

química nova

NA ESCOLA

VOLUME

40

Nº 2, MAIO 2018

- 72 Efeito Estufa e Camada de Ozônio sob a Perspectiva da Interação Radiação-Matéria e uma Abordagem dos Acordos Internacionais sobre o Clima
Marina Pelegrini e Wilson R. B. de Araújo
- 79 Arte na Educação Para as Relações Étnico-raciais: Um Diálogo com o Ensino de Química
Erasmio M. S. Silva e Wilmo E. Francisco Junior
- 89 O Jogo Educativo como Recurso Interdisciplinar no Ensino de Química
Antonio L. de Oliveira, José Clovis P. de Oliveira, Maria Jucione S. Nasser e Maria da Paz Cavalcante
- 97 Destilação: uma sequência didática baseada na História da Ciência
Marcella F. D. Andrade e Fernando C. Silva
- 106 Análise do Uso da Analogia com o “Pudim de Passas” Guiado pelo TWA no Ensino do Modelo Atômico de Thomson: considerações e recomendações
Tatiana C. Ramos e Nilmara B. Mozzer
- 116 Obtenção de Celulose e Produção de Papel Branqueado a partir do Capim Brachiaria (*Brachiaria decumbens*)
André M. Senna, José B. Menezes, Flávia V. S. Batista, Guilherme S. Ribeiro e Melissa O. de Godoy
- 121 Revisitando o Experimento de Viscosidade Intrínseca de Shoemaker e Garland: Uma Abordagem Ambiental
João de Araújo Jr. e Sidnei S. Santos Jr.
- 126 O envolvimento dos estudantes em aulas de Ciências por meio da linguagem narrativa das histórias em quadrinhos
Adriana A. D. Rodrigues e Ana L. de Quadros

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 Lisboa (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 Schnetzer (UNIMEP - Piracicaba, SP - Brasil)

ASSISTENTE EDITORIAL

Telma Rie Dou 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 fotocópia, 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

- 72 Efeito Estufa e Camada de Ozônio sob a Perspectiva da Interação Radiação-Matéria e uma Abordagem dos Acordos Internacionais sobre o Clima
Greenhouse Effect and Ozone Layer from the Perspective of Radiation-Matter Interaction and an Approach to International Agreements on Climate

Marina Pellegrini e Wilson R. B. de Araújo

Espaço Aberto / Issues/Trends

- 79 Arte na Educação Para as Relações Étnico-raciais: Um Diálogo com o Ensino de Química

Art in Education for Ethnical-Racial Questions: A Dialog with Chemistry Teaching

Erasmio M. S. Silva e Wilmo E. Francisco Junior

Relatos de Sala de Aula / Chemistry in the Classroom

- 89 O Jogo Educativo como Recurso Interdisciplinar no Ensino de Química
The Educational Game as Interdisciplinary Resource in Chemistry Teaching

Antonio L. de Oliveira, José Clovis P. de Oliveira, Maria Jucione S. Nasser e Maria da Paz Cavalcante

- 97 Destilação: uma sequência didática baseada na História da Ciência
Distillation: a didactic sequence based on History of Science

Marcella F. D. Andrade e Fernando C. Silva

Ensino de Química em Foco / Chemical Education in Focus

- 106 Análise do Uso da Analogia com o "Pudim de Passas" Guiado pelo TWA no Ensino do Modelo Atômico de Thomson: considerações e recomendações

Analysis of the Use of the Analogy with the "Plum Pudding" Guided by TWA in Teaching Thomson's Atomic Model: considerations and recommendations

Tatiana C. Ramos e Nilmar B. Mozzer

Experimentação no Ensino de Química / Practical Chemistry Experiments

- 116 Obtenção de Celulose e Produção de Papel Branqueado a partir do Capim Brachiaria (*Brachiaria decumbens*)
Pulp Production and Bleached Paper Derived from Brachiaria Grass (Brachiaria decumbens)

André M. Senna, José B. Menezes, Flávia V. S. Batista, Guilherme S. Ribeiro e Melissa O. de Godoy

- 121 Revisitando o Experimento de Viscosidade Intrínseca de Shoemaker e Garland: Uma Abordagem Ambiental
Revisiting the Intrinsic Viscosity Experiment from Shoemaker and Garland: An Environmental Approach

João de Araújo Jr. e Sidnei S. Santos Jr.

Cadernos de Pesquisa/Research Letters

- 126 O envolvimento dos estudantes em aulas de Ciências por meio da linguagem narrativa das histórias em quadrinhos
The involvement of students in science classes through the narrative language of comics

Adriana A. D. Rodrigues e Ana L. de Quadros

○ XIX ENEQ irá fazer história

O XIX Encontro Nacional de Ensino de Química (ENEQ) irá ocorrer de 16 a 19 de julho de 2018 na Universidade Federal do Acre (UFAC), em Rio Branco. O evento deste ano é promovido conjuntamente pela UFAc, pelo Instituto Federal do Acre (IFAC) e pela Secretaria Estadual de Educação (SEE). Esse encontro se reveste de importância histórica por diversos motivos - dentre eles, o fato de que o ENEQ irá se realizar pela primeira vez na Região Norte do país. Este fato revela não apenas a disseminação da pesquisa em ensino de química por todo o território nacional, mas também se tornou possível em consequência da expansão da rede pública de ensino superior ao longo da primeira e até meados da segunda década do presente século - crescimento que, nos dias atuais, não somente foi interrompido, mas convive com seríssimas ameaças de retrocesso.

Como tem ocorrido a cada dois anos, desde 1982, pesquisadores e professores - enfim, educadores em química - irão se encontrar para compartilhar experiências e debater as grandes questões da área. O momento atual mostra a necessidade de integração e união da comunidade de educadores químicos. Sucessivos ataques à liberdade de ensino e aprendizagem; operações policiais espetaculares, repercutidas pela mídia com o objetivo de conspurcar a imagem das Universidades junto à opinião pública; congelamento de verbas para educação; reforma do Ensino Médio na qual subjazem interesses inconfessáveis; precarização do trabalho dos professores, como consequência da reforma trabalhista - são alguns dos motivos que conclamam a reunião de todos os educadores em torno de objetivos comuns. No que tange ao ensino de ciências, é preciso que a voz de educadores qualificados em anos de dedicação à docência e à pesquisa se faça ouvir. O XIX ENEQ será uma grande oportunidade para o conagração e a organização dos educadores em química do Brasil, em defesa de ideias que merecem ser defendidas.

Enquanto o ENEQ não chega, apresentamos mais um número de **Química Nova na Escola**. Esta edição traz diversos exemplos que mostram como o ensino de química pode ser articulado com outras áreas do conhecimento, como a arte e, especialmente, a história, de modo a torná-lo mais significativo para os alunos e contribuir para a construção da cidadania crítica. Em “Arte na educação para as relações étnico-raciais: um diálogo com o ensino de química”, os autores sugerem a utilização de uma música e de uma pintura para motivar discussões a respeito de preconceito racial e do papel do negro na sociedade brasileira - buscando, ao mesmo tempo, estabelecer relações com conceitos de química que contribuam para o entendimento das questões envolvidas, como a pigmentação da pele humana e as propriedades do café que o levaram a ser cultivado em larga escala com mão de obra escrava no Brasil. No artigo “Análise do uso da analogia com o ‘pudim de passas’ guiado pelo TWA no

ensino do modelo atômico de Thomson”, o modelo de ensino com analogias é utilizado para investigar a aprendizagem da versão disseminada em materiais didáticos para o que seria o modelo atômico de Thomson. Um aspecto diferente da história está presente no artigo “Destilação: uma sequência didática baseada na História da Ciência”, no qual é apresentada uma proposta para o ensino dessa técnica de separação muito utilizada em diferentes contextos. Esse conjunto de artigos mostra a riqueza de possibilidades para a aproximação entre a história da ciência e o ensino de química, uma interface na qual ainda há muito a ser explorado. O aproveitamento dessas possibilidades deverá passar cada vez mais pela apropriação de referenciais teóricos, especialmente de natureza historiográfica, por parte dos educadores em química.

Além da arte e da história, interfaces da química com aspectos políticos e ambientais são investigadas em diferentes artigos. Em “Efeito estufa e camada de ozônio sob a perspectiva da interação radiação-matéria, e uma abordagem dos acordos internacionais sobre o clima”, os autores sugerem formas de apresentar conteúdos de química de forma a contribuir para a compreensão de temas muito debatidos por suas implicações para a sociedade. Os dois artigos que constam da seção Experimentos no Ensino de Química descrevem práticas que podem ser utilizadas na discussão de questões ambientais. No caso de “Obtenção de celulose e produção de papel branqueado a partir do capim *Brachiaria*”, diversas implicações da produção de papel para o ambiente podem ser colocadas em discussão tendo como referência o experimento proposto. O artigo “Revisitando o experimento de viscosidade intrínseca de Shoemaker e Garland: uma abordagem ambiental”, por sua vez, mostra a construção de um minhocário e sua utilização para a biodegradação de um polímero por vermicompostagem - sugerindo possibilidades para o manejo de resíduos sólidos urbanos.

Diferentes formas de aproximar os conteúdos de química da realidade e dos interesses dos alunos também estão presentes nesta edição. A abordagem lúdica é examinada em “O jogo educativo como recurso interdisciplinar no ensino de química”, enquanto o potencial didático das histórias em quadrinhos é investigado no artigo “O envolvimento dos estudantes em aulas de ciências por meio da linguagem narrativa das histórias em quadrinhos”, apresentado na seção Cadernos de Pesquisa, que fecha o presente número de QNEsc.

Renovamos o convite para que todos os leitores de **Química Nova na Escola** estejam presentes no XIX ENEQ em Rio Branco, AC. Aos que não puderem comparecer, convidamos a estar atentos aos resultados desse Encontro histórico, e a participar dos debates que ali se vão desenvolver.

Paulo Alves Porto
Salette Linhares Queiroz
Editores de QNEsc

Efeito Estufa e Camada de Ozônio sob a Perspectiva da Interação Radiação-Matéria e uma Abordagem dos Acordos Internacionais sobre o Clima

Marina Pelegrini e Wilson R. B. de Araújo

As discussões sobre Efeito Estufa e Camada de Ozônio conduzem este trabalho, tanto sob o aspecto da interação radiação-matéria, como do ponto de vista socio-ambiental. A abordagem destes temas inicia-se mostrando a Conferência Internacional COP-21, realizada em Paris em dezembro de 2015, o que possibilita o debate sobre Mudanças Climáticas e seus desdobramentos, e permite fazer correlação com outro Acordo Internacional, o Protocolo de Montreal, que tem alcançado bons resultados para conter a destruição da camada de ozônio. Do ponto de vista físico-químico, espera-se compreender como os diferentes comprimentos de onda interagem com as moléculas da atmosfera. A radiação ultravioleta quebra as ligações químicas das moléculas O_2 e O_3 na estratosfera, relacionada à Camada de Ozônio, enquanto que a radiação infravermelha e a sua interação com os gases leva ao Efeito Estufa. Porém, esta interação não tem energia suficiente para quebrar a ligação química, mas apenas alterar seus modos vibracionais.

► temas geradores, reações fotoquímicas, vibração molecular ◀

Recebido em 20/03/2017, aceito em 15/08/2017

72

Os temas *Mudanças Climáticas*, *Efeito Estufa* e *Destruição da Camada de Ozônio* são bastante contemplados e permeiam nossa sociedade e meios de comunicação. Este trabalho pretende explorar os dois temas: Efeito Estufa e Camada de Ozônio, unindo a relevância social e ambiental com os aspectos físico-químicos dos fenômenos.

