre a ótica do professor, e as filmagens, por registrar todos os acontecimentos ocorridos durante as atividades e, ainda, por permitir que sua análise fosse feita de forma minuciosa e quantas vezes fossem necessárias.

Por meio dessa metodologia, pôde-se constatar que todos os alunos que foram motivados ao realizar as estratégias didáticas conseguiram de fato evoluir conceitualmente. Alguns dos estudantes da turma de QO tiveram dificuldades devido ao grau de complexidade dos conteúdos específicos da disciplina e, por isso, não alcançaram a evolução conceitual esperada. Segundo as observações do professor pesquisador, nas turmas em que as estratégias didáticas foram aplicadas, os resultados obtidos foram bem melhores do que os apresentados por turmas de períodos anteriores à aplicação da

proposta. Embora sejam turmas diferentes e, por esta razão, não se pode afirmar com total certeza o grau de intervenção do método, entretanto, sugere-se fortemente que o uso das estratégias didáticas e dos modelos moleculares foram instrumentos motivadores que contribuíram para os resultados favoráveis à aprendizagem.

Finalmente, conclui-se que a metodologia proposta se mostrou eficiente para estudar e validar os dados obtidos sobre o desempenho do aluno na realização de atividades que apresentam o caráter lúdico como instrumento de motivação. A proposta desenvolvida é inovadora, uma vez que a literatura da área carece de métodos que permitam a verificação e a convalidação dos resultados obtidos no estudo da motivação dos alunos em sala de aula.

Paulo Henrique Fabri (paulohenrique.fabri@yahoo.com.br) é mestre em Ciências Naturais, na área de Ensino de Ciências, pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), especialista em Química pela Universidade Federal de Lavras (UFLA), licenciado e bacharel em Química, com habilitação em Química Industrial, pela Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP). Atualmente é professor do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (IFES) – Campus Alegre. Alegre, ES – BR. **Rosana Aparecida Giacomini** (rosanagiacomini@gmail.com) possui graduação em Química (1990) e em Farmácia (1995) pela Universidade Estadual de Londrina (UEL), mestrado (1998) e doutorado (2002) em Química pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Atualmente é professora da UENF. Campos dos Goytacazes, RJ – BR.

Referências

ABRAHAM, M.; VARGHESE, V. e TANG, H. Using molecular representations to aid student understanding of stereochemical concepts. *Journal of Chemical Education*, v. 87, n. 12, p. 1425-1429, 2010.

AL-BALUSHI, S. M. e AL-HAJRIB, S. H. Associating animations with concrete models to enhance students' comprehension of different visual representations in organic chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, v. 15, p. 47-58, 2014.

ALCARÁ, A. R. e GUIMARÃES, S. E. R. A instrumentalidade como uma estratégia motivacional. *Associação Brasileira de Psicologia Escolar e Educacional (ABRPEE)*, v. 11, n. 1, p. 177-178, 2007.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D. e HANESIAN, H. *Psicologia educacional*. Trad. sob a direção de E. Nick. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

BEHRENS, M. A. *O paradigma emergente e a prática pedagógica*. 4ª ed. Petrópolis: Vozes, 2010.

BERGER, J. L. e KARABENICK, S. A. Motivation and students' use of learning strategies: evidence of unidirectional effects in mathematics classrooms. *Learning and Instruction*, v. 21, p. 416-428, 2011.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros curriculares nacionais para o ensino médio*. Brasília: MEC/SEMTEC, 2000.

BZUNECK, J. A. A motivação do aluno: aspectos introdutórios. In: BORUCHOVITCH, E. e BZUNECK, J. A. (Orgs.). *A motivação do aluno: contribuições da psicologia contemporânea*. Petrópolis: Vozes, p. 9-36, 2009.

_____ e GUIMARÃES, S. E. R. A promoção da autonomia como estratégia motivacional na escola: uma análise teoria e empírica. In: BORUCHOVITCH, E.; BZUNECK, J. A. e GUIMARÃES, S. E. R. (Orgs.). *Motivação para aprender: aplicações no contexto educativo*. Petrópolis: Vozes, p. 43-70, 2010.

CARDOSO, S. P. e COLINVAUX, D. Explorando a motivação para estudar química. *Química Nova*, v. 23, n. 2, p. 401-404, 2000.

CARNEIRO, F. J. C.; RANGEL, J. H. G. e LIMA, J. M. R. Construção de modelos moleculares para o ensino de química utilizando a fibra de Buriti. *Revista ACTA Tecnológica*, v. 6, n. 1, p. 17-26, 2011.

CHIU, L. H. Development and validation of the school achievement motivation rating scale. *Educational and Psychological Measurement*, v. 57, n. 2, p. 292-305, 1997.

CLEMENT, J. Analysis of clinical interviews: foundations and model viability. In: KELLY, A. E. e LASH, R. (Eds.). *Handbook of research data design in mathematics and science education*. Mahwah: Lawrence Erlbaum, p. 547-589, 2000.

ESTEBAN, M. T. *Avaliação: uma prática em busca de novos sentidos*. 6ª ed. Rio de Janeiro: DP&A, 2008.

FRANCOEUR, E. Beyond dematerialization and inscription: does the materiality of molecular models really matter? *International Journal for Philosophy of Chemistry*, v. 6, p. 63-84, 2000.

FRASER, B. J. Classroom environment instruments: development, validity and applications. *Learning Environments Research*, v. 1, p. 7-33, 1998.

GARCEZ, A.; DUARTE, R. e EISENBERG, Z. Produção e análise de videografações em pesquisas qualitativas. *Educação e Pesquisa*, v. 37, n. 2, p. 249-262, 2011.

- GHAFFARI, S. A laboratory experiment using molecular models for an introductory chemistry class. *Journal of Chemical Education*, v. 83, n. 8, p. 1182-1184, 2006.
- GUIMARÃES, S. E. R.; BZUNECK, J. A. e BORUCHOVITCH, E. Instrumentos brasileiros de avaliação da motivação no contexto escolar: contribuições para pesquisa, diagnóstico e intervenção. In: BORUCHOVITCH, E.; BZUNECK, J. A. e GUIMARÃES, S. E. R. (Orgs.). *Motivação para aprender: aplicações no contexto educativo*. Petrópolis: Vozes, p. 71-96, 2010.
- _____; _____ e SANCHES, S. F. Psicologia educacional nos cursos de licenciatura: a motivação dos estudantes. *Psicologia Escolar e Educacional*, v. 6, n. 1, p. 11-19, 2002.
- HAGEMAN, J. H. Use of molecular models for active learning in biochemistry lecture courses. *Journal of Chemical Education*, v. 87, n. 8, p. 291-293, 2010.
- JUSTI, R. e MENDONÇA, P. C. C. Usando analogias com função criativa: uma nova estratégia para o ensino de química. *Educación Química*, n. 1, p. 24-29, 2008.
- MACEDO, L.; PASSOS, N. C. e PETTY, A. L. S. *Os jogos e o lúdico na aprendizagem escolar*. Porto Alegre: Artmed, 2005.
- MAIESKI, S. *Motivação de alunos dos anos iniciais do ensino fundamental: um estudo com alunos Brasileiros e Chilenos*. Dissertação (Mestrado em Educação). Centro de Educação, Comunicação e Artes, Departamento de Educação, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2011.
- MARTIN, L. C. *The nature of the folding back phenomenon within the Pirie-Kieren theory for the growth of mathematical understanding and the associated implications for teachers and learners of mathematics*. Tese (Doutorado). Universidade de Oxford, Oxford, 1999.
- MATEUS, A. L. e MOREIRA, M. G. *Construindo com PET: como ensinar truques novos com garrafas velhas*. São Paulo: Livraria da Física, p. 67-78, 2007.
- MIGLIATO FILHO, J. R. *Utilização de modelos moleculares no ensino de estequiometria para alunos do ensino médio*. Dissertação (Mestrado em Química). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2005.
- MIRANDA, S. No fascínio do jogo, a alegria de aprender. *Linhas Críticas*, v. 8, n. 14, p. 21-34, 2002.
- MORAIS, V. C. S. e SANTOS, A. B. Implicações do uso de atividades experimentais no ensino de biologia na escola pública. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 21, n. 1, p. 166-181, 2016.
- MORTIMER, E. F. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos? *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 1, n. 1, p. 20-39, 1996.
- NEVES, E. R. C. e BORUCHOVITCH, E. Escala de avaliação da motivação para aprender de alunos do ensino fundamental (EMA). *Psicologia: Reflexão e Crítica*, v. 20, n. 3, p. 406-413, 2007.
- OSBORNE, J. Science education for the twenty first century. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, v. 3, n. 3, p. 173-184, 2007.
- PERASSINOTO, M. G. M.; BORUCHOVITCH, E. e BZUNECK, J. A. Estratégias de aprendizagem e motivação para aprender de alunos do ensino fundamental. *Avaliação Psicológica*, v. 12, n. 3, p. 351-359, 2013.
- PESSOA, W. R. e ALVES, J. M. Motivação para estudar química: configurações subjetivas de uma estudante do segundo ano do ensino médio. *Interações*, n. 39, p. 589-601, 2015.
- ROCHA, J. R. C. e CAVICCHIOLI, A. Uma abordagem alternativa para aprendizagem dos conceitos de átomo, molécula, elemento químico, substância simples e substância composta nos ensinos fundamental e médio. *Química Nova na Escola*, n. 21, p. 29-33, 2005.
- SÁ, I. P. *A magia da matemática: atividades investigativas, curiosidades e histórias da matemática*. 3ª ed. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2010.
- SANTOS, A. O.; SILVA, R. P.; ANDRADE, D. e LIMA, J. P. M. Dificuldades e motivações de aprendizagem em química de alunos do ensino médio investigadas em ações do (PIBID/UFS/Química). *Scientia Plena*, v. 9, n. 7, p. 1-6, 2013.
- SANTOS, W. L. P. Contextualização no ensino de ciências por meio de temas CTS em uma perspectiva crítica. *Ciência & Ensino*, v. 1, n. especial, p. 1-12, 2007.
- SCHUNK, D. H.; MEECE, J. L. e PINTRICH, P. R. *Motivation in education: theory, research and applications*. 4ª ed. Upper Saddle River: Pearson, 2013.
- SEVERO, I. R. M. e KASSEBOEHMER, A. C. Motivação dos alunos: reflexões sobre o perfil motivacional e a percepção dos professores. *Química Nova na Escola*, v. 39, n. 1, p. 75-82, 2017.
- SILVA, A. M. e SILVA, T. R. M. O ensino de química na visão dos alunos do ensino médio. In: *Resumos do 48º Congresso Brasileiro de Química*. Rio de Janeiro, RJ, 2008.
- SIODŁAK, D. Building molecular models using screw-on bottle caps. *Journal of Chemical Education*, v. 90, p. 1247-1249, 2013.
- SIQUEIRA, L. G. G. e WECHSLER, S. M. Motivação para a aprendizagem escolar: possibilidade de medida. *Avaliação Psicológica*, v. 5, n. 1, p. 21-31, 2006.
- SUGAHARA, N. N. G.; COMPIANI, M. e NEWERLA, V. Ideias prévias: um ponto de partida no ensino de ciclo hidrológico em aulas de Ciências. *Ciências & Ensino*, n. 10, p. 3-8, 2001.
- TRASSI, R. C. M.; CASTELLANI, A. M.; GONÇALVES, J. E. e TOLEDO, E. A. Tabela periódica interativa: “um estímulo à compreensão”. *Acta Scientiarum*, v. 23, n. 6, p. 1335-1339, 2001.
- WARTHA, E. J. e FALJONI-ALÁRIO, A. A contextualização no ensino de química através do livro didático. *Química Nova na Escola*, n. 22, p. 42-27, 2005.
- WEINSTEIN, C. E.; ACEE, T. W. e JUNG, J. Self regulation and learning strategies. *New Directions for Teaching and Learning*, n. 126, p. 45-53, 2011.

Abstract: Assessment of Student Motivation in the Teaching and Learning Process Promoted by Using Molecular Models, Validated with Audio and Video Recording. This work sought to construct a methodology to validate the study of the relation between the student's motivation to the teaching and learning process when related to ludic activities realization as a motivation instrument. In order to investigate the influence of strategies in learning, the following instruments were used: diagnostic and continuous evaluations, self-assessment questionnaire (Likert scale), register in the observation notebook and video recordings. The research was carried out with students of the Fisheries Engineering course in the General Chemistry and Organic Chemistry disciplines. Through the diagnostic and continuous evaluations, it was observed that the students of both classes had a great conceptual evolution. By the analysis of the self-assessment questionnaires, it was noticed that all students declared themselves more motivated to study. By the end, these data were validated using the aid of audio and video recordings and the registers presented in the researcher's observations notebook.

Keywords: student motivation, concrete molecular models, video recording

Medindo a Pressão Osmótica de Soluções em Osmômetro Construído com Membrana de Ovos de Aves

Marcelo G. Santos e Wagner G. Bastos

Osmômetros caseiros são utensílios usados para demonstrar o efeito osmótico. Eles são de fácil construção e populares nos livros didáticos. Alguns professores, inspirados nas figuras de osmômetros dos livros, tentam reproduzir tal procedimento e são levados à frustração pelo resultado negativo. O fracasso da experiência, na maioria dos casos, é creditado ao papel celofane utilizado. Atualmente, a maioria do papel celofane comercializado é na verdade um plástico colorido que não imita as características de uma membrana semipermeável, importantíssima no fenômeno da osmose. A alternativa proposta é a de usar a membrana interna (coquilífera) do ovo (óvulo) de galinha ou de codorna como fonte de membrana semipermeável para a montagem do osmômetro tradicional, em substituição ao papel celofane.

► pressão osmótica, osmômetro, membrana coquilífera ◀

Recebido em 20/09/2017, aceito em 21/02/2018

209

A força motriz para o efeito osmótico é o abaixamento do potencial químico do solvente pela presença do soluto. Na solução o potencial químico do solvente é mais baixo do que o potencial químico do solvente puro. Sendo assim, quando uma solução está separada por uma membrana permeável ao solvente, ocorre um fluxo do solvente da região de alto potencial químico (solvente puro) para a região de baixo potencial químico (solvente na solução). Tal fluxo de solvente é denominado efeito osmótico. O abaixamento do potencial químico do solvente pela presença do soluto é função da concentração do soluto na solução; quanto maior a concentração da solução, mais baixo é o potencial químico do solvente na solução. Se duas soluções de concentrações diferentes forem separadas

Os seres vivos se deparam com a osmose desde que surgiram no planeta, uma vez que as evidências indicam que essa origem está vinculada a um ambiente aquoso e salgado, o mar, do qual se mantiveram isolados por uma membrana semipermeável. Durante sua evolução, esses seres desenvolveram maneiras de evitar os problemas causados pela osmose, como desidratação ou inchaço, assim como processos que permitiram aproveitar a dinâmica osmótica nos processos biológicos vitais (Amabis e Martho, 1996).

por uma membrana permeável ao solvente haverá fluxo do solvente da solução de menor concentração para a solução de maior concentração (Atkins e de Paula, 2010).

Em um sistema com duas soluções de concentrações diferentes, compostas por moléculas de soluto impermeáveis à membrana, a força necessária para evitar o deslocamento do solvente da solução menos concentrada para a mais concentrada é a pressão osmótica (Atkins e de Paula, 2010; Cambraia e Pacheco, 2000; Heneine, 1991). A pressão osmótica permite manter o equilíbrio, ou seja, o movimento nulo de solvente através da membrana.

Ela é uma propriedade coligativa, pois depende apenas da concentração molar de soluto, e não de suas propriedades químicas (Campos e Veríssimo, 2015).

Os seres vivos se deparam com a osmose desde que surgiram no planeta, uma vez que as evidências indicam que essa origem está vinculada a um ambiente aquoso e salgado, o mar, do qual se mantiveram isolados por uma membrana semipermeável. Durante sua evolução, esses seres

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.

desenvolveram maneiras de evitar os problemas causados pela osmose, como desidratação ou inchaço, assim como processos que permitiram aproveitar a dinâmica osmótica nos processos biológicos vitais (Amabis e Martho, 1996).

A compreensão do mecanismo osmótico é necessária para o entendimento de diversos eventos biológicos tais como absorção e condução de água nos vegetais, manutenção da forma da planta e realização de movimentos, teor hídrico das células, equilíbrio hídrico em peixes e em protozoários, trocas de substâncias entre a célula e o meio intercelular, entre outros (Amabis e Martho, 1996). Aos alunos é essencial a vivência experimental da osmose para o pleno entendimento desse fenômeno, uma vez que a simples interpretação de esquemas de osmose nem sempre resulta no conhecimento desejado.

Na literatura podemos encontrar diversos experimentos sobre a osmose, entre eles, destacamos o de Amabis e Martho (1996), em que uma proposta para a demonstração da osmose é feita com a utilização de ovos de codorna que tiveram sua casca removida com ácido fraco (vinagre – ácido acético). Inicialmente, eles são mantidos em solução concentrada de sacarose por 3 h e depois são transferidos por mais 3 h para água pura. O resultado é uma grande alteração no volume desses ovos. Quando são colocados em solução de sacarose, eles perdem muita água, diminuindo de volume e quando são transferidos para água destilada eles absorvem muita água, aumentando de volume.

Em Uzunian (1997) encontramos uma demonstração de osmose feita com duas batatas inglesas. Nela, fatias de uma das batatas devem ser colocadas numa solução salina e observadas a cada 15 min. Observamos que essas fatias murcham depois de algum tempo. Outras fatias da mesma batata devem ser colocadas em água pura e também observadas a cada 15 min. Verificamos que essas fatias incham depois de algum tempo. Metade da outra batata deve ser escavada em sua superfície plana e uma colher de sal deve ser colocada no interior desta cavidade formada, até enchê-la. A cada meia hora essa metade deverá ser observada. Depois de algum tempo observamos água saindo da cavidade com sal. A outra metade desta batata deve ser cozida e repetido, com ela, o procedimento adotado na metade crua. Não verificamos o aparecimento de água na cavidade da metade cozida. Esses experimentos mostram de maneira razoável, o mecanismo da osmose.

Encontramos uma atividade para demonstrar a osmose através das membranas celulares das células de *Elódea* (*Egeria* sp. – Hydrocharitaceae), uma planta aquática (BSCS,

1973). Nela, uma folha de *Elódea* deve ser colocada entre lâmina e lamínula com uma gota de água e observada ao microscópio com objetivas de vários aumentos. Depois de observado o estado hídrico das células da planta, devemos colocar uma gota de solução salina junto a uma das bordas da lamínula enquanto, com um pequeno pedaço de papel filtro, retiramos a água original da preparação pela outra borda da lamínula. Após este procedimento, voltamos a observar o estado hídrico das células da planta. Observamos que as células da planta perdem água em pouco tempo. A maioria dos alunos consegue visualizar o mecanismo osmótico no momento em que ele ocorre, embora alguns não percebam que o mecanismo de deslocamento de água é feito entre o meio e o vacúolo da célula vegetal.

Um experimento simples para a visualização da energia do processo osmótico é a construção de um osmômetro. De fácil execução, é bastante popular em vários livros didáticos. Para a sua montagem é necessário apenas um tubo de vidro com um saco de papel celofane amarrado em uma de suas extremidades, e cheio de água com um soluto (geralmente é utilizado sal ou açúcar). Esta extremidade contendo o saco de celofane é, então, mergulhada num recipiente com água pura (Brito e Favaretto, 1997; Lopes, 1997; Linhares e Gewandsznajder, 1994; Amabis e Martho, 1994; Brasil, 1964; Brasil, 1978). Anota-se no tubo de vidro a altura inicial da coluna líquida e, depois de algum tempo, a altura final.

Alguns professores, inspirados nas figuras de osmômetros dos livros, tentam reproduzir tal procedimento e são levados à frustração pelo resultado negativo. O fracasso da experiência, na maioria dos casos, é creditado ao papel celofane utilizado. Atualmente, o papel celofane comercializado é na verdade um plástico colorido que não imita as características de uma membrana semipermeável, importantíssima no fenômeno da osmose.

Uma opção seria substituir o celofane por sacos de diálise (Maestri *et al.*, 2001), utilizados em laboratórios de bioquímica para separar moléculas. Mas estes são caros e pouco acessíveis, principalmente aos professores do ensino médio e fundamental.

Outros modelos de osmômetro são, por exemplo, o osmômetro feito com cenoura ou batata (Brasil, 1964; Vieira *et al.*, 2007) e o feito com um ovo (Amabis e Martho, 1996). No primeiro, devemos fazer um buraco de 2 cm de profundidade na parte central e superior da cenoura ou batata, onde é colocada uma solução hipertônica, como água com sal. O buraco é, então, fechado com uma rolha de cortiça ou borracha, com um orifício no centro, onde é colocado um tubo de vidro ou

Alguns professores, inspirados nas figuras de osmômetros dos livros, tentam reproduzir tal procedimento e são levados à frustração pelo resultado negativo. O fracasso da experiência, na maioria dos casos, é creditado ao papel celofane utilizado. Atualmente, o papel celofane comercializado é na verdade um plástico colorido que não imita as características de uma membrana semipermeável, importantíssima no fenômeno da osmose. Uma opção seria substituir o celofane por sacos de diálise (Maestri *et al.*, 2001), utilizados em laboratórios de bioquímica para separar moléculas. Mas estes são caros e pouco acessíveis, principalmente aos professores do ensino médio e fundamental.

plástico. A cenoura ou batata é, então, mergulhada em um copo com água até 2/3 de sua altura. Depois de algum tempo podemos perceber a subida da água pelo tubo de vidro ou plástico. A desvantagem desse modelo é o tempo de espera para a visualização da subida da coluna do líquido, cerca de 3-6 h (Vieira *et al.*, 2007) e a interferência da batata ou cenoura (massa e substâncias presentes no tecido vegetal) na concentração da solução utilizada, o que torna difícil experimentos comparativos.

No osmômetro construído com um ovo (Amabis e Martho, 1996), diluímos a parte mais larga da casca do ovo, até a altura de 1 cm, com uma solução ácida (por exemplo, com vinagre) e depois lavamos o ovo. Na outra extremidade fazemos um furo e extraímos o conteúdo de seu interior. Este furo recebe, então, um canudo de vidro ou plástico que será fixado com cera. O interior do ovo é preenchido com uma solução hipertônica (de açúcar com água) e o ovo é colocado em copo com água. Depois de algum tempo percebemos a subida da solução contida no ovo, pelo canudo de vidro. Nesse modelo, a manipulação do ovo (ainda com parte da casca) e a aplicação da cera (para a fixação do canudo) são processos que criam certa dificuldade em sua manipulação e execução.

Nossa experiência na docência em ensino médio e na universidade nos indicou que os alunos entendem melhor o processo osmótico quando o observam através de uma membrana semipermeável que separa dois meios de concentrações e cores diferentes. No osmômetro tradicional (Brasil, 1964), esta observação é fácil, permitindo melhor compreensão do conceito de pressão osmótica e de sua importância na movimentação de líquidos numa planta. Se os estudantes construírem diversos osmômetros poderão testar soluções com diferentes concentrações, o que permitirá avaliações quantitativas sobre a osmose.

A alternativa proposta é a de usar a membrana interna (coquilífera) do ovo (óvulo) de galinha ou codorna como fonte de membrana semipermeável para o osmômetro tradicional, em substituição ao papel celofane comercializado atualmente que, como já citado, é um plástico colorido que não apresenta características que permitam a demonstração da osmose.

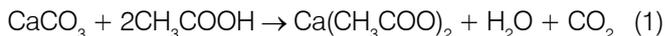
Procedimento Experimental

Material Necessário

Ovos de codorna ou de galinha; vinagre; canetas esferográficas; barbante; fita adesiva transparente; água; açúcar refinado ou mascavo (de preferência); copo medidor de cozinha; balança (opcional); copo americano (± 200 mL) transparente de plástico ou vidro; pregadores de roupa; colher de sopa; régua; seringa de 5 mL.

Retirando a Membrana dos Ovos das Aves para a Construção do Osmômetro

Devemos mergulhar o ovo em um recipiente contendo vinagre (solução fraca de ácido acético). O ácido reagirá com o carbonato de cálcio da casca do ovo, liberando bolhas (gás carbônico), ou seja, uma descarboxilação. Carbonato de cálcio combinado com vinagre produz acetato de cálcio, água e o dióxido de carbono (Hemmer, 2018).