Embora estes dois temas sejam bastante explorados, geralmente não se leva em consideração o fenômeno sob a perspectiva da interação radiação-matéria. E é a interação radiação-matéria que, essencialmente, protege a Terra dos raios altamente energéticos do Sol, e também é desta interação que surge o Efeito Estufa. Na presente abordagem, a espinha dorsal que permeia os dois fenômenos é, basicamente, como a luz do Sol interage com as moléculas presentes na atmosfera, e como esta interação afeta a vida na Terra.

Efeito Estufa e Camada de Ozônio podem ser tratados como dois temas geradores (Auler, 2007; Tozoni-Reis, 2006), pois estes dois tópicos podem ser explorados pelo professor de maneira bastante abrangente como, por exemplo,

na discussão sobre Efeito Estufa, em que podemos acompanhar o histórico até chegar ao *Protocolo de Quioto*, ou ainda, avançar o assunto até *novas alternativas de energia e matriz energética*, abrindo-se a discussão destes temas com os alunos.

Do ponto de vista físico-químico, esta abordagem explora as regiões do espectro eletromagnético, ultravioleta e infravermelho, e suas interações com os gases presentes na atmosfera. Os gases oxigênio e ozônio, que estão presentes na alta atmosfera, e suas interações com a radiação ultravioleta relacionam-se com o tema Camada de Ozônio. E, por outro lado, os gases de Efeito Estufa, como dióxido de carbono, metano, presentes na troposfera, e sua interação com a radiação infravermelha, relacionam-se ao tema Efeito Estufa e Mudanças Climáticas.

A partir dos temas geradores, exploramos a interdisciplinaridade sob a perspectiva da Física, Química e Meio Ambiente e Sociedade, relacionando-se o tratamento físico-químico dos fenômenos com as abordagens dos assuntos climáticos que se manifestam na sociedade e na mídia.

Outros artigos trazem a temática da Química atmosférica, focalizando tanto em Efeito Estufa (Tolentino e Rocha-Filho, 1998; Silva *et al.*, 2009) como também sobre os fenômenos

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.

relacionados com a Camada de Ozônio (Mozeto, 2001), com elevado nível de detalhamento dos efeitos da interação radiação-matéria.

A presente abordagem tem como expectativa traçar um paralelo entre os fenômenos físico-químicos do Efeito Estufa e da Camada de Ozônio, pois se trata de diferentes níveis de energia gerando fenômenos diferentes, e também abordar os temas do ponto de vista dos Acordos Internacionais, realizados em ações globais conjuntas, tanto para minimizar o Efeito Estufa e as consequentes mudanças climáticas, como também para a proteção à Camada de Ozônio.

Acordos Internacionais sobre o Clima

No final do ano de 2015, aconteceu em Paris a 21ª Conferência das Partes, COP-21, uma conferência internacional que reuniu 196 Estados-Partes, com o intuito de se obter um novo acordo climático internacional, em que cada Estado-Parte apresentou sua proposta de redução de emissão de gases de Efeito Estufa, o que se chamou de Pretendida Contribuição Nacionalmente Determinada (INDC, em inglês) (Nações Unidas, 2015). Este acordo, o Acordo de Paris, tem como principal missão manter o aquecimento global bem abaixo de 2 °C até o final do século, em relação aos níveis pré-industriais. A COP-21 já pode ser considerada uma conferência histórica, pois no dia 05 de outubro de 2016 foi atingido o limite mínimo previsto para que o Acordo de Paris possa entrar em vigência. Essa meta corresponde à ratificação do Acordo por pelo menos 55 países e que sejam responsáveis por 55% das emissões de gases de Efeito Estufa (King, 2016). E os dois maiores emissores do mundo, EUA e China, ratificaram o Acordo, diferentemente do que ocorreu com o Protocolo de Quioto de 1997, em que estas duas potências não se comprometeram em cumprir as metas de redução de emissões. Entretanto, como os desafios ambientais são altamente influenciados pela Política, as eleições para a presidência dos EUA em novembro de 2016 podem comprometer este quadro de atores ambientais junto à Conferência de Paris, pois o posicionamento do atual governo não estaria em concordância com a ratificação do Acordo pelos EUA.

O Brasil é uma das Partes e apresentou sua INDC, com a meta de diminuir as emissões de gases de Efeito Estufa em 37% até 2025 e em 43% até 2030, tendo 2005 como ano-base. Para atingir tal objetivo, a INDC brasileira contém ações como o fim do desmatamento ilegal na Amazônia, a restauração e reflorestamento de 12 milhões de hectares, a recuperação de 15 milhões de hectares de pastagens degradadas e o alcance de 45% na participação de energias renováveis na composição da matriz energética. A INDC

A presente abordagem tem como expectativa traçar um paralelo entre os fenômenos físico-químicos do Efeito Estufa e da Camada de Ozônio, pois se trata de diferentes níveis de energia gerando fenômenos diferentes, e também abordar os temas do ponto de vista dos Acordos Internacionais, realizados em ações globais conjuntas, tanto para minimizar o Efeito Estufa e as consequentes mudanças climáticas, como também para a proteção à Camada de Ozônio.

brasileira está disponível para *download* na rede, e é um documento de leitura relativamente simples (Brasil, 2015).

O Protocolo de Montreal também é um acordo Internacional, ratificado em 1987, a partir da Convenção de Viena, que propôs a progressiva redução da produção e utilização das substâncias que destroem a Camada de Ozônio, até sua total eliminação, estas substâncias são conhecidas como CFCs (clorofluorcarbono). Este Acordo Internacional obteve êxito, na medida em que realmente entrou em prática, e os cientistas acreditam no real efeito positivo da recuperação da Camada de Ozônio (McGrath, 2016).

É interessante tratar os dois temas (Efeito Estufa e Camada de Ozônio) de maneira relacionada, especialmente por dois aspectos. O primeiro é tornar clara a diferença entre os dois fenômenos, e o segundo leva em consideração que o Protocolo de Montreal é um exemplo de Acordo Internacional que os países estão, de fato, colocando em prática, pois as substâncias CFCs foram banidas e já não são mais produzidas (Brasil, 2014). Portanto, a discussão sobre o Protocolo de Montreal enriquece a expectativa sobre os resultados positivos que o Acordo de Paris, sobre a emissão de gases de Efeito Estufa, poderia ter.

Entendendo o Fenômeno do Ponto de Vista Químico

A seguir apresenta-se a interação radiação-matéria entre os átomos e moléculas de oxigênio e a radiação ultravioleta, na estratosfera, relacionada com o tema Camada de Ozônio. E na sequência, a interação entre os gases presentes na troposfera e a radiação infravermelha, relacionada com o Efeito Estufa.

Para a compreensão destes fenômenos de interação radiação-matéria, é interessante a apresentação e discussão do espectro eletromagnético aos alunos, a fim de que entendam a natureza da radiação, e a relação entre energia e comprimento de onda, pois, a seguir, são usados os conceitos de radiação ultravioleta e radiação infravermelha.

Interação dos Gases Oxigênio e Ozônio com a Radiação UV na Estratosfera

No espectro da radiação eletromagnética, a radiação ultravioleta compreende a faixa de comprimentos de onda que vai de 50 a 400 nm, enquanto que a luz visível compreende a faixa da radiação entre 400 e 750 nm. Assim, quanto mais curto é o comprimento de onda da radiação maior será sua energia. A energia E de cada fóton de luz está relacionada com a frequência (ν) e o comprimento de onda (λ) da radiação pela equação $E = h\nu$, ou $E = hc / \lambda$, onde h é a constante de Planck ($h = 6,62 \times 10^{-34}$ J s), e c é a velocidade

da luz no ar, aproximadamente o mesmo valor c no vácuo ($c = 3,0 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$) (Kotz *et al.*, 2013).

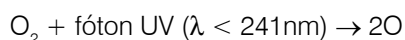
Cada molécula tem a tendência de absorver luz em determinados comprimentos de onda, dependendo da configuração eletrônica dos átomos e dos tipos de ligação, e da geometria da molécula. As energias dos fótons de luz nas regiões UV e visível são da mesma ordem de grandeza que as variações de entalpia (ΔH°) das reações químicas (Baird, 2002).

O espectro de absorção da molécula de oxigênio (O_2), com respeito à absorção de luz na região UV entre 70 e 250 nm (Baird, 2002, p.47) demonstra que a molécula absorve luz ultravioleta de maneira significativa, com absorção muito baixa e decrescente para esta molécula, acima de 250 nm. A energia da radiação ultravioleta nesta faixa (70-250 nm) é relativamente alta e quando absorvida pelas moléculas O_2 provoca a ruptura da ligação química, produzindo átomos de oxigênio.

Para consolidar esta compreensão, consideremos a reação de dissociação do oxigênio molecular: $\text{O}_2 \rightarrow \text{O} + \text{O}$, com $\Delta H^\circ = 495 \text{ kJ mol}^{-1}$.

Ao aplicarmos este valor de energia (495 kJ mol^{-1}) na equação $E = hc / \lambda$, obter-se-á $\lambda = 241 \text{ nm}$, e podemos constatar que este valor se encontra na faixa da radiação ultravioleta.

Logo, conclui-se que se a molécula absorver a radiação nessa faixa de energia, a ligação química irá se romper produzindo átomos de oxigênio.



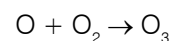
Esta reação é fundamental para proteger a Terra da radiação UV de alta energia, pois a presença de gás O_2 na região logo acima da estratosfera (~ 50 km de altura) permite que a radiação UV-C proveniente do Sol seja absorvida por essas moléculas, o que impossibilita que esta radiação chegue à superfície da Terra, protegendo as espécies de vida existentes (Baird, 2002). É importante salientar que a energia requerida para quebrar essa ligação química é relativamente alta, pois se trata de uma ligação dupla, podendo-se fazer um paralelo entre a alta energia requerida na quebra dessa ligação com a alta energia da radiação UV.

O espectro da radiação ultravioleta é dividido em sub faixas: UV-A, UV-B e UV-C. A região UV-C corresponde à faixa de 200 a 280 nm, a mais energética e que não chega à Terra, sendo barrada nas camadas superiores à estratosfera. Os seres vivos não são adaptados a ela. A região UV-B, correspondente à faixa de 280 a 320 nm, é uma faixa de alta energia e que também traz malefícios à saúde. Esta é

parcialmente retida na estratosfera. E a região UV-A, de 320 a 400 nm, que é a sub faixa menos energética e que chega à Terra (Baird, 2002).

Portanto, na estratosfera (a cerca de 40 km de altura), a presença do gás O_2 absorve a radiação UV de mais alta energia, a chamada radiação UV-C, impedindo que a luz ultravioleta com comprimentos de onda mais curtos, os mais energéticos, que 220 nm cheguem à superfície da Terra.

Além de absorver a alta energia da radiação UV-C, a outra grande importância dessa reação de dissociação do oxigênio é que os átomos de oxigênio produzidos serão precursores na formação da Camada de Ozônio (O_3) na estratosfera:



O espectro de absorção da molécula ozônio demonstra que seu pico de absorção ocorre na faixa de 220-320 nm (Baird, 2002,

p. 48), que coincide com as regiões UV-C e UV-B. Portanto, a formação da Camada de Ozônio na estratosfera permite que esta radiação seja absorvida, não chegando à superfície da Terra. O ozônio tem a capacidade de absorver a radiação ultravioleta e dissociar-se em O_2 e O , sendo que, se $\lambda > 310 \text{ nm}$, forma-se oxigênio atômico no estado fundamental. Se $\lambda < 310 \text{ nm}$, o oxigênio no estado excitado será o produto (Lenzi e Favero, 2009).

A Camada de Ozônio não é totalmente efetiva na blindagem, e ainda cerca de 10 a 30% da radiação UV-B chega à superfície da Terra (Baird, 2002). Em sua maior parte, a radiação UV-A atinge a superfície da Terra. Entretanto esta é a radiação ultravioleta de menor energia e a menos prejudicial para a vida na Terra.

As interações dos gases O_2 e O_3 são apenas alguns exemplos de interação da radiação com a matéria. Este assunto pode ser abordado conforme o nível de ensino, pois neste contexto podemos abordar também os estados eletrônicos excitados, no caso da dissociação do ozônio. Um aspecto fundamental a ser considerado é tratar das reações fotoquímicas como sumidouros destas radiações, pois as radiações UV mais energéticas, UV-B e UV-C, são filtradas na alta atmosfera pelas moléculas O_3 e O_2 , respectivamente, presentes na estratosfera e acima dela.

Interação dos Gases de Efeito Estufa com a Radiação IV na Troposfera

O denominado Efeito Estufa é um processo vital para manter a temperatura do planeta e possibilitar a existência da vida assim como a conhecemos, se ele não existisse, a Terra seria muito mais fria. Alguns gases presentes na atmosfera

As interações dos gases O_2 e O_3 são apenas alguns exemplos de interação da radiação com a matéria. Este assunto pode ser abordado conforme o nível de ensino, pois neste contexto podemos abordar também os estados eletrônicos excitados, no caso da dissociação do ozônio. Um aspecto fundamental a ser considerado é tratar das reações fotoquímicas como sumidouros destas radiações, pois as radiações UV mais energéticas, UV-B e UV-C, são filtradas na alta atmosfera pelas moléculas O_3 e O_2 , respectivamente, presentes na estratosfera e acima dela.

têm o poder de absorver a radiação infravermelha que é responsável por aquecer sua superfície.

Da luz do Sol incidente total que atinge a Terra, cerca de 50% é absorvida pela superfície, 20% é absorvida por gases, poeira e nuvens; os restantes 30% são refletidos de volta ao espaço sem sofrer absorção (Baird, 2002), em que 6% é retrodifundida para o espaço pelo próprio ar, 20% é refletida pelas nuvens e 4% é refletida pela superfície da Terra. Estes processos, coletivamente, constituem o que se denomina albedo. (Sensoriamento, 200_?)

A Terra recebe energia solar, e por ser um corpo aquecido, também emite energia, e a energia emitida se situa na região do infravermelho. Alguns gases presentes na atmosfera têm o poder de absorver a radiação infravermelha, não a deixando escapar diretamente para o espaço: os gases do Efeito Estufa (GEE). O Efeito Estufa diz respeito ao aquecimento provocado pela absorção desta radiação por estes gases.

O aumento progressivo na concentração desses gases de Efeito Estufa acarreta consequências como o aquecimento global médio e alterações nos padrões climáticos existentes, o que se denomina como mudanças climáticas.

As abordagens sobre Efeito Estufa mostram o conceito do fenômeno, mas em geral, não explicam o porquê de alguns gases absorverem a radiação e outros não, pois não se aborda a natureza da interação entre esses gases e a radiação.

A radiação infravermelha corresponde à faixa com comprimentos de onda entre 4.000 e 100.000 nm. Portanto, de relativa baixa energia, também conhecida como a radiação eletromagnética capaz de emitir calor. Este calor é proveniente de uma agitação molecular, mais particularmente, da vibração das moléculas, que também é uma propriedade quantizada, ou seja, a molécula vibra em determinados modos vibracionais, os quais têm suas energias características.

Desta maneira, a interação entre os gases e a radiação IV ocorre porque a diferença de energia entre os modos de vibração das moléculas é da mesma magnitude que a energia da radiação infravermelha. Portanto, são as vibrações moleculares que retêm a radiação infravermelha na troposfera.

A energia da radiação infravermelho ($1,2$ a 60 kJ mol^{-1}) (100 a 5000 cm^{-1}) é suficiente para excitar vibrações das moléculas que a absorvem (Harris e Bertolucci, 1989). É importante ter em mente que as energias de ligação geralmente têm valores acima de 150 kJ mol^{-1} (Kotz *et al.*, 2013). Relacionando os dois temas, podemos fazer uma análise comparativa entre as energias relativas das duas radiações em questão, UV e IV, e o efeito físico-químico que elas promovem. Radiação UV levando à quebra de ligações químicas, e radiação IV provocando excitações nas vibrações moleculares apenas.

As moléculas que absorvem radiação infravermelha são aquelas que apresentam vibrações com variação do momento dipolar (Harris e Bertolucci, 1989). Por isso as moléculas diatômicas homonucleares (N_2 , O_2), por exemplo, não absorvem a radiação infravermelha, pois não há variação no momento dipolar em suas vibrações moleculares.

Consideremos uma ligação heteronuclear vibrando em

uma dada frequência. O momento dipolar desta ligação também oscila conforme os dois átomos se movem para frente e para trás. Este dipolo oscilante pode absorver energia de um campo elétrico oscilante, a radiação, somente se o campo oscilar na mesma frequência. A absorção da radiação infravermelha se dá pelo dipolo permanente oscilante das moléculas (Harris e Bertolucci, 1989).

Moléculas lineares, como CO, NO, HCl, sofrem alteração no momento de dipolo pelas vibrações moleculares, mas estes não são considerados gases de Efeito Estufa, já que sua absorção do infravermelho é baixa e sua concentração na atmosfera também (Spiro e Stigliani, 2009). Em contraposição, as moléculas poliatômicas possuem inúmeras vibrações e a absorção do infravermelho é muito mais intensa. Os principais gases de Efeito Estufa são CO_2 , H_2O , CH_4 , CFCs, HFCs, N_2O .

O Efeito Estufa, resultado da interação radiação-matéria, mais particularmente da radiação IV com as vibrações moleculares, também possibilita a vida na Terra como a conhecemos. Estima-se que a temperatura média da superfície da Terra seria de -15°C , ao invés de 15°C , se não houvesse o aquecimento proveniente dessa interação (Baird, 2002).

Os Temas sob a Ótica do Meio Ambiente e Sociedade, com Sugestão de Links Relacionados

75

A proposta deste trabalho é que esta temática seja acompanhada de uma abordagem sobre o quadro ambiental atual que nossa sociedade se insere.

Cada vez vem se tornando mais evidente para a comunidade científica, e até mesmo para os cidadãos comuns, que as mudanças climáticas são uma realidade, e que a ação do homem, através da utilização de combustíveis fósseis, do desmatamento, da mudança de uso e ocupação da terra, da indústria, entre outros, tem contribuído de maneira efetiva para uma grande emissão de gases de Efeito Estufa, que provocam mudanças no comportamento climático do planeta (Nobre *et al.*, 2012).

Em dezembro de 2015 ocorreu a 21ª Conferência das Partes, COP-21, em Paris, encontro que reuniu os países (196 estados-partes) que buscam soluções para mitigar os efeitos da emissão de gases de Efeito Estufa globalmente.

Esta Conferência pode ser amplamente tratada pelo professor, pois na COP-21 se busca um acordo internacional para substituir o protocolo de Quioto, um acordo de 1997. O Protocolo de Quioto é um assunto muito rico e pode também ser abordado pelo professor, a depender do tempo disponível, da audiência e da intenção do professor.

Na COP-21, cada país apresentou suas metas de redução, e esse é um momento que leva a outras questões que podem ser abordadas, como a diversificação da matriz energética, e uso de fontes renováveis de energia, que é um assunto muito explorado, em especial nos currículos oficiais (PCN+, 2002).

No contexto atual, estamos abordando a COP-21, mas em qualquer outra época, o professor pode acompanhar a realização destas conferências internacionais, e inclusive

acompanhar o andamento e cumprimento das metas negociadas neste Acordo de 2015.

A seguir, alguns questionamentos e temas que podem ser levantados pelo professor e discutidos em sala de aula: – Quais são as metas apresentadas pelo Brasil nesta Conferência, COP-21? – O que o país pode ou pretende fazer para atingir suas metas? – Existem exemplos de outros países que conseguiram reduzir suas emissões? Como? – Como você, a escola, sua comunidade, sua cidade, poderiam contribuir para a redução desses gases? – A diversificação da matriz energética. – Tecnologias de Descarbonificação. – Protocolo de Quioto.

Esta é uma discussão que inclui também o ponto de vista político, pois embora o Brasil tenha apresentado sua INDC, em que uma das propostas é o fim do desmatamento ilegal na Amazônia, a Amazônia perdeu 972 quilômetros quadrados de florestas em junho de 2016, segundo estudo da Imazon (2016), demonstrando uma clara discordância entre o que se pretende e aquilo que de fato ocorre no país.

Uma ferramenta interessante que pode ser utilizada neste contexto é o SIRENE (2018), um sistema computacional desenvolvido pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, cujo objetivo principal é disponibilizar os resultados do Inventário Nacional de Emissões Antrópicas por Fontes e Remoções por Sumidouros de Gases de Efeito Estufa. No site do SIRENE, estão disponibilizados infográficos e informações atualizadas sobre as emissões de GEE para cada setor da sociedade brasileira, e ainda por regiões geográficas do Brasil.

Dados de 2010 indicam que os setores que mais participaram com a emissão de gases foram a agropecuária, seguido pelo setor de energia, e uso e ocupação da terra e florestas, cada setor sendo responsável por aproximadamente 30% do total de emissões. O usuário pode consultar mapas interativos e pesquisar quanto é emitido nos diferentes estados do Brasil, e até mesmo relacionar essas emissões com os tipos de atividades produtivas que são mais comuns nas regiões.

Uma animação bem ilustrativa, disponível na web, demonstra como a temperatura global variou de 1850 até 2016 (Breene, 2016). Esta animação compilou os dados de temperatura mensal e demonstra claramente que nos últimos anos o aumento da temperatura tem acelerado rapidamente. Os dados foram obtidos da UK's Met Office, de Londres, e foram compilados pelo cientista do clima Ed Hawkins.

O INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) através da Rede Clima (2018), que é a Rede Brasileira de Pesquisas sobre Mudanças Climáticas Globais, disponibiliza alguns vídeos e cartilhas sobre temas relacionados com as mudanças climáticas.

A seguir estão relacionadas mais algumas sugestões de

links sobre Mudanças Climáticas, Emissão de gases de Efeito Estufa, e COP-21, que podem ser explorados na discussão do tema.

O *link* a seguir apresenta a COP-21, Conferência ocorrida em Paris, de uma maneira resumida e simples para responder as principais dúvidas: <http://g1.globo.com/natureza/noticia/2015/12/acordo-de-paris-sobre-o-clima-veja-perguntas-e-respostas.html>, acessado em Abril 2018.

A reportagem a seguir diz respeito a um método de contenção de CO₂, pois muitos cientistas do clima apoiam a tese de que não é necessário apenas zerar as emissões de GEE, é preciso descarbonizar o meio ambiente, e a ciência tem um papel fundamental em pesquisar novos métodos e tecnologias de apreensão de CO₂ da atmosfera: <http://g1.globo.com/natureza/noticia/2016/06/cientistas-desenvolvem-metodo-para-conter-gases-do-efeito-estufa-transformando-co2-em-pedra.html>, acessado em Abril 2018.

Abaixo, seguem os *links* de 2 vídeos como sugestão de trabalho em sala de aula.

Documentário “Seremos História?”: https://www.youtube.com/watch?v=0KtouDx_smQ, acessado em Abril 2018.

Documentário “Construindo o futuro – a solução é energia renovável”: <https://www.youtube.com/watch?v=fdqqUDLCKE4>, acessado em Abril 2018.