Depois de algum tempo, em torno de 24 h, toda a casca terá sido eliminada, restando apenas a membrana coquilífera do ovo. A verificação poderá ser feita manipulando-se o ovo. Consistência mole e textura lisa indicam o fim do processo. Após a retirada da casca lavamos o ovo em água corrente, e com ajuda de uma tesoura fazemos, delicadamente, um pe-

queno corte numa das extremidades. Retiramos o conteúdo do ovo e com uma seringa (sem a agulha) lavamos muito bem seu interior. Pronto, nós já conseguimos uma membrana semipermeável (membrana coquilífera) e podemos montar o osmômetro. Devemos deixá-la dentro de um recipiente com água até o momento de seu uso. Por se tratar de um material perecível, o ideal é utilizar a mem-

brana o mais breve possível, não sendo aconselhável o seu reaproveitamento. Para o nosso experimento precisaremos de três membranas coquilíferas.

Preparando as Soluções

Pegue três copos americanos, pode ser de plástico ou de vidro, encha-os pela metade com água (cerca de 100 mL). No primeiro, coloque uma colher de sopa de açúcar mascavo (≈ 12 g \approx solução 1 M) e no segundo duas colheres de sopa de açúcar mascavo (≈ 24 g \approx solução 2 M). Mexa bem com uma colher e reserve as soluções preparadas. Deixe o terceiro copo somente com água.

Caso tenha disponibilidade de uma balança, meça a densidade de cada solução. Se a balança a ser utilizada não tem a opção de tara (que descarta o peso do recipiente), pese a massa de um recipiente graduado (proveta ou copo medidor de cozinha) vazio, depois transfira a solução para o recipiente e pese novamente a sua massa. A diferença entre a massa do recipiente vazio e cheio é a massa da solução. Divida esse valor pelo volume ocupado pela solução no recipiente. No caso da solução de açúcar mascavo a 1 M: $100 \text{ mL} + 12 \text{ g} \approx 1 \text{ colher de sopa} = 126 \text{ g}/100 \text{ mL} = 1,26 \text{ g/mL} = 1,26 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$.

Não devemos usar corantes, como anilina de bolo, para dar colorido e realce à solução que será colocada dentro da membrana coquilífera, pois suas partículas são muito pequenas e, eventualmente, podem atravessar a membrana,

confundindo os alunos. Se quisermos obter contraste entre a água pura do recipiente e a solução, o que é interessante, pois facilita a visualização, devemos usar mistura feita com água e açúcar mascavo, que é escuro. Não devemos usar soluções salinas para demonstrar a osmose através da membrana coquilífera, pois ela é muito permeável a sais.

Montando o Osmômetro

Para realizarmos o experimento, precisamos de um pequeno tubo transparente, pode ser de vidro ou de plástico. Caso seja difícil encontrá-lo, sugerimos a utilização de uma caneta esferográfica. Retire a peça contendo a tinta e as tampas da parte transparente da caneta. Note que nessa parte há um pequeno furo, tampe-o com uma fita adesiva transparente. Pronto, já temos um tubo transparente. Precisaremos de três tubos para o nosso experimento.

Com o auxílio de uma seringa, coloque cerca de 5 mL de cada uma das soluções preparadas dentro de sua respectiva membrana coquilífera. Essa medida é para o uso do ovo de codorna, caso seja utilizado o de galinha, o volume da solução deverá ser maior. Introduza o tubo transparente no orifício da membrana e amarre-a com auxílio de um barbante, de forma que o nível da solução apareça acima da parte amarrada (veja a 1ª coluna da Figura 1).

Encha um copo transparente com água e, em seguida, mergulhe somente a membrana com a solução, deixando o

tubo transparente fora d'água. Utilize um pregador de roupas para apoiar o tubo transparente com a membrana. Com uma caneta tipo hidrocor marque o nível inicial da solução no tubo (Figura 1).

Mergulhe os três osmômetros ao mesmo tempo na água e observe a subida da coluna da solução pelo tubo. Anote, a partir do ponto inicial marcado e com auxílio de uma régua, o deslocamento da coluna em um intervalo de tempo de 0, 5, 10 e 15 min (Figura 1).

Após um tempo, é possível observar que no osmômetro que contém somente água dentro da membrana coquilífera, não há alteração na altura do líquido dentro do tubo, diferentemente daqueles com as soluções de água e açúcar, onde há uma elevação desse líquido. Esse deslocamento é maior na solução mais concentrada (Figura 1).

Com esse experimento é possível aos alunos vivenciarem que as soluções possuem um potencial de gerar uma pressão osmótica. E que ela é proporcional à concentração da solução, ou seja, quanto mais concentrada maior a pressão osmótica. Entretanto, essa pressão osmótica só acontece quando duas soluções de concentrações diferentes estão separadas por uma membrana semipermeável. Podemos constatar isso observando em nosso experimento a entrada de água dentro do tubo e, conseqüentemente, a elevação da coluna do líquido. Ela só ocorreu quando colocamos a membrana coquilífera (com a solução de açúcar dentro) em contato com

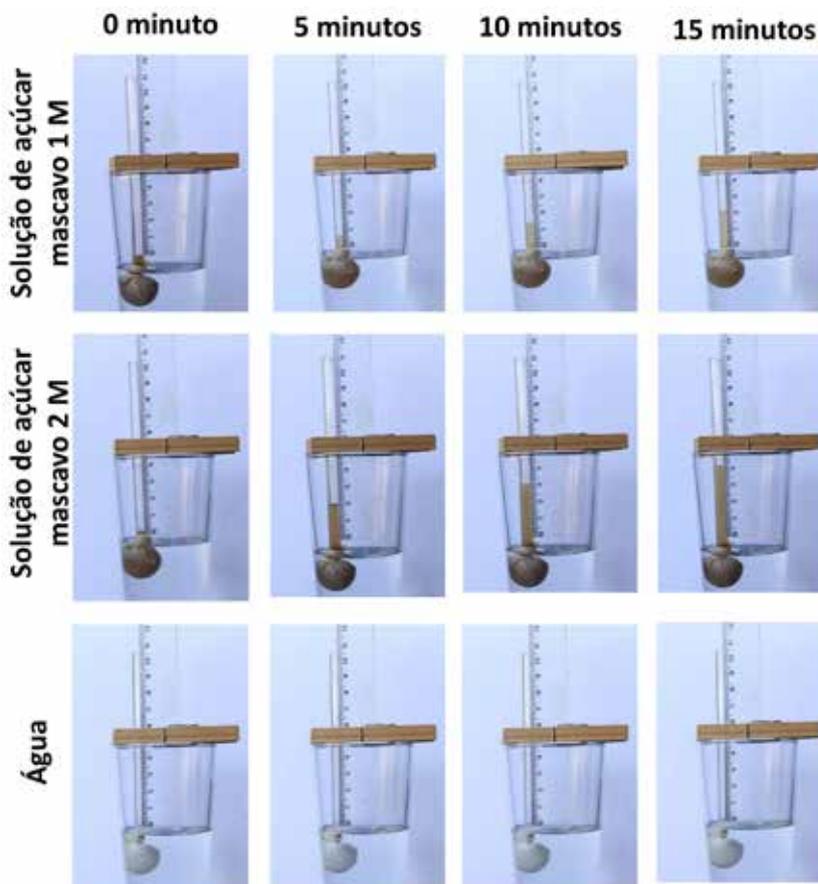


Figura 1: Osmômetro utilizando membrana coquilífera. Soluções de 1 e 2 M de açúcar mascavo e água foram colocadas dentro da membrana coquilífera e o conjunto mergulhado em um copo com água. As observações foram realizadas no tempo inicial (0 min), 5, 10 e 15 min. Fotos: Marcelo Guerra Santos.

a água. A força que teríamos que aplicar para que a coluna do líquido não subisse no tubo (pressão hidrostática) seria igual à pressão osmótica da solução. Então, pressão hidrostática = pressão osmótica = dgh . Onde d = densidade do líquido (kg/m^3), g = aceleração da gravidade (m/s^2) e h = altura da coluna líquida (m) (Heneine, 1991).

Com essa fórmula, podemos estimar a pressão osmótica necessária para elevar a coluna do líquido a cada intervalo de tempo. Por exemplo, no osmômetro com a solução de açúcar mascavo a 1 M, após 15 min, a coluna se elevou a 2,2 cm (Figura 1). Qual a pressão necessária para promover essa subida? A densidade da solução de açúcar mascavo 1 M = $1,26 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$. Então: pressão osmótica = $1,26 \times 10^3 \text{ kg/m}^3 \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 0,022 \text{ m}$,

$$\text{Pressão osmótica} = 271,65 \text{ kg/ms}^2 = 271,65 \text{ pascal} \quad (2)$$

É importante considerar que à medida que a água (solvente) se desloca para dentro do osmômetro, elevando a coluna d'água, a solução de açúcar dentro dele é diluída e o seu potencial químico aumentado, conseqüentemente, diminuindo a pressão osmótica da solução (Atkins e de Paula, 2010).

Considerações Finais

A importância da utilização desta técnica para a montagem do osmômetro tradicional está na sua facilidade de preparação e em seu baixo custo. Além disso, resgatamos com ele a possibilidade de demonstrar o mecanismo da

pressão osmótica por meio do experimento que, pelas nossas observações de aula, é o que melhor se aplica para a visualização e entendimento do processo, por nossos alunos. Com este experimento tradicional, foi mais fácil para os alunos entenderem sobre como a pressão desenvolvida nos sistemas osmóticos é gerada pela energia cinética das partículas em solução, e como o solvente se desloca mais, de uma solução para a outra, através da membrana semipermeável.

Agradecimentos

Ao professor Marcos Paes Torrecilha (UERJ) pela revisão das fórmulas.

Marcelo Guerra Santos (marceloguerrasantos@gmail.com) é bacharel em Ciências Biológicas (UNIRIO), mestre e doutor em Ciências Biológicas – Botânica (Museu Nacional, UFRJ). É professor adjunto da Faculdade de Formação de Professores (FFP) da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), lecionando nos cursos de Licenciatura em Ciências Biológicas, Especialização em Educação Básica – Ensino de Biologia e no Mestrado Acadêmico em Ensino de Ciências, Ambiente e Sociedade (PPGEAS). É também pesquisador do Núcleo de Pesquisa e Ensino de Ciências da FFP/UERJ (NUPEC). Rio de Janeiro, RJ – BR. **Wagner Gonçalves Bastos** (wgnutes@gmail.com) é licenciado e bacharel em História Natural (FT-ESM), mestre em Educação e doutor em Educação em Ciências e Saúde (UFRJ). É professor adjunto da Faculdade de Formação de Professores (FFP) da UERJ, lecionando nos cursos de Licenciatura em Ciências Biológicas, Especialização em Educação Básica – Ensino de Biologia, e no Mestrado Acadêmico em Ensino de Ciências, Ambiente e Sociedade (PPGEAS). É também pesquisador do Núcleo de Pesquisa e Ensino de Ciências da FFP/UERJ (NUPEC), do GERAES (NUTES/ UFRJ) e do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ). Rio de Janeiro, RJ – BR.

Referências

- AMABIS, J. M. e MARTHO, G. R. *Biologia das células*. Rio de Janeiro: Moderna, 1994.
- _____. e _____. *Temas de biologia: propostas para desenvolver em sala de aula*. Número 3. Trabalhando temas fundamentais: osmose. Rio de Janeiro: Moderna, 1996.
- ATKINS, P. W. e DE PAULA, J. *Physical chemistry*. New York: W. H. Freeman and Company, 2010.
- BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. *Ciências físicas e naturais: 700 experiências*. Rio de Janeiro: Ministério da Educação e Cultura, 1964.
- _____. _____. *Laboratório básico polivalente de ciências para o 1º grau*. Rio de Janeiro: Ministério da Educação e Cultura, 1978.
- BRITO, E. A. e FAVARETTO, J. A. *Biologia: uma abordagem evolutiva e ecológica*. São Paulo: Moderna, 1997.
- BSCS. *Biologia: das moléculas ao homem*. Versão azul. São Paulo: Edart, 1973.
- CAMBRAIA, J. e PACHECO, S. *Práticas de biofísica*. Viçosa: UFV, 2000.

CAMPOS, A. F. e VERÍSSIMO, V. B. Concepções dos estudantes de química sobre as propriedades coligativas das soluções. *Revista Dynamis*, v. 21, p. 41-52, 2015.

HEMMER, S. *Why does vinegar affect limestone?* Disponível em <http://sciencing.com/vinegar-affect-limestone-7888211.html>, acessado em Junho 2018.

HENEINE, I. F. *Biofísica básica*. Rio de Janeiro: Atheneu, 1991.

LINHARES, S. e GEWANDSZNAJDER, F. *Biologia hoje*. Rio de Janeiro: Ática, 1994.

LOPES, S. *Bio: introdução à biologia e origem da vida, citologia, reprodução e embriologia, histologia*. São Paulo: Saraiva, 1997.

MAESTRI, M.; ALVIM, P. T.; SILVA, M. A. P.; MOSQUIM, P. R.; PUSCHMANN, R.; CANO, M. A. O. e BARROS, R. S. *Fisiologia vegetal (exercícios práticos)*. Viçosa: UFV, 2001.

UZUNIAN, A. *Biologia 1*. São Paulo: Harbra, 1997.

VIEIRA, H. J.; FIGUEIREDO-FILHO, L. C. S. e FATIBELLO-FILHO, O. Um experimento simples e de baixo custo para compreender a osmose. *Química Nova na Escola*, n. 26, p. 40-43, 2007.

Abstract: *Measuring the Osmotic Pressure of Solutions in Osmometer Made with Membrane from Bird Eggs.* Homemade osmometers are a simple apparatus used to demonstrate the osmotic effect. They are very popular in didactic books and easy to make. Some teachers try replicating it unsuccessfully due to the quality of the cellophane used, which is not adequate. Nowadays, most cellophane found in the market are just colored plastics, and do not present the properties of a semipermeable membrane, which is very important in osmosis. An alternative is to use the membranes of chicken or quail eggs, which are semipermeable, to replace cellophane for making the traditional homemade osmometers.

Keywords: osmotic pressure, osmometer, egg membrane

O Ensino de Química no Ensino CTS Brasileiro: Uma Revisão Bibliográfica de Publicações em Periódicos

Chemistry Teaching in Brazilian CTS Teaching: a Bibliographic Review of Journal Articles

Júlia D. Bouzon, Juliana B. Brandão, Taís C. dos Santos e Álvaro Chrispino

214

Resumo: Este trabalho apresenta uma revisão bibliográfica de publicações em periódicos a partir do mapeamento de palavras-chave, autores e obras mais citadas sobre o ensino de química com enfoque CTS no Brasil. Para o desenvolvimento desta pesquisa, foram consultados 244 artigos encontrados em 31 revistas brasileiras de ensino e educação, indexadas com Qualis A1, A2 e B1 pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), publicados de 1996 a 2016. A fim de estabelecer um recorte metodológico, pesquisou-se neste conjunto trabalhos relacionados ao ensino de química, resultando em 41 artigos que constituíram o objeto desta pesquisa. A partir da análise das informações, verificou-se que o acrônimo CTS foi a palavra-chave de maior relevância dentro da área. Além disso, foi feito um estudo sobre a comunicação entre os autores desses artigos, com destaque para as pesquisadoras Carmem Lúcia Costa Amaral, Vânia Gomes Zuin e Maria DeLourdes Maciel, que são as que estabelecem maior relação com os demais autores dos textos analisados. O estudo realizado revelou ainda que Wildson Santos, além de ser o autor mais citado nesse universo, tem a obra *Educação em Química: compromisso com a cidadania*, em parceria com Roseli Pacheco Schnetzler, como a mais referenciada na área de ensino de química com enfoque CTS no Brasil.

Palavras-chave: CTS. Ensino de Química. Revisão Bibliográfica.

Abstract: This work presents a bibliographic review of publications in journals from the mapping of keywords, authors and most cited works on chemical education with a CTS approach in Brazil. For the development of this research, 244 articles were consulted in 31 Brazilian journals of teaching and education, indexed with Qualis A1, A2 and B1 by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), published from 1996 to 2016. In order to establish a methodological cut, we have investigated in this set works related to the teaching of chemistry, resulting in 41 articles that constituted the object of this research. From the analysis of the information it was verified that the acronym CTS was the the most relevant keyword in this area. In addition, a study was carried out on the communication between the authors of these articles, especially the researchers Carmem Lúcia Costa Amaral, Vânia Gomes Zuin and Maria DeLourdes Maciel, who are the ones who establish a greater relationship with the other authors of the texts analyzed. The study also revealed that Wildson Santos, besides being the most cited author in this universe, has the work *Education in Chemistry: commitment to citizenship*, in partnership with Roseli Pacheco Schnetzler, as the most referenced in the area of chemistry education with a CTS approach in Brazil.

Keywords: CTS. Chemistry Education. Bibliographic Review.

Júlia Damazio Bouzon (juliabouzon@gmail.com), mestre em Ensino de Ciências da Natureza Universidade Federal Fluminense (UFF), é professora no Colégio Pedro II – Campus Centro. Rio de Janeiro, RJ – BR. Juliana Barreto Brandão (profjulianabrandao@gmail.com), mestre em Ensino de Ciências da Natureza pela UFF, é professora do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET/RJ). Rio de Janeiro, RJ – BR. Taís Conceição dos Santos (taisquim@hotmail.com), doutora em Ensino em Biociências e Saúde pela Fundação Oswaldo Cruz, é professora do CEFET/RJ. Rio de Janeiro, RJ – BR. Álvaro Chrispino (alvaro.chrispino@gmail.com), doutor em Educação pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, é professor do CEFET/RJ. Rio de Janeiro, RJ – BR. Recebido em 23/11/2017, aceito em 01/06/2018

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.

A química ainda é vista como uma ciência de difícil compreensão pela maioria das pessoas. Um dos motivos que justificam este pensamento é a forma meramente propedêutica pela qual os conteúdos desta disciplina são ensinados aos alunos, de maneira descontextualizada e fragmentada, tornando-se distante de seu cotidiano. Na interpretação de Auler (2003, p. 78)

[...] pode ser interessante ensinar as disciplinas, por elas mesmas, a futuros especialistas, mas não devemos nos assombrar se, quando nosso ensino está majoritariamente centrado sobre os interesses dos cientistas, os jovens acabam ficando desgostosos com o ensino de ciências.

Tendo isso em vista, o ensino focado na tríade Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) vem ao encontro desta problemática, como uma abordagem que busca superar esse quadro e que se preocupa em ampliar o processo de ensino-aprendizagem para além dos muros da escola, se utilizando da compreensão dos conteúdos não com um fim em si mesmo, mas como um meio capaz de promover a formação crítica do indivíduo. De acordo com Manassero e Vázquez (2001, p. 16),

No espírito desse movimento está o desejo de oferecer, através da educação científica, uma visão mais autêntica da ciência e da tecnologia em seu contexto social, distantes de imagens mitificadas e tendenciosas (cientificismo e tecnocracia) ao mesmo tempo em que se reconhece a tecnologia como uma atividade diferente, integrada e equiparável com a ciência, e não só como mera ciência aplicada.

Essas imagens mitificadas e tendenciosas fazem com que os alunos percebam a ciência como neutra, isenta de influência política, social, ideológica, econômica, dentre outras. Na visão de Auler e Delizoicov (2001), esta neutralidade é considerada o mito original da ciência e abrange concepções como se a ciência fosse salvadora, infalível, o suporte para a produção de tecnologias que serão sempre benéficas para a sociedade, ou seja, quanto mais ciência, mais tecnologia e, conseqüentemente, mais progresso (Bazzo et al., 2003; Auler e Delizoicov, 2001; Manassero e Vázquez, 2001).

Apesar de ser uma alternativa para a superação desses mitos, é importante ressaltar a complexidade da abordagem CTS que, segundo Aikenhead (2005), leva a variadas concepções sobre o assunto, demonstrando a diversidade do tema, um fato positivo para o ensino. Contudo, ao mesmo tempo, mostra a dificuldade de se chegar a um consenso, o que pode ser um empecilho para os professores que desejam se utilizar desta abordagem. Sendo assim, neste trabalho destacamos a concepção de CTS na visão de Cutcliffe (2003, p. 18):

A missão central do campo [acadêmico] CTS,

até o momento, tem sido expressar a interpretação da ciência e da tecnologia como um processo social. Deste ponto de vista, a ciência e a tecnologia são vistas como projetos complexos em que os valores culturais, políticos e econômicos nos ajudam a configurar os processos tecnocientíficos, que, por sua vez, afetam os mesmos valores e a sociedade que os detém.

Ao pensar essa interpretação no contexto do ensino de ciências/química, é necessário explicitar que o ensino CTS requer maior atenção do professor no que diz respeito a sua prática, desde a preparação da aula até a condução da mesma, a fim de se obter um clima tanto metodológico quanto afetivo que sejam positivos para o aluno. No entanto, o educador pode encontrar dificuldades para promover essa mudança e, com o objetivo de auxiliá-lo, Acevedo Díaz (1996) propõe estratégias de ensino-aprendizagem e descreve algumas funções características do professor que se utiliza da educação CTS.

Essa discussão nos leva a refletir sobre a produtividade do ensino com enfoque CTS no Brasil. Auler (2007, p. 1) afirma que as iniciativas nesta área ainda são muito modestas e acredita que, para mudar esse panorama, é necessária intensa mudança curricular. Ou seja,

configurações curriculares mais sensíveis ao entorno, mais abertas a temas, a problemas contemporâneos marcados pela componente científico-tecnológica, enfatizando-se a necessidade de superar configurações pautadas unicamente pela lógica interna das disciplinas, passando a serem configuradas a partir de temas/problemas sociais relevantes, cuja complexidade não é abarcável pelo viés unicamente disciplinar.

Além disso, é importante acrescentar que os documentos oficiais, como Parâmetros Curriculares Nacionais, Diretrizes Curriculares Nacionais, Matriz de Referência do Exame Nacional do Ensino Médio, dentre outros, já possuem proposições curriculares que apontam para a abordagem CTS. Todavia, Strieder et al. (2016, p. 100) afirmam que

[...] não é suficiente inserir mudanças nos documentos curriculares sem promover, de forma articulada, mudanças nas concepções e na prática pedagógica dos professores, até porque crenças e atitudes sobre cidadania, tecnologia, aspectos sociocientíficos, interdisciplinaridade, contextualização e abordagem temática, interferem nas práticas didático-pedagógicas dos docentes.

Concatenando as ideias apresentadas, acreditamos que o uso da abordagem CTS pode ser uma opção para a promoção de um ensino de química voltado para a formação mais crítica

dos indivíduos, a partir da construção social da ciência e da tecnologia. Com isso, assim como já foi feito para o ensino de biologia através do mesmo banco de dados (Rocha et al., 2017), este trabalho busca fazer uma revisão bibliográfica sobre o ensino de química com enfoque CTS, fazendo uma análise crítica sobre a representação destes no ensino CTS brasileiro, utilizando-se da ferramenta de redes sociais.

O estudo de redes sociais se originou nas ciências sociais com o antropólogo John Arundel Barnes, o qual considera que “quando estudamos a organização social de uma sociedade simples, visamos compreender sistematicamente todas as maneiras com que os membros da sociedade interagem uns com os outros” (Barnes, 1954, p. 39).

Para a construção de uma rede social, a matemática se utiliza da Teoria dos Grafos. De acordo com esta teoria, “uma rede social, que pode ser modelada por um grafo, é definida como um conjunto de vértices ou atores cujas inter-relações são representadas por arcos” (Chrispino et al., 2013, p. 460).

Para Melo et al. (2016, p. 594),

[...] a análise de rede social nos permite ter uma visão panorâmica de como se comporta uma área, seja ela CTS ou qualquer outra. A metodologia escolhida, ainda que não tão popular quanto outras na área de ensino, apresenta uma visão dos dados capaz de trazer amplitude e o tratamento de um número elevado de dados. Assim como metodologias de análise de conteúdo e suas derivadas, ela apresenta categorizações retiradas do próprio material de análise, porém, não de forma qualitativa, mas quantitativa. Isso permite que trabalheamos tantos artigos quantos a literatura nos dispuser.

Sendo assim, neste trabalho foi utilizada a Teoria dos Grafos para modelar as redes sociais, em especial de palavras-chave e autores de artigos de ensino de química com enfoque CTS no Brasil.

Metodologia

Para o desenvolvimento dessa pesquisa, consultamos 244 artigos encontrados em 31 revistas brasileiras de ensino e educação, indexadas com Qualis A1, A2 e B1 pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), publicados de 1996 a 2016. Os artigos foram selecionados a partir da busca em resumos, títulos e/ou palavras-chave que continham o acrônimo CTS e suas derivações, como “Ciência”, “Tecnologia” e “Sociedade”, “Ciência-Tecnologia-Sociedade”, “Ciência e Tecnologia e Sociedade”.