É interessante tratar os dois temas (Efeito Estufa e Camada de Ozônio) de maneira relacionada, especialmente por dois aspectos: - Tornar clara a diferença entre os dois fenômenos; - O Protocolo de Montreal, que reduziu a emissão de gases CFC, os quais destroem a Camada de Ozônio, é um exemplo de Acordo Internacional que realmente entrou em vigor. Assim, a

discussão sobre este Acordo enriquece a expectativa sobre os resultados positivos que a sociedade pode alcançar na busca pela redução nas emissões de gases de Efeito Estufa.

O Protocolo de Montreal foi um tratado bem-sucedido, pois atualmente o CFC não é mais produzido em nenhum país do mundo. No Brasil, seu consumo foi totalmente eliminado em 2010. O *link* a seguir traz uma entrevista com Ana Paula Leal, responsável pelo programa brasileiro junto ao Protocolo de Montreal, em que ela esclarece as próximas etapas do Protocolo, o emprego destes gases na indústria, e o mecanismo para a inovação tecnológica das empresas: <http://www.protocolodemontreal.org.br/eficiente/sites/protocolodemontreal.org.br/pt-br/site.php?secao=noticias&pub=376>, acessado em Abril 2018.

Complementando a entrevista acima, a cartilha “Ações brasileiras para a proteção da camada de ozônio” (Brasil, 2014) detalha, através de ilustrações, a história do Protocolo de Montreal, indicando as próximas etapas de eliminação dos HCFCs, gases substitutos dos CFCs. Os HCFCs reduzem

Esta é uma discussão que inclui também o ponto de vista político, pois embora o Brasil tenha apresentado sua INDC, em que uma das propostas é o fim do desmatamento ilegal na Amazônia, a Amazônia perdeu 972 quilômetros quadrados de florestas em junho de 2016, segundo estudo da Imazon (2016), demonstrando uma clara discordância entre o que se pretende e aquilo que de fato ocorre no país.

a ameaça à camada de ozônio, mas possuem um potencial de aquecimento global muito alto, e com o crescimento do seu uso acredita-se necessário tomar ações globais para sua substituição, assim como foi feito para recuperar a camada de ozônio.

A seguir, os *links* de duas matérias sobre os resultados positivos na proteção à camada de ozônio: <http://sustentabilidade.estadao.com.br/noticias/geral,camada-de-ozonio-estara-recuperada-ate-2050-diz-a-onu,1557931>, acessado em Abril 2018, e <http://www.bbc.com/portuguese/geral-36678205>, acessado em Abril 2018.

O documentário “O buraco de ozônio na Antártida: da descoberta à recuperação” (United Nations Environment Programme, 2013) é um vídeo na língua portuguesa falada em Portugal, o que dificulta um pouco seu entendimento, entretanto, é um vídeo bem interessante para os que pretendem aprender mais sobre o assunto, pois traz entrevistas com cientistas de diferentes instituições que falam sobre a Camada de Ozônio.

Estes *links* são apenas algumas sugestões de artigos relacionados aos temas, pois o professor pode propor diversos outros artigos ou documentários. A leitura dos artigos também pode ser conduzida de diferentes maneiras, dependendo da audiência.

Para que o aluno não fique passivo diante das exposições, pode ser interessante explorar o debate acerca dos artigos/vídeos apresentados, propondo-se a formação de círculos de discussão, como também, por exemplo, a apresentação de seminários, em que cada grupo de alunos pesquise um artigo/notícia relacionado ao tema e apresente para a turma.

Posteriormente a estas discussões sobre meio ambiente e sociedade, poderíamos iniciar a apresentação dos fenômenos físico-químicos de interação radiação-matéria. A seguir, é apresentada a sequência didática sugerida.

Sequência Didática e Considerações Finais

No caso da experiência didática, as primeiras aulas sobre o tema começaram com as discussões sob a ótica de Meio Ambiente e Sociedade, antes de iniciar a abordagem da interação radiação-matéria. Portanto os artigos, documentários e discussão sobre as mudanças climáticas e a COP-21 iniciariam a sequência didática.

Foram colocadas as inserções na ordem que segue:

- Introdução do tema Efeito Estufa sob a ótica do aquecimento do planeta, mas ainda sem entrar no detalhamento das vibrações moleculares, e apresentação do documentário “Seremos História?”;
- A conferência COP-21 e Acordo de Paris, e as metas do Brasil junto à COP-21;

- O cenário de emissões de GEE no Brasil, por setor e por estado;
- Discussão sobre a diversificação da matriz energética e a apresentação do documentário sobre energias renováveis pode ser explorada;
- Relação entre o Protocolo de Montreal, um acordo internacional que propôs a eliminação dos gases que destroem a camada de ozônio, com o Acordo de Paris;
- Apresentação de documentário sobre a Camada de Ozônio, e leitura dos artigos sugeridos para o tema;
- Abordagem da interação radiação-matéria iniciando com a física da camada de ozônio, como proposto na seção “*Interação dos gases oxigênio e ozônio com a radiação UV na estratosfera*”; e
- Explicação do aquecimento no Efeito Estufa, sob o ponto de vista da interação radiação-matéria, a partir do espectro eletromagnético, assim como a comparação dos diferentes comprimentos de onda com as respectivas interações dos gases e suas vibrações, como proposto na seção “*Interação dos gases de efeito estufa com a radiação IV na troposfera*”.

A temática Meio Ambiente está sempre presente em nosso cotidiano, especialmente porque já começamos a

sentir os efeitos de mudanças climáticas, ou seja, períodos mais longos de seca, chuvas intensas, tempestades, temperaturas mais altas, elevação da temperatura dos oceanos, redução de gelo no Ártico e elevação do nível do mar. Cientistas observam que a frequência dos eventos climáticos extremos tem aumentado significativamente nos últimos anos (Nobre *et al.*, 2012). Tratar desta temática

é muito importante para a sociedade, especialmente quando se deseja modificar os padrões de consumo e estilo de vida, e a escola é um espaço de formação em que estas questões podem ser levantadas e discutidas.

É enriquecedor tratar o assunto também sob o ponto de vista dos fenômenos físico-químicos que os originam, sob a perspectiva do conhecimento científico a respeito da problemática ambiental, na qual apresentamos uma visão baseada em conceitos importantes relacionados à radiação eletromagnética, ligações químicas, reações fotoquímicas, vibração molecular e níveis quantizados de energia nas moléculas.

Marina Pelegrini (marinapelegrini101@gmail.com) é bacharel em Química (FFCLRP, 2000), mestre e doutora em Ciências (ITA, 2003 e 2007) e professora adjunta de Química e Responsabilidade Social e Ambiental na Academia da Força Aérea, AFA, em Pirassununga, SP, desde 2009. Pirassununga, SP – BR. **Wilson Roberto Barbosa de Araújo** (araujowb@yahoo.com.br) é bacharel em Física (IF/USP, 1991), licenciado em Física (IF/USP, 1999), mestre e doutor em Ciências (IF/USP, 1996 e 2001) e professor da Escola Estadual Profa. Rita Bicudo Pereira em São Paulo, SP. São Paulo, SP – BR.

Referências

- AULER, D. Enfoque ciência-tecnologia-sociedade: pressupostos para o contexto brasileiro. *Ciência & Ensino*, v. 1, p. 1-20, 2007.
- BAIRD, C. *Química ambiental*. 2ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.
- BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. *Ações brasileiras para a proteção da camada de ozônio*. Brasília: MMA, 2014. Disponível em <http://simat.mma.gov.br/acomweb/Media/Documentos/6cafe5f8-0b94-4bd7-b.pdf>, acessado em Abril 2017.
- _____, Ministério das Relações Exteriores. *INDC: pretendida contribuição nacionalmente determinada*, 2015. Disponível em http://www.itamaraty.gov.br/images/ed_desenvsust/BRASIL-INDC-portugues.pdf, acessado em Abril 2018.
- BRENE, K. This animation shows how the Earth has warmed up since 1850. *World Economic Forum*, 13 May 2016. Disponível em <https://www.weforum.org/agenda/2016/05/this-animation-shows-how-the-earth-has-warmed-up-since-1850/>, acessado em Abril 2018.
- HARRIS, D. C e BERTOLUCCI, M. D. *Symmetry and spectroscopy: an introduction to vibrational and electronic spectroscopy*. New York: Dover Publications, 1989.
- IMAZON detecta aumento de quase 100% no desmatamento da Amazônia em junho. *Amazônia Notícia e Informação*, 23 de Julho de 2016. Disponível em <http://amazonia.org.br/2016/07/imazon-detecta-aumento-de-quase-100-no-desmatamento-da-amazonia-em-junho/>, acessado em Abril 2018.
- KING, E. Acordo entra em vigor dia 4/11, diz ONU. *Observatório do Clima*, 5 de Outubro de 2016. Disponível em <http://www.observatoriodoclima.eco.br/acordo-de-paris-entra-em-vigor-no-dia-04-de-novembro/>, acessado em Abril 2018.
- KOTZ, J. C.; TREICHEL, P. M e WEAVER, G. C. *Química geral e reações químicas*. Trad. Téc. F. M. Vichi; Trad. S. A. Visconte. 6ª ed. São Paulo: Cengage Learning, 2013. v. 1.
- LENZI, E. e FAVERO, L. O. B. *Introdução à química da atmosfera: ciência, vida e sobrevivência*. Rio de Janeiro: LTC, 2009.
- MCGRATH, M. Camada de ozônio está se recompondo na Antártida, dizem cientistas. *BBC Brasil*, 1 de Julho de 2016. Disponível em <http://www.bbc.com/portuguese/geral-36678205>, acessado em Abril 2018.
- MOZETO, A. A. Química atmosférica: a química sobre nossas cabeças. *Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola*, edição especial, p.41-49, 2001.
- NAÇÕES UNIDAS. *Conferência das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas*. Site oficial da ONU sobre COP21 (2015). Disponível em <https://nacoesunidas.org/cop21/>, acessado em Abril 2018.
- NOBRE, C. A.; REID, J. e VEIGA, A. P. S. *Fundamentos científicos das mudanças climáticas*. São José dos Campos: Rede Clima/INPE, 2012. Transcrição de palestra proferida por Carlos A. Nobre em novembro de 2010, Brasília, DF. Disponível em http://www.inpe.br/noticias/arquivos/pdf/fundamentos_cientificos_mc_web.pdf, acessado em Abril 2018.
- PCN+. *Ensino médio, orientações educacionais complementares aos parâmetros curriculares nacionais – física*. Brasília: MEC, SEMTEC, 2002.
- REDE CLIMA. Disponível em <http://redeclima.ccst.inpe.br/>, acessado em Abril 2018.
- SENSORIAMENTO remoto e radiação atmosférica. Material didático on line elaborado pelo Instituto Astronômico e Geofísico da Universidade de São Paulo, 200_?. Disponível em <http://www.iag.usp.br/siae98/meteorologia/radiacao.htm>, acessado em Abril 2018.
- SILVA, C. N.; LOBATO, A. C.; LAGO, R. M.; CARDEAL, Z. L. e QUADROS, A. L. Ensinando a química do efeito estufa no ensino médio: possibilidades e limites. *Química Nova na Escola*, v. 31, n. 4, p. 268-274, 2009.
- SIRENE. Disponível em <http://sirene.mcti.gov.br/>, acessado em Abril 2018.
- SPIRO, T. G. e STIGLIANI, W. M. *Química Ambiental*. Trad. S. M. Yamamoto. Ver. Téc. R. C. Bazito e R. S. Freire. 2ª ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.
- TOLENTINO, M. e ROCHA-FILHO, R. C. A química no efeito estufa. *Química Nova na Escola*, n. 8, p. 10-14, 1998.
- TOZONI-REIS, M. F. C. Temas ambientais como “temas geradores”: contribuições para uma metodologia educativa, ambiental, crítica, transformadora e emancipatória. *Educar em Revista*, n. 27, p. 93-110, 2006.
- UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. *O buraco de ozônio na Antártida: da descoberta à recuperação*. OzonAction, United Nations Environment Programme, 24 de Janeiro de 2013. Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=oQHwiVIVem8>, acessado em Abril 2018.