As revistas que constam nesse banco de dados são: *Acta Scientiae*; *Alexandria, Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*; *Avaliação*; *Biodiversidade*; *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*; *Ciência & Cognição*; *Ciência & Educação*;

Ciência e Ensino; *Ciência em Tela*; *Ciências e Ideias*; *Debates em Educação Científica e Tecnológica*; *Educação Matemática Pesquisa*; *Educar em Revista*; *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências*; *Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista*; *Ensino, Saúde e Ambiente*; *Experiências em Ensino de Ciências*; *Investigações em Ensino de Ciências*; *Pesquisa em Educação Ambiental*; *Química Nova na Escola*; *Química Nova*; *Revista Brasileira de Ciência, Tecnologia e Sociedade*; *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia*; *Revista Brasileira de Ensino de Física*; *Revista de Ensino de Ciências e Engenharia*; *Revista de Ensino de Ciências e Matemática – RENCIMA*; *Revista de Ensino de Engenharia*; *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciência*; *Scientia Plena*; e *Tecnologia e Sociedade*.

Dentro dos 244 artigos, uma nova busca foi realizada a fim de identificarmos os artigos que se relacionavam com o ensino de química. Para isto, foram pesquisados em títulos e palavras-chave o termo “química” ou outros termos que possuíssem relação com o termo química, tendo como resultado 41 artigos (Tabela 1) que foram o nosso objeto de estudo.

Como ferramenta de trabalho, optamos pela análise de rede social que, através de grafos (representação gráfica de uma rede), possibilita perceber a interação entre entes diversos dentro de um universo. O grafo é constituído de vértices ou atores e arestas, que são as conexões que ligam esses vértices, ou seja, representam os laços de relacionamento entre os mesmos. Neste trabalho, os atores analisados foram as palavras-chave e os autores.

Mesmo que uma rede social, em princípio, nos traga apenas dados quantitativos, ela ainda nos permite fazer uma análise qualitativa a respeito dos dados.

A rede social deste trabalho foi gerada no software *NodeXL*¹ que, além de gerar o grafo, permite calcular medidas de centralidade. Estas são graus que indicam as posições dos vértices de uma rede social e possibilitam quantificar a interligação de um ator dentro da rede, podendo ser de diferentes tipos, como por exemplo: de grau de entrada, de proximidade (*closeness*) e de intermediação (*betweenness*). Neste caso, usaremos as medidas de centralidade citadas anteriormente.

A medida de centralidade de grau de entrada aponta quantas arestas se ligam a um vértice da rede. Sendo assim, quanto maior for a centralidade de grau, mais relações um vértice (palavra-chave, por exemplo) possui com outros e maior é a sua importância dentro da rede. A medida de centralidade de proximidade (*closeness*) mede a distância da ligação entre os vértices, o que significa que quanto maior for o grau de proximidade, menor é a distância entre duas palavras-chave e, conseqüentemente, maior é a comunicação entre elas. Em contrapartida, a medida de centralidade de intermediação (*betweenness*) indica a capacidade que um vértice tem de relacionar duas sub-redes, isto é, de que forma uma palavra-chave consegue intermediar dois ou mais artigos no menor caminho entre eles. Sendo assim, indica o quanto a palavra

Tabela 1: Lista de artigos analisados organizados por revista

Revista	Localização
Química Nova na Escola	<ul style="list-style-type: none"> • FERNANDES, C. S. e MARQUES, C. A. v. 37, n. 4, p. 294-304, 2013. • REBELLO, G. A. F. <i>et al.</i> v. 34, n. 1, p. 3-9, 2012. • REBELO, I. S. <i>et al.</i> v. 27, n. 2, p. 30-33, 2008. • SILVA, P. S. e MORTIMER, E. F. v. 34, n. 4, p. 240-247, 2012. • SILVA, R. O. v. 32, n. 2, p. 90-94, 2010. • SOUZA, F. L. e MARTINS, P. v. 33, n. 1, p. 19-24, 2011. • ZUIN, V. G. <i>et al.</i> v. 31, n. 1, p. 3-8, 2009.
Ciência & Educação	<ul style="list-style-type: none"> • FIRME, R. D. N. e AMARAL, E. M. R. v. 17, n. 2, p. 383-399, 2011. • FIRME, R. N. e AMARAL, E. M. R. v. 14, n. 2, p. 251-269, 2008. • SILVA, E. L. e MARCONDES, M. E. R. v. 21, n. 1, p. 65-83, 2015. • ZANOTTO, R. L. <i>et al.</i> v. 22, n. 3, p. 727-740, 2016.
Experiências em Ensino de Ciências	<ul style="list-style-type: none"> • MATHIAS, G. e AMARAL, C. v. 5, n. 2, p. 107-120, 2010. • REGIS, A. C. D. e BELLO, M. E. D. R. B. v. 6, n. 1, p. 95-111, 2011. • SANTOS, M. S. <i>et al.</i> v. 5, n. 3, p. 115-121, 2010. • XAVIER, P. M. A. <i>et al.</i> v. 8, n. 2, p. 37-50, 2013.
Investigações em Ensino de Ciências	<ul style="list-style-type: none"> • AMARAL, C. L. C. <i>et al.</i> v. 14, n. 1, p. 101-114, 2016. • MARCONDES, M. E. R. <i>et al.</i> v. 14, n. 2, p. 281-298, 2009. • SANTOS, W. L. P. e MORTIMER, E. F. v. 14, n. 2, p. 191-218, 2016.
Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Tecnologia	<ul style="list-style-type: none"> • AZEVEDO, L. A. <i>et al.</i> v. 6, n. 2, p. 41-61, 2013. • OLIVEIRA, S. <i>et al.</i> v. 8, n. 4, p. 75-105, 2015. • SANTOS, M. S. <i>et al.</i> v. 3, n. 2, p. 98-116, 2010.
Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências	<ul style="list-style-type: none"> • BARBOSA, L. G. D. <i>et al.</i> v. 14, n. 1, p. 113-130, 2012. • SANTOS, M. S. <i>et al.</i> v. 14, n. 1, p. 227-239, 2012. • SILVA, E. S. e MARCONDES, M. E. R. v. 12, n. 1, p. 101-118, 2010.
Ciência & Ensino	<ul style="list-style-type: none"> • FLÔR, C. C. v. 1, p. 1-8, 2007. • PIERSON, A. P. H. C. <i>et al.</i> v. 1, p. 1-10, 2007. • SANTOS, W. L. P. v. 1, p. 1-12, 2007.
Revista de Ensino de Ciências e Matemática	<ul style="list-style-type: none"> • SANTOS, M. S. <i>et al.</i> v. 3, n. 3, p. 405-418, 2012. • TOMMASIELLO, M. G. C. v. 3, n. 3, p. 231-242, 2012. • VASCONCELOS, T. N. H. <i>et al.</i> v. 3, n. 3, p. 377-388, 2012.
Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia	<ul style="list-style-type: none"> • OLIVEIRA, A. M. e RECENA, M. C. P. v. 7, n. 1, p. 103-126, 2014. • RICHETTI, G. P. e ALVES FILHO, J. P. v. 2, n. 1, p. 85-108, 2009.
Ciências & Cognição	<ul style="list-style-type: none"> • KRUGER, J. G. e LEITE, S. Q. M. v. 15, n. 1, p. 171-186, 2010. • ZUIN, V. G. <i>et al.</i> v. 13, n. 1, p. 56-64, 2008.
Acta Scientiae: revista de ensino de ciências e matemática	<ul style="list-style-type: none"> • FERREIRA, M. e DEL PINO, J. C. v. 11, n. 1, p. 101-118, 2009.
Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista	<ul style="list-style-type: none"> • NIEZER, T. M. e SILVEIRA, R. M. C. v. 4, p. 69-84, 2014.
Ensino, Saúde e Ambiente	<ul style="list-style-type: none"> • PIRES, R. O. <i>et al.</i> v. 9, n. 3, p. 283-296, 2016.
Química Nova	<ul style="list-style-type: none"> • VIANNA, J. F. <i>et al.</i> v. 22, n. 5, p. 765-768, 1999.
Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências	<ul style="list-style-type: none"> • OLIVEIRA, R. D. V. L. e QUEIROZ, G. R. P. C. v. 16, p. 339-360, 2016.
Revista Eletrônica Debates em Educação Científica e Tecnológica	<ul style="list-style-type: none"> • NUNES, A. O. <i>et al.</i> v. 3, n. 2, p. 33-51, 2013.
Revista Tecnologia e Sociedade	<ul style="list-style-type: none"> • FERREIRA, K. M. e VASCONCELOS, T. H. v. 12, n. 24, p. 1-26, 2016.

está comprometida com o fluxo de informação, funcionando como “pontes” no conjunto da rede.

Considerando que alguns termos apresentam o mesmo significado, foram criadas algumas equivalências, como,

por exemplo, a substituição das palavras-chave “abordagem CTS”, “CTSA”, “concepções CTS”, “relações CTS”, “relações CTSA” e “atividades CTS” por “CTS”, dentre outras do mesmo tipo.

Depois da rede gerada, foram selecionados, a fim de recorte de pesquisa, os 10 vértices que apresentavam maior grau de entrada e organizou-se uma tabela com os dados de suas diversas medidas de centralidade para posterior análise.

Além disso, com o objetivo de apresentar um resumo sobre as referências mais citadas e um breve panorama sobre a história dos primeiros autores mais relevantes neste campo, duas outras tabelas foram montadas a partir dos 41 artigos relacionados ao ensino de química: a primeira contendo as obras mais citadas por esses artigos e a outra com os primeiros autores mais referenciados pelos mesmos.

Resultados

A investigação inicial sobre o material selecionado mostra que o número de publicações de artigos sobre ensino de química com abordagem CTS aumentou de 1999 a 2012, apresentando pequena queda em 2011, conforme o Gráfico 1. Essa crescente pode ser justificada pelo fato de que, nesse período, tivemos uma reforma curricular no ensino médio que incorporou “em seus objetivos e fundamentos, elementos dos currículos com ênfase em CTS” (Santos e Mortimer, 2002, p. 114), bem como a realização, em julho de 2010, do II Seminário Ibero-Americano Ciência-Tecnologia-Sociedade no Ensino de Ciências, em Brasília, organizado pela Universidade de Brasília (UnB), Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET/RJ) e Universidade Cruzeiro do Sul (UNICSUL), que permitiu a reunião dos pesquisadores da área, além de publicações que sintetizaram as grandes ideias apresentadas no evento como, por exemplo, Santos e Auler (2011).

Outra análise realizada foi em relação ao número de artigos sobre o tema publicados em uma mesma revista. De acordo com o Gráfico 2, observa-se que não há grande variação entre os periódicos, destacando-se, no entanto, a revista *Química Nova na Escola* que, por ser especializada na publicação de artigos sobre química, de modo não surpreendente, apresenta o maior número de publicações investigadas neste trabalho. Ainda em relação a essa análise, cabe ressaltar que as revistas *Acta Scientiae*:

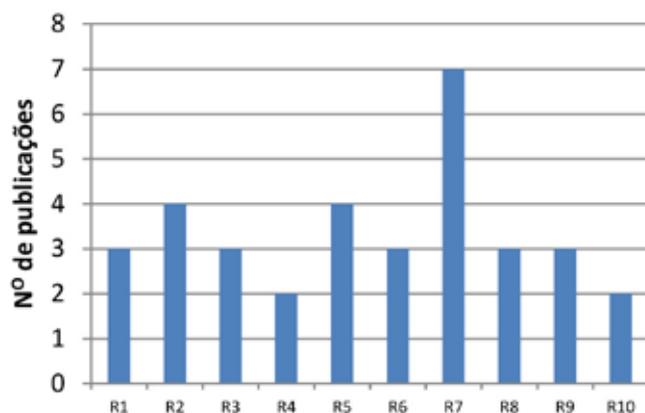


Gráfico 2: Número de publicações CTS/Química por periódico.

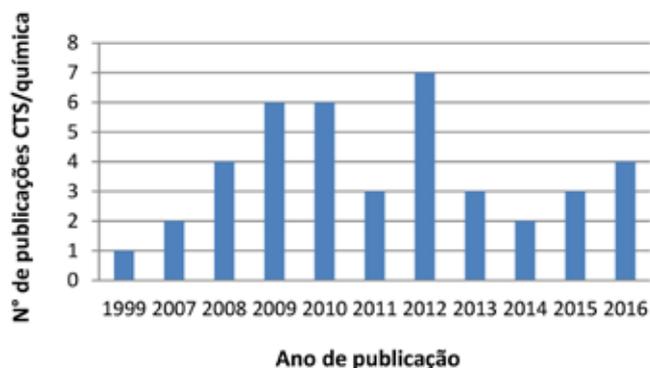


Gráfico 1: Número de publicações CTS/Química por ano.