Para saber mais

<http://videoseducacionais.cptec.inpe.br>, acessado em Abril 2018. Site do INPE contendo vários vídeos educativos sobre mudanças climáticas e assuntos relacionados.

<http://www.oeco.org.br/dicionario-ambiental/28947-o-que-e-o-protocolo-de-quioto/>, acessado em Abril 2018. Artigo conciso sobre o Protocolo de Quioto.

<https://www.youtube.com/watch?v=2jn7UPkVg2E>, acessado em Abril 2018. Vídeo explica como funciona o Comércio de Créditos de Carbono.

<https://www.youtube.com/watch?v=CmyUupa8Ypo>, acessado em Abril 2018. Vídeo legendado *The story of stuff* (“A história das coisas”), curta de educação ambiental evidenciando os padrões de consumo da sociedade capitalista.

“A Última Hora” (*The 11th Hour*, 2007), Warner Bros. Pictures, documentário norte-americano produzido por Leonardo DiCaprio, com entrevistas a cientistas, pensadores e líderes sobre mudanças climáticas.

Abstract: *Greenhouse Effect and Ozone Layer from the Perspective of Radiation-Matter Interaction and an Approach to International Agreements on Climate.* The discussions on Greenhouse Effect and Ozone Layer lead this work, both in the aspect of radiation-matter interaction and from the socio-environmental point of view. The approach to these themes covers the COP-21 International Conference held in Paris in December 2015, which enables the debate on Climate Change and its developments and allows doing a correlation with another International Agreement, the Montreal Protocol, which achieved good results toward restraining the depletion of the ozone layer. From a physical-chemistry point of view, one expects the students can understand how different wavelengths interact with the molecules of the atmosphere. The ultraviolet radiation breaking chemical bonds on O₂ and O₃ molecules in the stratosphere, related to the Ozone Layer, whereas the infrared radiation and its interaction with the gases leading to the Greenhouse Effect. However, in this case, the interaction radiation-matter does not have enough energy to break the chemical bond but only to reach its vibrational modes.

Keywords: generating subjects, photochemical reactions, molecular vibration

Arte na Educação Para as Relações Étnico-raciais: Um Diálogo com o Ensino de Química

Erasmu M. S. Silva e Wilmo E. Francisco Junior

Em face às exigências curriculares postas pela lei 10.639/03, há uma demanda cada vez maior para propostas didático-pedagógicas que abarquem questões étnico-raciais em sala de aula. Nessa direção, esse trabalho propõe a utilização da arte como meio de fomentar o debate de aspectos étnico-raciais e conceitos químicos. Para tanto, foram analisadas uma pintura e uma música sob a perspectiva da semiótica social, sendo apresentadas na sequência sugestões de atividades a serem exploradas buscando reflexões mais profundas das condições sociais da população negra e suas raízes históricas no Brasil. Assume-se que a análise das produções artísticas pode potencializar um processo educativo mais amplo, tendo em vista o papel da arte na objetivação da cultura humana.

► arte, semiótica social, melanina, café ◀

Recebido em 20/03/2017, aceito em 15/01/2018

79

A contribuição dos negros na formação identitária do Brasil é inegável; porém, discussões dessa natureza pouco se fizeram presentes no contexto das salas de aula até 2003, quando foi sancionada a lei 10.639 que instituiu como obrigatório o estudo da História da África e dos Africanos, a luta dos negros no Brasil, a cultura negra brasileira e o negro na formação da sociedade nacional. A estes aspectos legais seguiu-se a resolução CNE/CP nº. 01 (Brasil, 2004) que efetivou as obrigações de instituições de ensino superior frente à formação de professores, instituindo as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação das Relações Étnico-Raciais e para o Ensino de História e Cultura Afro-Brasileira e Africana. Tais documentos apontam para a valorização da contribuição do povo negro na formação sócio-histórica do Brasil, visando a eliminação das disparidades sociais ainda vividas pelos seus descendentes.

De acordo com Francisco Junior (2007, p. 11), para que haja mudanças das estruturas segregatórias que hierarquizam as relações sociais é necessário, “[...] em um primeiro momento, conhecer, para depois reconhecer, valorizar e disseminar as diferenças etnoculturais como forma integradora. Assim, pode-se desvelar a situação opressora ao mesmo tempo em que se busca a libertação.”

Diante desse panorama, a educação em ciências não pode estar lateral ao compromisso em promover relações de igualdade étnica e cultural. Nesse cenário, o presente trabalho procura debater possíveis correlações a serem originadas pela educação química. A proposta está balizada no papel da arte para a objetivação da cultura socialmente construída e, consequentemente, para educação das questões étnico-raciais. Inicialmente, são apresentados alguns trabalhos que envolvem a temática no contexto da educação em ciências, seguida pela discussão das relações entre arte e educação. Por fim, as discussões de uma canção e de uma pintura são apresentadas tendo como apoio a análise semiótica social, sugerindo-se possíveis relações com a química.

As relações étnico-raciais no contexto da educação em ciências

De acordo com Francisco Junior (2007, p. 11), para que haja mudanças das estruturas segregatórias que hierarquizam as relações sociais é necessário, “[...] em um primeiro

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

momento, conhecer, para depois reconhecer, valorizar e disseminar as diferenças etnoculturais como forma integradora. Assim, pode-se desvelar a situação opressora ao mesmo tempo em que se busca a libertação.” A resolução CNE 01/2004 em seu Artigo 2, parágrafos 1º e 2º, corrobora tal perspectiva ao apontar que: “A Educação das Relações Étnico-Raciais tem por objetivo a divulgação e produção de conhecimentos, bem como de atitudes, posturas e valores que eduquem cidadãos quanto à pluralidade étnico-racial (...) na busca da consolidação da democracia brasileira” (Brasil, 2004, p. 11).

Nessa direção, alguns trabalhos têm lançado mão de manifestações artístico-culturais que trazem a temática do negro. Verrangia (2010) discorre, dentre outras questões, sobre o funcionamento análogo entre a comunidade de capoeiristas e a comunidade científica. Para o autor, a comunidade científica, assim como a capoeira, fundamentam-se em relações hierárquicas que levam em conta o acúmulo de experiência e conhecimento. Além disso, fazer parte de uma comunidade científica é uma questão de pertencimento, pois envolve comungar formas de fazer, de ser, de se comunicar e de compartilhar conhecimentos. Tais relações também são observadas na capoeira, pois é o domínio dos conhecimentos e da linguagem corporal que permitem a capoeiristas jogarem na mesma roda (Verrangia, 2010).

Moreira *et al.* (2011) reportam uma proposta voltada para a bioquímica do candomblé. Os autores exploram as possibilidades de contextualização a partir da noz de cola, fruto que faz parte da simbologia religiosa afro-brasileira, sugerindo formas de explorar aspectos químicos do fruto, além da história e da geografia. Silva (2011) também propõe uma discussão sobre questões raciais pautada no poema “Lágrimas de Preta”, de Antônio Gedeão. O poema descreve a coleta e a análise química da lágrima de uma pessoa negra. A partir da poesia, a autora defende a exploração de conceitos de química inerentes à análise, assim como o debate do racismo pela perspectiva da ciência, reforçando o princípio da igualdade racial. Já Silva *et al.* (2017) discutem o dendê como uma temática, apresentando aspectos de sua história, composição química e propriedades físico-químicas, além da capacidade de adsorção de metais pela casca do coco de dendê.

De forma genérica, as sugestões que trazem relações étnico-raciais para aulas de ciência/química por meio da arte apoiam-se em três perspectivas: relações étnico-raciais, conhecimentos do continente Africano e conteúdos de ciências. Nos contextos explorados acima, tradições e manifestações culturais se entrelaçam com a arte, revelando como as africanidades brasileiras são capazes de unir o ensino de química à educação de questões étnico-raciais.

A arte

Sob uma concepção Vigotskiana, a arte seria uma representação da realidade, recriada por sujeitos que transferem para sua criação a carga cultural e histórica que os rodeiam

e os formam. É um ato inventivo diretamente ligado à vivência e também ao psiquismo do sujeito criador. Além de sentimentos, é capaz de objetivar outras capacidades humanas tanto naqueles que criam, quanto nos apreciadores. Em outras palavras, a arte possibilita o desenvolvimento do que Vigotski denominou de funções psicológicas superiores, tais como abstração, criatividade, imaginação, dentre outros. A criação de tais organizações psíquicas se dá mediante a compreensão e superação da dicotomia entre forma e conteúdo, responsável pela estrutura de uma manifestação artística.

Sob essa perspectiva, o “objetivo central da arte é o reconhecimento da superação do material da forma artística ou, o que dá no mesmo, o reconhecimento da arte como técnica social do sentimento” (Vigotski, 1998, p. 3). A arte é a mediação entre o homem e o seu próprio gênero histórico e cultural. Assim, o artista investe em suas obras complexas atividades mentais, as quais podem ser apropriadas pelos demais. Barroco e Superti (2004) acrescentam que essa apropriação não é mecânica ou natural, pois é preciso mediação para que o fruidor possa apreciar os movimentos que a arte traz consigo. Ligado ao processo educativo, as artes podem concatenar a cognição, o mundo e as emoções, permitindo a ampliação do desenvolvimento humano.

De igual maneira é possível e exequível o pós-efeito cognitivo da arte. Uma obra de arte vivenciada pode efetivamente ampliar a nossa concepção de algum campo de fenômenos, levar-nos a ver esse campo com novos olhos, a generalizar e unificar fatos amiúde inteiramente dispersos. É que, como qualquer vivência intensa, a vivência estética cria uma atitude muito sensível para os atos posteriores e, evidentemente, nunca passa sem deixar vestígios para o nosso comportamento. (Vigotski, 2004, p. 342).

Em um contexto escolar, o professor pode assumir o papel dos atos posteriores, de discussão da expressão artística e de seu contexto sócio-histórico, fomentando novas percepções das quais podem emergir novas organizações psíquicas que se conectam ao conjunto de capacidades e habilidades almejadas no processo educativo.

Se a arte, para Vigotski, capta elementos antagônicos de conteúdo e forma que moldam a sociedade, a história e a cultura do sujeito, é razoável afirmar que utilizar produções artísticas é situar o indivíduo no processo educativo, dialogando com suas raízes e o processo histórico que o constituem. Para isso é fundamental a construção de experiências educativas que mobilizem essa cultura. Assumindo que a educação em relações étnico-raciais passa pela valorização do contexto cultural e da historicidade afro-brasileira, a arte torna-se uma ferramenta pedagógica, tendo em vista a possibilidade de exploração de aspectos de uma obra artística que refletem os modos de vida, dilemas e a cultura e história negras.

Nessa direção, este trabalho explora duas obras de artes, uma canção e uma pintura, as quais permitem debater a

temática social dos negros, bem como favorecer a conexão de questões étnico-raciais e conceitos químicos. A canção é de autoria do compositor André Abujamra e é intitulada “Alma não tem cor” (1995). A pintura é “O lavrador de café” (1934), de autoria de Cândido Portinari. A análise dessas produções tomou por base princípios da semiótica social.