Revista de Ensino de Ciências e Matemática; Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista; Ensino, Saúde e Ambiente; Química Nova; Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências; Revista Tecnologia e Sociedade; Revista Eletrônica Debates em Educação Científica e Tecnológica apresentam apenas 1 artigo publicado e não estão representadas no gráfico.

Investigou-se também o vínculo institucional dos autores desses artigos, como mostra o Gráfico 3. Neste Gráfico estão presentes as instituições que possuem mais de um autor contribuindo para este tipo de produção acadêmica. Percebemos, então, que a maior parte das instituições contribui apenas com um autor (e por isso não estão em evidência no Gráfico 3), indicando que a maioria dos artigos foi confeccionada, em parceria, por autores de instituições diferentes, contribuindo para o diálogo entre as mesmas acerca do tema. Por outro lado, merecem destaque a Universidade Cruzeiro do Sul, a USP e a UFSCar, instituições com maior número de autores que publicam sobre o ensino de química com abordagem CTS.

A seguir, passamos ao mapeamento das palavras-chave dos artigos. Essa análise possibilitou identificar os termos mais relevantes no conjunto de publicações estudado, indicando quais temáticas da área de química mais se relacionam com CTS. A partir da organização das mesmas no *software* citado, gerou-se uma rede social como mostra a Figura 1.

Nessa rede, podemos observar de que maneira as palavras-chave se relacionam entre si. Os vértices em negrito

Legenda:

- R1 - Revista de Ensino de Ciências e Matemática
- R2 - Ciência & Educação
- R3 - Ciência & Ensino
- R4 - Ciências & Cognição
- R5 - Experiências em Ensino de Ciências
- R6 - Investigações em Ensino de Ciências
- R7 - Química Nova na Escola
- R8 - Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Tecnologia
- R9 - Revista Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências
- R10 - Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia

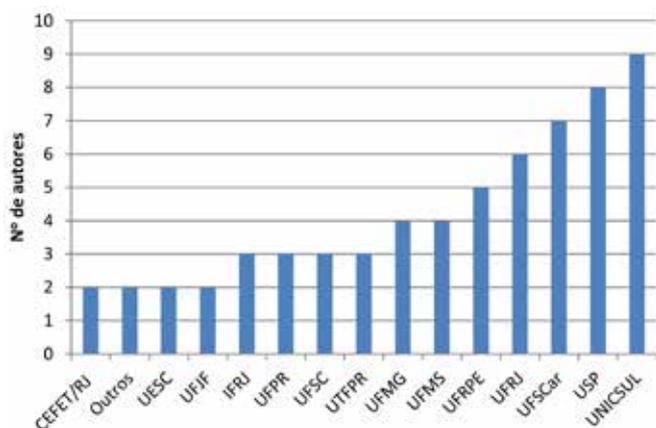


Gráfico 3: Número de autores por instituição.

correspondem às dez que possuem maior grau de entrada, ou seja, aquelas que possuem maior conexão com outros vértices. Além disso, destacamos em vermelho as redes desconexas, que são assim denominadas por não possuírem nenhum vínculo com palavras-chave de outras sub-redes. Isso mostra que, apesar de serem artigos com enfoque CTS, a escolha das palavras-chave dos mesmos não contribui para que a comunidade científica desta área tome conhecimento desses trabalhos facilmente, uma vez que não possuem correlação com a maioria das demais palavras. Ou seja, cada rede desconexa é formada por um grupo de termos que foram indicados como palavras-chave exclusivamente em um dos 41 artigos analisados e, por isso, elas não se relacionam com nenhuma outra sub-rede. Neste sentido, é importante ressaltar que esses artigos só constam na nossa rede devido à análise criteriosa das palavras-chave de todos os artigos do banco de dados que tinham a ver com química e que,

caso fosse feita uma busca a partir das expressões “CTS” e/ou “química”, os mesmos não estariam neste trabalho.

Os dados da Tabela 2, em consonância com a análise do grafo, nos permitem identificar que “CTS” e “ensino de química” são duas palavras-chave que possuem elevadas medidas de centralidade. Isso indica maior poder de comunicação destas palavras com as demais que constituem a rede, bem como maior capacidade que as mesmas têm de relacionar artigos diferentes, o que era esperado, uma vez que estas palavras caracterizam o objeto principal desta pesquisa.

Do universo de palavras listadas na Tabela 2, é importante destacar que, de modo surpreendente, o acrônimo “EJA” apresenta medidas de centralidade de intermediação e de proximidade superiores a outras palavras-chave que esperávamos que fossem mais relevantes para a pesquisa, como o termo “química”. Acreditamos que isso se dá pelo fato de que os professores que atuam neste segmento, provavelmente, buscam aproximar o ensino de química ao cotidiano dos estudantes e, para tal, têm se utilizado da abordagem CTS. Silva e Ploharski (2011, p. 1650) justificam essa aproximação ao cotidiano dos alunos quando defendem que

[...] a metodologia poderá ser um dos agentes causadores do alto índice de evasão escolar nesta modalidade de ensino, uma vez que os professores insistem em utilizar metodologias infantilizadas, sem considerar a rotina de quem estuda e trabalha. No entanto, problemas como esses podem ser resolvidos quando o professor conhece as especificidades desse público e usa do cotidiano do aluno como eixo

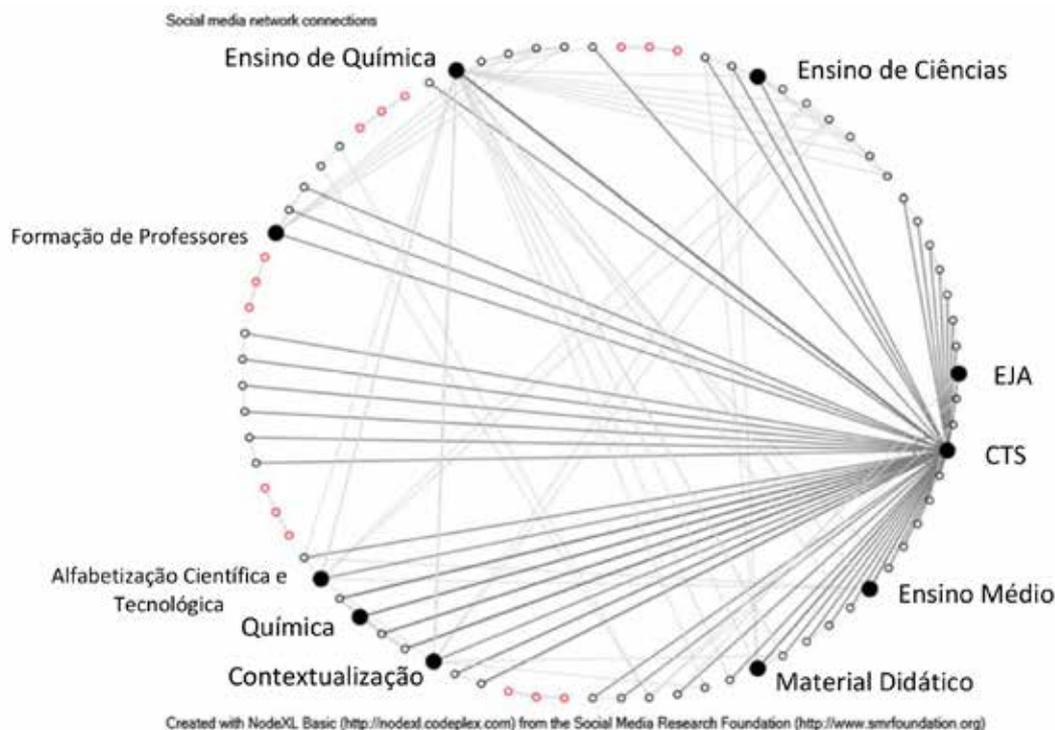


Figura 1: Grafo gerado a partir das palavras-chave.

Tabela 2: Medidas de centralidade para as palavras-chave

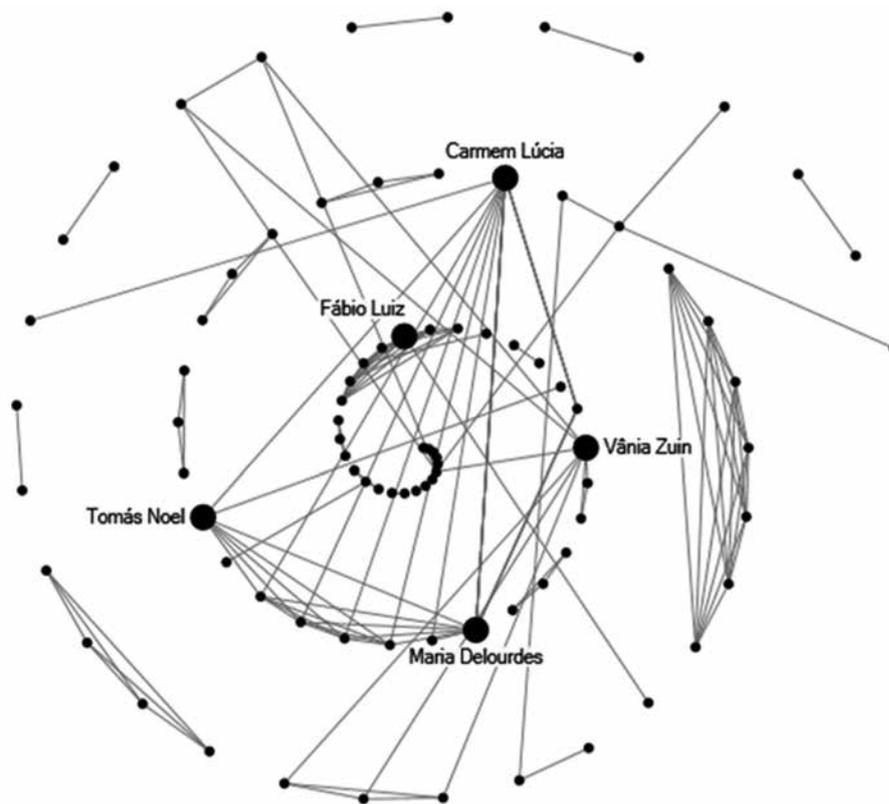
Palavra-chave	Centralidade de grau	Centralidade de proximidade	Centralidade de intermediação
CTS	49	0,013	1687,233
Ensino de Química	17	0,008	161,067
Formação de Professores	7	0,008	232,000
Ensino de Ciência	8	0,008	95,967
Material Didático	5	0,008	2,967
Contextualização	7	0,008	54,467
Alfabetização Científica e Tecnológica	7	0,008	31,967
EJA	6	0,008	32,333
Ensino Médio	5	0,008	0,667
Química	4	0,007	0,000

condutor das aprendizagens, essa atitude torna-se imprescindível, para o profissional docente que opta por trabalhar com alunos da EJA, uma vez que se acredita na importância da educação, do ensino sistematizado para a promoção do jovem e do adulto não alfabetizado na atual conjuntura política, econômica e social, promovendo-o como real cidadão.

Além da rede social de palavras-chave, gerou-se outra rede com 86 autores e coautores dos 41 artigos, a fim de analisarmos

como os mesmos se relacionam, já que o diálogo entre distintos autores contribui para difundir cada vez mais as ideias de uma determinada área de estudo. O grafo está esquematizado na Figura 2, onde os vértices em destaque indicam os cinco autores que apresentaram maior centralidade de grau, ou seja, aqueles que conseguem estabelecer mais relações com os demais autores.

A partir do grafo, montou-se uma tabela com os cinco autores que possuem maiores centralidades de grau, bem como a instituição à qual são vinculados (Tabela 3).



Created with NodeXL (<http://nodexl.codeplex.com>)

Figura 2: Grafo gerado a partir dos autores.

Tabela 3: Medidas de centralidade dos autores

Autor	Centralidade de grau	Instituição de vínculo
Carmem Lúcia Costa Amaral	9	Universidade Cruzeiro do Sul
Vânia Gomes Zuin	8	Universidade Federal de São Carlos
Maria DeLourdes Maciel	8	Universidade Cruzeiro do Sul
Fábio Luiz de Souza	7	Universidade de São Paulo
Tomás Noel Herrera Vasconcelos	7	Universidade Cruzeiro do Sul

O levantamento dos autores de cada artigo e a análise do grafo e da tabela nos permitem avaliar que três dos cinco autores que possuem maior grau de centralidade são vinculados à mesma Universidade e a maioria dos artigos publicados por estes autores são em parceria conjunta ou até com outros professores da mesma Universidade. Isso mostra que o diálogo entre esses autores contribui para os altos graus de centralidade, apesar da endogenia institucional.