A semiótica social está interessada no significado e em todas as suas formas de expressão, compreendendo que o significado surge do contexto social e nas interações sociais (Van Leeuwen, 2005). Para este autor, os recursos semióticos são a chave da semiótica social e podem ser definidos como

Ações e artefatos que usamos na comunicação, sejam aqueles produzidos fisiologicamente – com o aparato vocal, com os músculos para produzir expressões faciais e gestos, etc. – ou por meio da tecnologia – com canetas, tinta e papel, computadores, com tecidos, tesouras e máquinas de costura, etc. (Van Leeuwen, 2005, p. 4, tradução dos autores).

Os recursos semióticos sociais são significantes cujas ações e objetos foram inseridos na comunicação social e se constituíram pelos usos ao longo da história, podendo surgir novos usos em função de novas necessidades e interesses (Van Leeuwen, 2005). Para este trabalho, foram considerados especialmente os conceitos de ritmo e composição. Segundo Van Leeuwen, ritmo e composição são recursos semióticos que conferem coesão multimodal respectivamente a músicas e imagens: “O ritmo fornece coerência e estrutura significativa a eventos que se desdobram no tempo” e “Composição fornece coerência e estrutura significativa a arranjos espaciais” (2005, p.179, tradução dos autores).

De forma mais específica, serão analisadas, em cada obra, características semióticas que podem evocar questões sociais, assim como aspectos artísticos que permitem a exploração de conceitos químicos. A proposta central é que a canção e a tela sirvam não só para suscitar o diálogo de questões étnico-raciais, mas, sobretudo, para o fortalecimento de ações e intervenções em situações de discriminação, tencionando, assim, relações de igualdade entre todos.

“Alma não tem cor” – André Abujamra

A canção “Alma não tem cor” (1995) é de autoria do instrumentista, ator, compositor e cantor paulista, André Abujamra. Abujamra, quando integrante da banda de pop-rock “Karnak”, poetizou um discurso que pode promover no ouvinte/leitor reflexões a respeito das relações étnico-raciais. Na letra da canção (Quadro 1), em suas primeiras palavras, o compositor garante que não há diferença entre a “alma” de homens e mulheres quando se refere à cor da pele, já que ele, o eu lírico, é branco e negro ao mesmo tempo. Em outras palavras, a “alma” do negro é semelhante a “alma” do branco. Está longe dos propósitos do presente trabalho adentrar em uma discussão filosófica a respeito do significado ou mesmo da existência de “alma”. No entanto,

levando em conta o contexto da canção, o autor sugere que, fundamentalmente, não há diferença entre brancos e negros, isto é, a “alma” carrega todas as cores, ela é “multicolor”.

Quadro 1: Música “Alma não tem cor” (1995). Autor: André Abujamra. Fonte: <https://www.lettras.mus.br/karnak/201405/>, acessado em Abril 2018

“Alma não tem cor” – André Abujamra

Alma não tem cor
Porque eu sou branco
Alma não tem cor
Porque eu sou preto
Branquinho, neguinho
Branco, negão

Percebam que a alma não tem cor
Ela é colorida, sim
Ela é multicolor
Percebam que a alma não tem uma só cor
Ela é colorida, sim
Ela é multicolor
Azul, amarelo
Verde, verdinho, marrom

Você conhece tudo
Você conhece o reggae
Você conhece tudo
Você só não se conhece

Quanto à sonoridade, nas diversas interpretações que esta canção já teve, seja na voz do próprio compositor ou de outros artistas (tais como Chico César e Zeca Baleiro), a música incorporou ritmos próximos aos dos africanos, reforçando a temática negra e da igualdade racial.

A essência do ritmo é a alternância – alternância entre dois estados: um acima e outro abaixo, um tenso e outro relaxado, um ruidoso e outro suave, a noite e o dia, a maré baixa e a maré alta e assim por diante. Tal alternância entre dois polos opostos é essencial para a percepção humana das coisas, mesmo quando, objetivamente, não se está lá (Van Leeuwen, 2005, p. 182, tradução dos autores).

Além disso, tal ritmo é responsável por dividir o fluxo em medidas de tempo em conexão com a métrica poética, trazendo à tona a alternância entre dois estados (Van Leeuwen, 2005), elemento semiótico fundamental que caracteriza a canção. A letra da canção e sua sonoridade revelam justamente este ritmo. O verso “A alma não tem cor porque eu sou branco” é um exemplo de divisor do tempo e é marcado pela batida sonora. Há conexão entre métrica e som, produzindo e articulando sentidos.

Mais perceptíveis são os versos “Branquinho neguinho, branco negão”. O uso de aumentativos e diminutivos cria a

alternância entre os polos opostos responsáveis pelo ritmo da letra, atuando também na produção de sentidos sociais. De maneira geral, o jogo alternado de palavras desconstrói a típica classificação de homens e mulheres com base na cor da pele, destacando, ao mesmo tempo, os opostos sociais entre brancos e negros no Brasil. Van Leeuwen (2005) aponta que as escalas são marcadas por pausas ou mudanças no ritmo, sendo tais fronteiras marcadas e demarcadas por atos comunicativos. É o que pode ser verificado, por exemplo, na transição métrica e sonora de “A alma não tem cor / Porque eu sou preto” para “Branquinho neguinho / Branco negão”.

Assim, a canção é rica em alternância, ou seja, em ritmo, o que caracteriza a multiculturalidade e a diversidade. É interessante apontar que, de acordo com a semiótica social, embora o ritmo se caracterize pela alternância entre opostos, esses opostos configuram a essência da coesão multimodal (Van Leeuwen, 2005). Sob o viés social, a essência do ser humano é a multicor, “A alma não tem cor / Porque eu sou branco / A alma não tem cor / Porque eu sou preto / (...) Ela é colorida sim”. As particularidades fenotípicas formam uma unidade multicolor na interação entre os diferentes, entre o branco e o negro, por exemplo. De tal maneira, a interação e o respeito entre a unidade e a diversidade de identidades seria ponto de partida para se construir uma sociedade coesa do ponto de vista social.

Assim, a canção pode tornar-se um convite para os alunos pensarem, inicialmente, as diferenças entre brancos e negros no Brasil, principalmente no que tange às condições socioeconômicas. De forma mais específica, é possível refletir sobre dados que mostram a violência sofrida pelos negros, o acesso ao mercado de trabalho e a outros direitos básicos, especialmente a educação. Segundo o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA, 2012), analisando dados do IBGE de 2009, 17,55% dos jovens brancos entre 25 e 29 anos tinham o ensino superior completo, enquanto apenas 5,72% dos jovens negros haviam concluído o mesmo nível. Na faixa etária entre 18 e 24 anos, 21,60% dos jovens brancos frequentavam um curso superior contra somente 8,35% dos jovens negros. Já para a idade entre 15 e 17 anos, 60,78% dos jovens brancos encontravam-se no ensino médio, enquanto 43,79% dos negros de mesma faixa etária estavam matriculados neste nível de ensino.

Infelizmente, essa desigualdade não paira exclusivamente sobre as vagas ocupadas nas escolas e universidades. Segundo Cerqueira e Moura (2014), em termos proporcionais, para cada homicídio de não negro no Brasil, 2,4 negros

são assassinados. Os mesmos autores apontam ainda que entre os 10% mais pobres no Brasil, 11,66% são negros e 5,41% são brancos. Nesse contexto, é importante salientar que a apresentação de dados estatísticos é apontada por Francisco Junior (2008) como um passo importante no desvelamento do racismo incutido na sociedade.

Em um contexto de formação em ciência faz-se importante destacar o papel que esta já exerceu nas relações étnico-raciais corroborando ideologias discriminatórias. No começo do século XIX surgiram estudos no Brasil, em especial nas áreas de medicina e psicologia, que procuravam associar o caráter às características físicas e socioculturais, tais quais cor e origem. Esses estudos associavam, por exemplo, tendências a crimes, patologias e desvios de conduta como típicas dos negros. Segundo Santos *et al.* (2012), negros e mestiços recebiam muito mais diagnósticos de doenças mentais toxinfeciosas, como a sífilis e o alcoolismo, do que os brancos. Além disso, outras doenças como esquizofrenia e psicose maníaco-depressiva eram tidas como constitucionais da população negra.

Os conceitos de química que podem ser abordados giram em torno do símbolo adotado também na discussão das relações étnico-raciais: “A cor”. Nesse sentido, a coloração da pele, dos olhos e dos pelos deve-se essencialmente à melanina, uma proteína que tem o aminoácido tirosina como seu constituinte fundamental. Nesse contexto, classes de substâncias orgânicas tais como ácido carboxílico, amina, fenol e os compostos aromáticos podem ser abordados a partir da estrutura da tirosina (Figura 1). Também é viável o estudo sobre a formação das ligações peptídicas que dão origem às proteínas, resultado da reação de condensação entre o grupo amina de um monômero e um grupo carboxílico de outro, liberando uma molécula de água.

Uma discussão mais aprofundada pode envolver a rota de produção da melanina (Figura 1). A tirosina é a molécula precursora da biossíntese da melanina. A tirosinase [uma oxidase que contém traços de cobre(I)] é responsável pela catálise da hidroxilação da tirosina em dopamina (dioxifenilalanina) e, em seguida, por sua oxidação para formar a dopaquinona (Miot *et al.*, 2009). A partir disso pode ocorrer a formação de dois tipos de pigmentos, a eumelanina ou a feomelanina. A diferenciação é a presença de cisteína, que favorece a formação de feomelanina. Já para a eumelanina há a formação de leucodopacromo, de dopacromo e a consequente polimerização.

A síntese e deposição da melanina ocorre nos melanossomos, organelas elípticas localizadas nas células melanócitas

Os conceitos de química que podem ser abordados giram em torno do símbolo adotado também na discussão das relações étnico-raciais: “A cor”. Nesse sentido, a coloração da pele, dos olhos e dos pelos deve-se essencialmente à melanina, uma proteína que tem o aminoácido tirosina como seu constituinte fundamental. Nesse contexto, classes de substâncias orgânicas tais como ácido carboxílico, amina, fenol e os compostos aromáticos podem ser abordados a partir da estrutura da tirosina (Figura 1). Também é viável o estudo sobre a formação das ligações peptídicas que dão origem às proteínas, resultado da reação de condensação entre o grupo amina de um monômero e um grupo carboxílico de outro, liberando uma molécula de água.

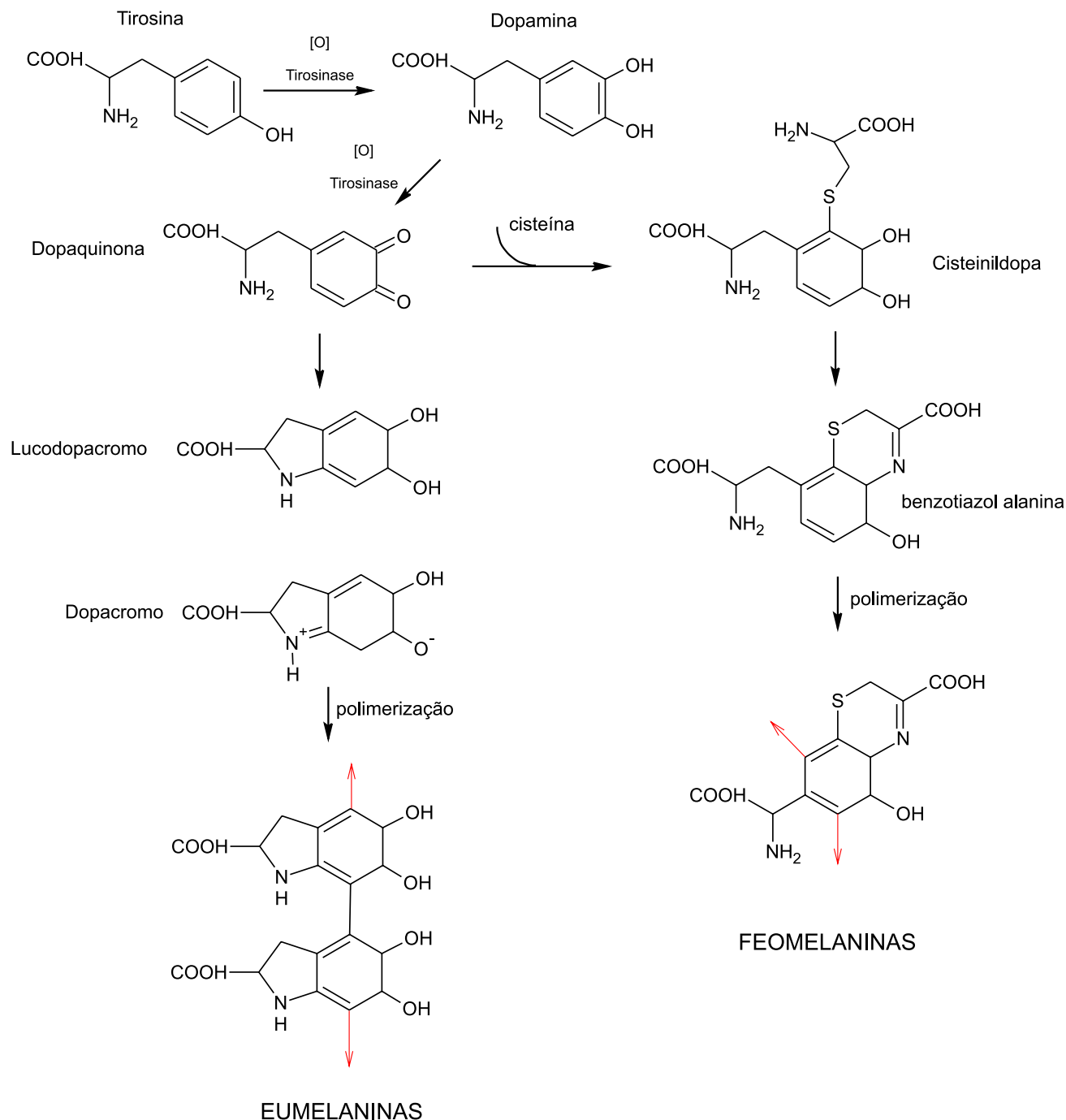


Figura 1: Esquema simplificado da rota de biossíntese da melanina (eumelanina e feomelanina) no organismo. (Pesquisas revelam que esses processos são bastante complexos, havendo etapas e estruturas ainda não completamente compreendidas. Modelos mais complexos podem ser consultados em Morel e Christie (2011) e Solano (2014)).

que se situam na camada basal da epiderme e ocasionalmente na derme (Miot *et al.*, 2009). Os melanossomos são também responsáveis pelo armazenamento de tirosinase sintetizada pelos ribossomos. Os melanossomos nos indivíduos negros apresentam-se maiores e mais maduros quando comparados aos indivíduos brancos, além de serem armazenados mais como unidades do que como grupamentos (Miot *et al.*, 2009). Como consequência, a síntese da melanina é favorecida. A melanina total da pele é resultante da mistura de monômeros de feomelanina e eumelanina, sendo a expressão fenotípica da pele e dos cabelos determinada pela proporção entre as

duas. As peles mais intensamente pigmentadas encerram maior quantidade de melanina total, assim como maior taxa de eumelanina comparadas às peles mais claras (Miot *et al.*, 2009).

A eumelanina absorve a luz ultravioleta, atenuando sua penetração na pele e exercendo defesa contra os efeitos nocivos da radiação solar. Essa absorção aumenta linearmente na faixa de 720-620 nm e exponencialmente em ondas mais curtas (300-600 nm) (Rouzaud *et al.*, 2005). Por sua vez, a feomelanina é potencialmente geradora de radicais livres em resposta à radiação ultravioleta. Essa é a principal razão da

suscetibilidade das pessoas com pele clara aos danos epidérmicos induzidos por ultravioleta. Assim, indivíduos com maior pigmentação apresentam maior facilidade de bronzeamento em comparação com aqueles de peles mais claras.

A produção da melanina permite assim explorar temas como catálise biológica, reações de óxido-redução orgânica e polimerização. Em nível superior é possível ainda dar destaque aos mecanismos envolvidos nessas reações, como forma de inserir a química orgânica ou bioquímica. A atuação da melanina na absorção da luz pode ser explorada para a discussão das técnicas espectroscópicas. A partir da estrutura e formação da melanina podem ser desenvolvidos outros tópicos envolvendo as proteínas, tais como suas estruturas e diversas funções biológicas.

É importante discutir que, contrariamente ao que se pensava há menos de um século, não há nenhuma condição biológica ou genética que justifique a própria separação da espécie humana em raças, ou a hierarquização da população com base na cor. É fundamental, assim, invalidar o discurso que atribuía certas patologias, incapacidades e desvios de caráter como inatos aos negros.

Um debate epistemológico sobre o fazer científico, mais especificamente sobre a influência das contingências sociais nas práticas científicas pode ser realizado. A análise dos estudos científicos previamente citados – que procuravam corroborar a ideia de inferioridade dos negros – pode ser tomado como exemplo. Esse mesmo contexto abre espaço para abordar uma visão externalista de ciência e a descon-tinuidade de teorias científicas, as quais podem representar também um recuo em relação a ideias anteriores.

O lavrador de café – Cândido Portinari

Cândido Torquato Portinari (1903-1962), brasileiro nascido em Brodóski, interior do estado de São Paulo, é considerado um dos maiores artistas do país e um dos pintores brasileiros com maior expressão internacional. Questões sociais brasileiras frequentemente inspiraram Portinari, que deu forma e cor a temas como escravidão (“Cana de açúcar”, 1938), a seca no nordeste (“Os retirantes”, 1955) e as condições dos trabalhadores rurais (“Café”, 1935). Em 1934, o artista pintou a tela “O lavrador de café” (Figura 2), retratando um trabalhador rural nas lavouras de café. Esta é uma dentre várias outras obras que representam a mesma temática.

A região na qual nasceu e cresceu o pintor experimentou um grande avanço econômico especialmente devido às lavouras de café, que empregaram em grande escala a mão de obra da população negra, parte dela ainda escravizada no século XIX. Na obra, Portinari apresenta elementos que retratam essa passagem da história do Brasil, enfatizando, principalmente, a presença do negro por meio da figura do lavrador.

Portinari dividiu a pintura em dois planos. No primeiro plano (mais próximo do observador), a figura do lavrador ocupa posição de destaque e está centralizada. O modelo apresenta braços e pés maiores que o resto do corpo. A própria figura do lavrador é superestimada em escala. Por meio dessa



Figura 2: “O lavrador de café”, pintura a óleo/tela 100 x 81 cm, 1934. Disponível em <http://www.portinari.org.br/#/acervo/obra/2744>, acessado em Abril 2018.

deformação, sempre marcante em suas obras, Portinari buscava valorizar o trabalhador brasileiro, bem como demonstrar a figura do negro, marcado pelo sofrimento do trabalho nas fazendas. As calças brancas do lavrador contrastam com o chão escuro. Para Kress e Van Leeuwen (2006), a composição visual com figura centralizada indica que este é o núcleo da informação. Ao mesmo tempo, há uma combinação entre o centro e o periférico (paisagem) sugerindo equilíbrio entre aquilo que é central e os fatores do ambiente.

Nesses termos, a paisagem em plano de fundo interage com a figura do lavrador. Portinari decompôs o plano vertical da paisagem quase simetricamente em quatro tonalidades de cores, duas mais claras e duas mais escuras. Na parte superior, com tonalidades mais claras, estão representadas longinquamente as nuvens e o céu com montanhas. Logo abaixo está a plantação de café, separada do plano vertical inferior pelo trem e a sua linha férrea. Tais detalhes de composição são fundamentais para a compreensão do efeito da figura do lavrador. A noção de composição se refere a como os elementos visuais – pessoas, coisas, cores, objetos, etc. – estão dispostos no espaço. O resultado é uma complexa interação entre vários fatores para produzir mensagens espacialmente articuladas e, geralmente, é a origem da contemplação estética (Van Leeuwen, 2005).

Destaca-se, na parte superior, o lavrador com um olhar expressivo e pensativo, como quem reflete sobre seu papel

no processo, sobre a interação com a terra, sobre o dano ambiental (desmatamento representado pela árvore cortada) e a quase inalcançável posse das terras em que o café é plantado. O contraste de cores, o tom avermelhado, mais escuro, a aridez do solo em que estão fincados os pés descalços do lavrador, a árvore cortada e o “peso” da enxada opõem-se ao tom claro do organizado cafezal. O contraste de cores e situações refletem o contraste da riqueza proporcionada aos donos das fazendas pela plantação do café e as dificuldades enfrentadas para a sobrevivência do negro em condições de escravidão.

Quando uma composição polariza as partes superior e inferior, dando espaços diferentes a elas e, por vezes, contrastando os elementos que a constituem, aquilo que é representado na parte superior é concebido de forma idealizada, enquanto o que é apresentado abaixo concerne à realidade. A representação polarizada de “superior” e “inferior” é adotada na semiótica como uma representação de ideal e real (Van Leeuwen, 2005). Em geral, a parte inferior é acompanhada de mais detalhe, tal como em “O lavrador de café” (a enxada, os pés, a calça, a árvore). Para Van Leeuwen (2005, p. 204):

Em nosso meio sempre há um abismo entre o céu, acima, eterno e inalcançável – ao menos da perspectiva humana – e a terra abaixo, em constante mudança, constantemente dando e tirando vidas. Não é à toa que as metáforas da verticalidade encerram papel central na construção e manutenção das diferenças sociais. Pessoas com poder estão em um “lugar alto e poderoso”, já aquelas da “classe baixa” são pessoas sem poder, na base da hierarquia social, em um “lugar baixo e excluído”. Os tronos, púlpitos e assentos de reis, padres e juízes são elevados acima dos assentos dos demais (...).

Portinari pintou em sua obra o solo negro, no qual os pés descalços do lavrador estão encravados, o que pode aludir ao desenvolvimento econômico proporcionado pelo café (que torrado adquire a coloração preta), mas também pode representar a situação dos negros na base da hierarquia social. Enquanto o tom claro (nuvens) se conecta à plantação do café, mais distante do lavrador, seus pés descalços estão no solo negro e desmatado. A discussão social pode levar em conta justamente esse contraste de cores e posicionamento: Por que o lavrador aparece de forma centralizada e em proporção bem maior que a plantação? Por que o solo no qual está o lavrador é justamente de coloração preta, em oposição à terra roxa e ao cafezal? O que representa o contraste claro/escuro? Qual a razão do olhar distante do lavrador?

Portinari pintou em sua obra o solo negro, no qual os pés descalços do lavrador estão encravados, o que pode aludir ao desenvolvimento econômico proporcionado pelo café (que torrado adquire a coloração preta), mas também pode representar a situação dos negros na base da hierarquia social. Enquanto o tom claro (nuvens) se conecta à plantação do café, mais distante do lavrador, seus pés descalços estão no solo negro e desmatado. A discussão social pode levar em conta justamente esse contraste de cores e posicionamento [...]

Pautando-se no efeito pós-cognitivo da arte retratado por Vigotski, a exploração das características artísticas da obra contribuiria para um olhar mais crítico dos aspectos sociais que marcaram este período histórico no Brasil.