Outra constatação relevante é a de que os trabalhos do segundo e do quarto autor da Tabela 3 foram feitos em conjunto com muitos coautores, sendo todos da mesma instituição, favorecendo o alto valor da medida de centralidade de grau.

O estudo das medidas de centralidade de intermediação nos mostra que esses autores também estabelecem boa comunicação com autores de outras sub-redes. No entanto, a investigação dessas medidas dos 86 autores, mostrou que, destes, 72 apresentam centralidade de intermediação igual a zero. Assim, ficou claro que os escritores que publicaram na área de ensino de química com enfoque CTS no Brasil no período de 1996 a 2016 dialogam muito pouco com autores de diferentes instituições de ensino, o que justifica a enorme quantidade de redes desconexas presentes na Figura 2.

Com o intuito de apresentar as contribuições para o ensino CTS das referências de maior relevância utilizadas na

elaboração dos artigos sobre ensino de química, selecionamos, dentre 41, as oito obras mais citadas no conjunto pesquisado, como mostra a Tabela 4.

A leitura desses resultados indica o livro *Educação em Química: compromisso com a cidadania*, de Santos e Schnetzler (2008) como o trabalho mais citado. Analisando o texto dessa obra, identificamos que os autores apresentam como reflexão o objetivo do ensino de química, que é formar cientistas ou cidadãos capazes de interferir na sociedade em que vivem, exercendo sua cidadania. Merece destaque o fato de que os autores dedicam um capítulo ao tema “formação do cidadão e o ensino CTS”, em que apresentam “as principais proposições encontradas na literatura internacional sobre a caracterização e implementação do ensino CTS, Ciência, Tecnologia e Sociedade” (Santos e Schnetzler, 2008, p. 59), sendo o provável motivo de ser a obra de maior relevância nesta área.

Utilizando-se do mesmo viés, Santos e Mortimer (2002) apresentam, em seu artigo, uma análise crítica sobre pressupostos de currículos de ensino de ciências com ênfase em CTS, de modo a fornecer subsídios para a elaboração de novos modelos curriculares que alcancem os objetivos educacionais desejados com a abordagem CTS. Nesse contexto, eles fizeram um breve histórico sobre as mudanças curriculares ocorridas entre as décadas de 1970 e 2000, e citam materiais didáticos

Tabela 4: Referências mais citadas sobre o ensino de química nos artigos analisados

Rank	Número de citações	Referência
1	18	SANTOS, W. L. P. e SCHNETZLER, R. P. <i>Educação em química: compromisso com a cidadania</i> . Ijuí: Unijuí, 2008.
2	15	SANTOS, W. L. P. e MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (ciência-tecnologia-sociedade) no contexto da educação brasileira. <i>Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências</i> , v. 2, n. 2, p. 110-132, 2002.
3	10	AULER, D. e DELIZOICOV, D. Alfabetização científico-tecnológica para quê? <i>Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências</i> , v. 3, n. 2, p. 122-134, 2001.
4	8	ACEVEDO DÍAZ, J. A. Cambiando la práctica docente em la enseñanza de las ciencias a través de CTS. <i>Borrador, Huelva</i> , v. 13, p. 26-30, 1996.
5	7	AULER, D. Alfabetização científico-tecnológica: um novo “paradigma”? <i>Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências</i> , v. 5, n. 1, p. 68-83, 2003.
6	6	SANTOS, W. L. P. e MORTIMER, E. F. Abordagem de aspectos sociocientíficos em aulas de ciências: possibilidades e limitações. <i>Investigações em Ensino de Ciências</i> , v. 14, n. 2, p. 191-218, 2009.
7	5	COELHO, J. C. e MARQUES, C. A. Contribuições freireanas para contextualização no ensino de química. <i>Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências</i> , v. 9, n. 1, p. 59-75, 2007.
8	5	FREIRE, P. <i>Pedagogia do oprimido</i> . São Paulo: Paz e Terra, 1974.

produzidos e recomendações curriculares brasileiras em CTS sugeridas nesse período, além de destacar a evolução tecnológica no mundo contemporâneo e a necessidade de superar os mitos ao redor da ciência, como, por exemplo, o da ciência neutra e salvacionista.

Os mesmos autores publicaram outro artigo em 2009, sendo o sexto trabalho mais citado, que pretende mostrar que a abordagem de aspectos sociocientíficos (ASC) aumenta as interações em sala de aula e facilita a emergência de situações vivenciais dos alunos e a introdução de atitudes e valores em uma perspectiva humanística. O trabalho foi desenvolvido em aulas de química, com professores que utilizavam o livro *Química na Sociedade*, a fim de saber se esses professores, através de suas práticas docentes, abordavam os ASC para buscarem uma educação científica humanística, com postura dialógica, atingindo um horizonte conceitual e diferentes abordagens comunicativas.

Nessa mesma perspectiva, destacamos o sétimo trabalho mais citado, “Contribuições freireanas para a contextualização no ensino de Química” de Coelho e Marques (2007), que se apoiou nas ideias de Wildson Santos, destacando o ensino de química para a formação da cidadania, e sugere a abordagem científico-tecnológica a partir de temas químicos sociais, buscando uma aproximação com os pressupostos de Paulo Freire. Em seguida, falam sobre o meio ambiente, considerando os aspectos da química verde, e finalizam relacionando estes aspectos com a abordagem CTS, na qual os problemas não devem ser responsabilizados de forma neutra, porque pensar dessa forma significa restringir os mesmos a uma questão técnica, enquanto numa visão CTS de ensino a interferência dos atores sociais é fundamental.

Ainda no viés freiriano, temos como última referência mais citada o livro *Pedagogia do Oprimido*, escrito por Paulo Freire e que, apesar de ser um livro de 1974, trata de um assunto muito atual e que ainda insiste em existir nas salas de aula: uma educação na qual o professor não ensina o seu aluno a pensar, mas transmite o conhecimento de forma “bancária”, em que o estudante é tratado meramente como um depositário, um ser incapaz de produzir conhecimento. O ideal, porém, segundo o autor, é que o professor problematize sobre a realidade de seu público e o ensine a pensar, caracterizando a educação problematizadora e fazendo com que seu educando se identifique e compreenda-se como um ser social.

Na sequência da análise, temos na terceira posição o trabalho sobre alfabetização científico-tecnológica de Auler e Delizoicov (2001), e ainda, como o quinto mais citado, um artigo que discute o mesmo tema de autoria de Auler (2003). O artigo “Alfabetização científico-tecnológica para quê?” expõe, primeiramente, que o termo “alfabetização científico-tecnológica” possui diversos significados, e que os objetivos que os sustentam são diversos, como, por exemplo, a autêntica participação popular em problemáticas que se relacionam com ciência e tecnologia. Os autores trabalham ainda os mitos que

norteiam a neutralidade da ciência, bem como analisam as duas perspectivas da alfabetização científico-tecnológica: a reducionista, que evita a problematização da ciência e acaba sendo vista como uma perspectiva ingênua; e a perspectiva ampliada, que se baseia na ideia de que os conceitos são apenas meios para a compreensão do aluno, sendo um referencial freiriano e fazendo com que os mitos sejam superados e os estudantes alcancem a construção do conhecimento e de uma leitura crítica do mundo, buscando compreender as interações CTS.

Enquanto no trabalho em conjunto os autores buscam discutir a importância da alfabetização científico-tecnológica, no outro artigo, Auler (2003) apresenta o mesmo assunto como um paradigma, articulando pressupostos do movimento CTS e de Paulo Freire com os resultados empíricos obtidos em sua tese de doutoramento. Auler (2003) propõe a superação de um ensino propedêutico e disciplinar a partir de um ensino que valorize a abordagem temática.

Finalizamos com o quarto artigo mais citado, Acevedo Díaz (1996), que reflete a respeito da problemática da prática pedagógica dos docentes. O autor explicita que os projetos curriculares como estão hoje se afastam de uma abordagem CTS que busca alternativas mais centradas no aluno e que parta de um problema relevante para ele a fim de que essa discussão não se esgote ao final da aula. Dessa forma, o autor afirma que é necessário que os docentes mudem suas atuações e se dediquem mais à preparação das aulas, à distribuição do tempo e recursos e atentem para o clima da aula (tanto afetivo quanto metodológico), já que grande parte dos êxitos e dos fracassos dos estudantes se deve ao clima dentro de sala de aula.

Outra visão importante a respeito dos artigos de ensino de química apresentados na Tabela 4 é o fato de que apenas um deles é de origem estrangeira e é considerado como fonte primária na área CTS. Acreditamos que, apesar de existir a dificuldade de se realizar a pesquisa em outro idioma que não seja o materno, Acevedo Díaz é citado devido ao fato do espanhol, sua língua de origem, se aproximar mais do nosso idioma frente a outros.

Além das análises particulares de cada obra, verificamos a relação destas com as referências mais citadas na área CTS no Brasil, que foram elencadas por Chrispino et al. (2013, p. 464), em artigo que inaugura o mapeamento CTS brasileiro usando redes sociais, como pode ser visto na Tabela 5.

Dessa forma, observamos que, dos oito trabalhos mais citados em ensino de química com enfoque CTS, três estão presentes dentre os apontados na Tabela 5: Santos e Mortimer (2002), Auler e Delizoicov (2001) e Acevedo Díaz (1996). Isso mostra que estas obras são extremamente relevantes para pesquisas não só no ensino de química, mas também para outras áreas que buscam se utilizar do enfoque CTS como abordagem de ensino.

Depreende-se que as oito obras mais referenciadas em ensino de química representam o que os pesquisadores da área mais se utilizam para embasar seus trabalhos e, por conta

Tabela 5: Referências mais citadas na área CTS no Brasil

Título	Referência
Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (ciência-tecnologia-sociedade) no contexto da educação brasileira.	SANTOS, W. L. P. e MORTIMER, E. F. <i>Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências</i> , v. 2, n. 2, p. 105-115, 2002.
Ciencia, tecnología y sociedad: una introducción al estudio social de la ciencia y la tecnología.	GONZÁLEZ GARCÍA, M. I.; LÓPEZ CERESO, J. A. e LUJÁN LÓPEZ, J. L. Madrid: Tecnos, 1996.
Reflexões para a implementação do movimento CTS no contexto educacional brasileiro.	AULER, D. e BAZZO, W. A. <i>Ciência & Educação</i> , v. 7, n. 1, p. 1-13, 2001.
Interações entre ciência-tecnologia-sociedade no contexto da formação de professores de ciências.	AULER, D. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.
Ciência, tecnologia e sociedade: e o contexto da educação tecnológica.	BAZZO, W. A. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1998.
Introdução aos estudos CTS (ciência, tecnologia e sociedade).	BAZZO, W. A.; LINSINGEN, I. e PEREIRA, L. T. V. Madrid: OEI, 2003.
Ciência-tecnologia-sociedade: relações estabelecidas por professores de ciências.	AULER, D. e DELIZOICOV, D. <i>Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias</i> , v. 5, n. 2, p. 337-355, 2006.
Cambiando la práctica docente em la enseñanza de las ciencias a través de CTS.	ACEVEDO DÍAZ, J. A. <i>Borrador, Huelva</i> , v. 13, p. 26-30, 1996.
O ensino de biologia e as relações entre ciência/tecnologia/sociedade: o que dizem os professores e o currículo do ensino médio?	AMORIM, A. C. R. In: <i>Anais do VI Encontro Perspectivas do Ensino de Biologia</i> . São Paulo, SP, 1997.
O enfoque ciência, tecnologia e sociedade e a aprendizagem centrada em eventos.	CRUZ, S. M. S. C. e ZYLBERSZTAJN, A. In: PIETROCOLA, M. (Org.). <i>Ensino de física: conteúdo e epistemologia numa concepção integradora</i> . Florianópolis: Ed. da UFSC, 2001. p. 171-196.
Teaching science, technology and society.	SOLOMON, J. Buckingham: Open University Press, 1993.
Educación tecnológica desde una perspectiva CTS: una breve revisión del tema.	ACEVEDO DÍAZ, J. A. <i>Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales</i> , v. 2, n. 3, p. 75-84, 1995.
Alfabetização científico-tecnológica para quê?	AULER, D. e DELIZOICOV, D. <i>Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências</i> , v. 3, n. 1, p. 105-115, 2001.

disso, parecem ser de leitura fundamental para aqueles que desejam iniciar-se nos estudos da abordagem CTS. No entanto, a análise desses trabalhos nos permitiu concluir que cinco dos oito apresentam, em perspectivas distintas, as mesmas ideias: três trabalhos são de autoria de Wildson Santos (2002, 2008, 2009) e um deles vai ao encontro das ideias de Freire (1974), que também é uma das referências apontadas e serve de embasamento para o sétimo trabalho mais citado. Dessa forma, podemos inferir que, apesar de serem obras tidas como consensuais, é fundamental que os pesquisadores da área ampliem suas fontes de consulta a fim de não ficarem limitados a uma mesma linha de pensamento.

Além da tabela das obras mais citadas, foram elencados também os autores mais referenciados, a fim de analisarmos qual a influência dos mesmos no ensino de química e suas relações com CTS. Compreende-se, assim, que cada autor apresenta particularidades que podem contribuir para melhor fundamentação teórica acerca do tema, sendo de extrema importância para os estudiosos desta área.

A Tabela 6 evidencia o resultado dos autores mais citados e quantas vezes eles apareceram nos 41 artigos analisados.

A partir da Tabela 6, vemos que Wildson Santos, além de possuir a obra mais referenciada, é o autor mais citado.

Tabela 6: Autores mais citados nos artigos analisados

Rank	Número de citações	Autor
1	73	Wildson Luiz Pereira dos Santos (Santos, W. L. P.)
2	33	Decio Auler (Auler, D.)
3	24	Jose Antonio Acevedo Díaz (Acevedo Díaz, J. A.)
4	19	Eduardo Fleury Mortimer (Mortimer, E. F.)
5	18	Paulo Freire (Freire, P.)
6	14	Demetrio Delizoicov (Delizoicov, D.)
7	12	Glen S. Aikenhead (Aikenhead, G. S.)
8	11	Attico Chassot (Chassot, A.)

Wildson Santos (1961-2016) doutorou-se em Educação, tendo como último vínculo a Associação Ibero-Americana Ciência-Tecnologia-Sociedade (AIA-CTS). Possui diversos trabalhos publicados na área, evidenciando uma participação ativa.

Décio Auler é doutor em Educação e, apesar de sua experiência profissional ter ênfase em currículo, é atuante nos temas de CTS, Paulo Freire e educação em ciências. Possui diversas

obras nas áreas citadas e, atualmente, desenvolve um trabalho de pesquisa sobre as dimensões da não neutralidade da ciência, tema que é muito discutido quando se trabalha a tríade ciência, tecnologia e sociedade.

Alguns trabalhos de Auler foram escritos em parceria com Demetrio Delizoicov, que aparece como o sexto autor mais citado. Delizoicov é doutor em Educação e participa de um projeto de pesquisa sobre Paulo Freire. Ele não possui muitos trabalhos sobre ensino CTS, embora sua participação na área seja ativa, uma vez que sua última publicação acerca do tema foi em 2015. É importante ressaltar, contudo, que grande parte de sua produção bibliográfica tem estreita relação com a abordagem CTS.

Acevedo Díaz é licenciado em Ciências com enfoque em Química e é membro da Organização de Estados Iberoamericanos (OEI) no programa de CTS, sendo o autor de artigo estrangeiro mais bem posicionado na pesquisa de ensino CTS brasileiro (Chrispino et al., 2013). Seus principais temas de investigação atuais se concentram na educação CTS no ensino de ciências e nas atitudes relacionadas com a ciência e a alfabetização científica e tecnológica para a participação cidadã de todas as pessoas.

O quarto autor mais citado foi Eduardo Mortimer, que é doutor em Educação e, apesar de não dialogar diretamente com o ensino CTS, produz muito sobre ensino de ciências. Além disso, é coautor em diversos trabalhos de Wildson Santos.

Na sequência, temos o educador Paulo Freire que, embora formado em Direito, teve participação marcante na área da Educação, na qual desenvolveu um método inovador de alfabetização. Não faz nenhuma referência direta à área de ensino CTS, mas, por sua atuação na formação de cidadãos transformadores da ordem social, econômica e política, seus pressupostos são aproximados aos de CTS e assim são usados para fundamentar as ideias de autores de relevância que escrevem sobre o ensino de química na área CTS.

O sétimo colocado foi Aikenhead, que é doutor em Educação Científica e tem grande atuação no campo de ensino CTS, sendo considerado como fonte primária para os pesquisadores da área. Possui muitos trabalhos publicados sobre o assunto, como artigos e capítulos de livro em que apresenta suas concepções sobre ciência, tecnologia e sociedade.

Por fim, destacamos Attico Chassot como o oitavo autor mais referenciado nos 41 artigos analisados. É doutor em Educação e não possui trabalhos publicados sobre ensino CTS, mas é pesquisador de alfabetização científica e história e filosofia da ciência, temas importantes para a compreensão da abordagem CTS.

É oportuno ressaltar que, a partir da análise das Tabelas 4 e 6, podemos observar que seis dos autores mais citados também são autores das referências mais relevantes (Wildson Santos, Décio Auler, Jose Antonio Acevedo Díaz, Eduardo Fleury Mortimer, Paulo Freire e Demetrio Delizoicov). Com isso, entendemos que estes pesquisadores possuem grande influência para o ensino de química com enfoque CTS no Brasil.

Considerações Finais

O ensino de ciências com enfoque CTS está diretamente relacionado com a possibilidade de promover a formação de indivíduos capazes de fazer escolhas de forma democrática. De acordo com Santos e Schnetzler (2008, p. 68), um dos objetivos do ensino CTS “*relaciona-se à solução de problemas da vida real que envolvem aspectos sociais, tecnológicos, econômicos e políticos*” enquanto outro “*refere-se à compreensão da natureza da ciência e do seu papel na sociedade*”.

No entanto, a abrangência dessa área pode levar a uma insegurança do professor sobre quais estratégias seguir. Com isso, a fim de obter um aporte teórico substancial, é necessário que o educador tenha acesso às obras mais relevantes nessa área. Para o ensino de biologia, ficou claro na pesquisa de Rocha et al. (2017) que os autores dessa área se relacionam entre si, sendo as obras mais relevantes para leitura diferentes das obras mais importantes para o ensino CTS de uma maneira geral. Em relação ao ensino de química no ensino CTS brasileiro, temos oito obras de grande destaque que fornecem embasamentos para a implementação desta abordagem. Em contrapartida, é importante destacar que a maioria destas referências compartilha da mesma família de ideias, o que pode limitar a pesquisa e, conseqüentemente, a prática do docente, sendo importante que o mesmo não se atenha apenas a essas fontes.

Além disto, chamamos a atenção para o fato de que, dessas oito referências, apenas uma é considerada fonte primária (Acevedo Díaz, 1996), ou seja, os autores dos 41 artigos analisados se embasam, em sua maioria, em fontes secundárias e não nas primárias, seja por facilidade de acesso aos trabalhos ou pela dificuldade do idioma original dessas fontes, uma vez que a maioria é de língua estrangeira. Este fato também se comprova quando verificamos que, dentre os oito autores mais citados, apenas dois são fontes primárias de pesquisa.

Outro ponto que merece destaque é a importância da escolha das palavras-chave de um trabalho, uma vez que estas são instrumentos facilitadores do acesso ao mesmo. Percebemos, em nossa pesquisa, a presença de palavras-chave sem vínculos com o conjunto, pertencendo a temas muito específicos ou muito singulares, e que se vinculam por apenas uma ou duas palavras-chave. Acrescemos que encontramos as mesmas dificuldades que outros autores de trabalhos que se utilizam de palavras-chave, em função da falta de descritores para a área de CTS, fazendo com que exista um grande número de palavras-chave muitas vezes sinônimas ou similares.

A partir da análise dos resultados apresentados neste trabalho, inferimos que o ensino de química ainda possui pouca representatividade no ensino CTS brasileiro, visto que, dos 244 artigos contidos na base de dados CTS, apenas 41 são da área. Este fato pode ocorrer pela dificuldade da mudança da prática docente para o uso da abordagem CTS. Contextualizar, promover o ensino interdisciplinar e a alfabetização científica, bem como relacionar os aspectos sociocientíficos, são fatores

que possibilitam ao professor desconstruir conceitos e, assim, ressignificá-los. No entanto, apesar dessa transformação ser complexa, acreditamos que ela seja necessária, já que a vivência de novas experiências faz com que o professor adquira “*autonomia e segurança para a adoção de novas metodologias*” (Santos e Mortimer, 2009, p. 214) dentro do ensino CTS.

Nota

¹A versão utilizada está disponível no site <http://nodexl.codeplex.com>

Referências

- ACEVEDO DÍAZ, J. A. Cambiando la práctica docente em la enseñanza de las ciencias a través de CTS. *Borrador, Huelva*, v. 13, p. 26-30, 1996.
- AIKENHEAD, G. Educación ciencia-tecnología-sociedad (CTS): una buena idea como quiera que se le llame. *Educación Química*, v. 16, n. 2, p. 114-124, 2005.
- AULER, D. Alfabetização científico-tecnológica: um novo “paradigma”? *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 5, n. 1, p. 68-83, 2003.
- _____. Enfoque ciência-tecnologia-sociedade: pressupostos para o contexto brasileiro. *Ciência & Ensino*, v. 1, s. p., 2007.
- _____. e DELIZOICOV, D. Alfabetização científico-tecnológica para quê? *Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 3, n. 2, p. 122-134, 2001.
- BARNES, J. A. Class and committees in a norwegian island parish. *Human Relations*, v. 7, n.1, p. 39-58, 1954.
- BAZZO, W. A.; LISINGEN, I. e PEREIRA, L. T. V. *Introdução aos estudos CTS (ciência, tecnologia e sociedade)*. Madrid: OEI, 2003.
- CHRISPINO, A.; LIMA, L. S.; ALBUQUERQUE, M. B.; FREITAS, A. C. C. e SILVA, M. A. F. B. A área CTS no Brasil vista como rede social: onde aprendemos? *Ciência & Educação*, v. 19, n. 2, p. 455-479, 2013.
- COELHO, J. C. e MARQUES, C. A. Contribuições freireanas para contextualização no ensino de química. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 9, n. 1, p. 59-75, 2007.
- CUTCLIFFE, S. H. *Ideas, máquinas y valores: los estudios de ciencia, tecnología y sociedad*. Barcelona: Anthropos Editorial, 2003.
- FREIRE, P. *Pedagogia do oprimido*. São Paulo: Paz e Terra, 1974.
- MANASSERO, M. A. e VÁZQUEZ, Á. Instrumentos y métodos para la evaluación de las actitudes relacionadas com la ciencia, la tecnología y la sociedad. *Enseñanza de las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, v. 20, n. 1, p. 15-27, 2001.
- MELO, T. B.; PONTES, F. C. D. C.; ALBUQUERQUE, M. B.; SILVA, M. A. F. B. e CHRISPINO, A. Os temas de pesquisa que orbitam o enfoque CTS: uma análise de rede sobre a produção acadêmica brasileira em Ensino. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 16, n. 3, p. 587-606, 2016.
- ROCHA, M. L.; GONZALEZ, A. H. G.; BRUNO, N. V. e CHRISPINO, A. Representatividade da biologia em CTS por meio de análise por redes sociais. *Revista Contexto & Educação*, v. 32, n. 102, p. 81-99, 2017.
- SANTOS, W. L. P. e AULER, D. *CTS e educação científica: desafios, tendências e resultados de pesquisa*. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2011.
- _____. e MORTIMER, E. F. Abordagem de aspectos sociocientíficos em aulas de ciências: possibilidades e limitações. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 14, n. 2, p. 191-218, 2009.
- _____. e _____. Uma análise de 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. 110-132, 2002.
- _____. e SCHNETZLER, R. P. *Educação em química: compromisso com a cidadania*. Ijuí: Unijuí, 2008.
- SILVA, J. B. D. e PLOHARSKI, N. R. B. A metodologia de ensino utilizada pelos professores da EJA – 1º segmento em algumas escolas da rede municipal de ensino de Curitiba. In: *Anais do X Congresso Nacional De Educação*. Curitiba, PR, 2011.
- STRIEDER, R. B.; SILVA, K. M. A.; FERNANDES SOBRINHO, M. e SANTOS, W. L. P. A educação CTS possui respaldo em documentos oficiais brasileiros? *ACTIO: Docência em Ciências*, v. 1, n. 1, p. 87-107, 2016.

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 incluídos) 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(ões) 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.s bq.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.s bq.org.br/pagina.php?idPagina=17>.
- 4) Os autores declaram que no caso de resultados de pesquisas re-

lacionadas 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.s bq.org.br>) usando a opção Novo Usuário. Usuários das plataformas do JBOS 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.s bq.org.br em Produtos da SBQ.