É interessante para isso explorar a percepção que os estudantes possam expressar sobre a obra. Suas interpretações, suas sensações e suas hipóteses para as cenas representadas. Também importante é fundamentar essa etapa do debate na condição degradante de trabalho dos negros nas lavouras. Até o século XIX, as lavouras de café empregaram basicamente a mão de obra escrava. Além do trabalho forçado, as condições de alojamento dos escravizados eram degradantes, ou algo similar à cocheira para animais (Mota Sobrinho, 1978). Com o fim oficial da escravidão, a condição da população negra, ainda que tenha se modificado, não passou por melhoras significativas. Em estudo que analisou autos penais

na região de São Carlos (SP), Monsma (2005) apresenta diversos casos de violência por parte de fazendeiros contra negros. O autor também assinala que os imigrantes que compraram fazendas ou adquiriam postos de autoridade rapidamente passaram a reproduzir a humilhação e a violência contra negros. A ausência de uma elite social negra e a ocupação de cargos mais valorados socialmente foram ainda marcantes, refletindo ainda hoje nas diferenças sociais.

Para o estabelecimento de relações com a química, o café pode ser um tema com várias possibilidades, sobretudo ao se considerar sua origem e usos remotos. A hipótese mais aceita é que o cafezeiro ou cafeeiro (*Coffea arabica*) tenha se originado nas planícies altas da Etiópia, a partir de onde se espalhou pelo mundo. Tal hipótese tem sido corroborada por estudos de variabilidade genética de plantas selvagens e semi-selvagens encontradas na Etiópia com outras cultivadas ao redor do mundo. Um estudo molecular e morfológico de 124 espécies de café de diferentes regiões do mundo demonstrou que espécies de caráter selvagem foram encontradas somente no nordeste da África, especialmente regiões do sudeste da Etiópia, no Sudão e Quênia (Davis *et al.*, 2011).

Pesquisas sobre as formas de consumo antigas e atuais nas diferentes partes da Etiópia indicam que o uso mais remoto do café teria sido na forma de uma bebida medicinal denominada Chémo (Tadesse, 2017). A bebida era produzida basicamente a partir das folhas da planta, secas ou tostadas, que eram então maceradas e fervidas juntamente com gengibre, pimenta e outros condimentos. Esse uso foi introduzido em um período anterior ao ano de 1390 (Tadesse, 2017). Em um estudo etnobotânico, Giday *et al.* (2010) revelaram que tal uso medicinal é originário do grupo étnico *Sheko* da zona de Kaffa, que empregava as

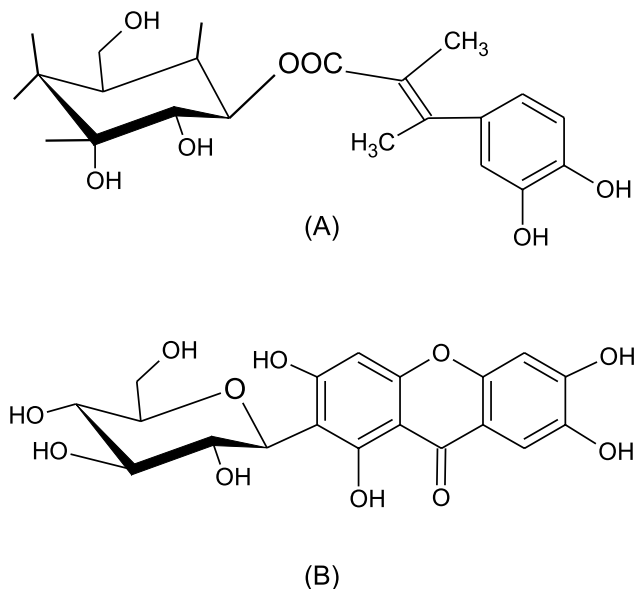


Figura 3: Estruturas químicas do ácido 5-cafeoilquínico (A) e mangiferina (B), substâncias presentes nas folhas do café.

folhas do café especialmente para dores de cabeça.

Estudos químicos das folhas do café apresentam-se em quantidade relativamente menor quando comparados às investigações sobre os grãos. Em termos de composição química, são descritas elevadas quantidades de ésteres do ácido 5-cafeoilquínico (5-ACQ), o representante majoritário do grupo dos ácidos clorogênicos (Figura 3A), principais fenólicos encontrados nos grãos de café. Mais recentemente, a presença de mangiferina (Figura 3B) também foi descrita nas folhas (Campa *et al.*, 2012). A mangiferina (2-C-b-D-glicopiranosil-1,3,6,7-tetrahidroxi-xantona) é um composto fenólico do tipo xantanoide (biossintetizado a partir da xantona), cuja presença foi inicialmente descrita em mangueiras e na manga (Campa *et al.*, 2012). Recentemente tem havido um crescente interesse no estudo desse composto, tendo em vista seu potencial farmacológico.

A mangiferina é um sólido amarelo (PF > 260 °C) com forte absorção de luz na faixa do ultravioleta (I = 230-260 e 317 nm) e atividade óptica devido ao resíduo de glicose. Para os estudos químicos atuais (Campa *et al.*, 2012), sua extração é realizada por meio da partição metanol/água (geralmente 80/20). A presença de vários grupos hidroxila é responsável pelo relativo alto ponto de fusão da mangiferina, assim como sua solubilidade em água por meio de interações do tipo ligação de hidrogênio, o que seria responsável pela extração em água quente para a produção do Çhemo.

A mangiferina tem sido associada a atividades farmacológicas em diferentes órgãos e tecidos. Algumas das principais atividades descritas são antioxidantes e analgésicas, fato que explica seu uso há tempos por comunidades locais na Etiópia. Em nível médio, a análise das estruturas químicas dos compostos presentes nas folhas pode ser empregada para discutir diversos conceitos relacionadas às funções orgânicas e interações intermoleculares, seja para explicar seu ponto de fusão ou como ocorria a extração por água na produção do

Çhemo, bem como a maior capacidade extratora da partição metanol/água. Em nível superior, práticas experimentais de extração e estudos da composição e propriedades podem ser arrolados.

Outro uso descrito do café na Etiópia foi na forma de grãos tostados – o *Bunna Qélla* (Tadesse, 2017). Ao contrário do uso mais comum dos grãos tostados como bebida, o *Bunna Qélla* configura-se como comida. Em seu preparo, os grãos de café são lavados e tostados. Manteiga, com temperos e sal, é derretida, sendo os grãos de café misturados homogeneamente a ela. A mistura era servida fria principalmente como acepipes em cerimônias de casamento e outras festividades (Tadesse, 2017). Não se sabe ao certo se tal uso é posterior ou concomitante ao Çhemo. O que se pode afirmar, no entanto, é que tais usos são anteriores à produção da bebida a partir dos grãos tostados. É aproximadamente durante o século XV que o café chega ao Iêmen por meio de mercadores árabes que trouxeram a planta da Etiópia. Desde então, o cultivo do café e seu consumo após torrefação dos grãos para o consumo após extração foram se intensificando ao redor do mundo.

A torrefação eleva a quantidade de substâncias químicas voláteis, as quais conferem aroma e sabor ao café. O processo pirolítico promove a conversão da água contida no interior do grão em vapor, bem como a produção de dióxido de carbono. As paredes celulares grossas e pouco porosas, bem como os óleos essenciais dificultam o escape dos gases, resultando no aumento da pressão interna, que alcança de 20 a 25 atmosferas (Castle e Nielsen, 1999). Algumas células explodem, provocando os estouros característicos do café sendo torrado. O volume do grão de café aumenta em 50% ou mais, ao passo que sua massa diminui em um quinto, sendo produzidos aproximadamente 12 litros de dióxido de carbono por quilograma de café torrado (Castle e Nielsen, 1999).

Tal processo de torração do café pode subsidiar uma rica discussão sobre transformações gasosas e reações químicas. A partir do valor da pressão interna do grão, pode-se inclusive estimar o volume de gases gerados para que tal pressão seja alcançada. Ainda que os valores possam não representar a realidade, seria uma ferramenta para discutir o papel das representações e da abstração na ciência química.

Concomitante a esse processo de expansão gasosa no interior dos grãos, o processo de torrefação provoca inúmeras reações químicas que degradam e produzem compostos. Estima-se que existam mais de 2000 substâncias no grão de café torrado. Entre as diversas reações químicas provocadas pela temperatura, uma das mais importantes é conhecida como reação de Maillard (Nursten, 2005). Este é um processo descrito inicialmente por Louis Camille Maillard (1878-1936) para o processo de caramelização que ocorre com diversos tipos de alimentos durante a cocção, resultando em compostos de coloração castanha, os quais conferem sabores e aromas característicos. As reações de Maillard ocorrem em várias etapas. O estágio inicial é fruto da combinação de carboidratos (aldoses) e proteínas (ou resíduos peptídicos e aminoácidos) para formar glicosaminas-N-substituídas (Figura 4). Etapas posteriores envolvem,

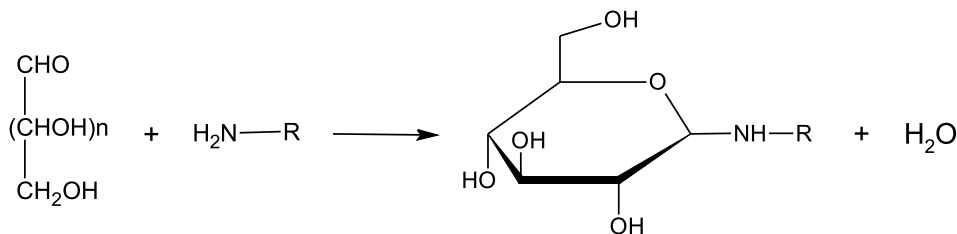


Figura 4: Representação da reação de formação de glicosamina-N-substituída, primeira etapa das reações de Maillard originadas pela torrefação do café.

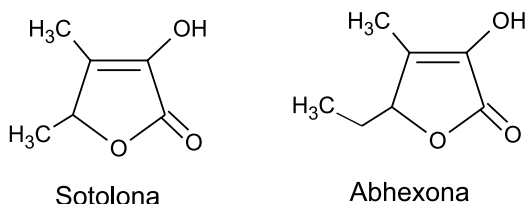


Figura 5: Representação estrutural de meloidinas presentes no café torrado.

dentre outras reações, rearranjos que formam cetonas, desidratação e fragmentação do açúcar e condensações aldólicas (Nursten, 2005). Os produtos finais são polímeros nitrogenados denominados genericamente de melanoidinas. As meloidinas são responsáveis pelo gosto dominante do café, compondo cerca de 25% da massa da bebida seca (Nursten, 2005). A determinação das meloidinas presentes no café ainda é bastante imprecisa, mas sotolona e abhexona (Figura 5) contribuem de forma importante para o seu aroma (Nursten, 2005). Tal processo de Maillard também pode ser explorado para o ensino de reatividade e estrutura de moléculas orgânicas.

Considerações finais

Evidentemente, os desafios para consolidar o diálogo com as questões étnico-raciais em aulas de ciências/química exigem que professores e professoras estejam dispostos a ir além, no sentido de buscar práticas, conhecimentos e ferramentas que geralmente não se fazem presentes na escola. Uma das principais dificuldades se concentra em estabelecer conexões significativas entre o conhecimento químico e a temática racial. Cabe destacar, no entanto, que o viés químico é insuficiente para explorar a temática. É importante que os professores proponham situações-problema ou projetos de natureza interdisciplinar, cuja consecução abarque tanto conhecimentos químicos quanto sócio-históricos, sendo a arte uma das esferas constitutivas deste retrato sociológico. Assim, a canção e a pintura podem ser pontos de partida – ou temas geradores no sentido freiriano – para que estudantes e professores busquem dados e informações que permitam construir

uma análise mais ampla. Um tema gerador é aquele capaz de ser desdobrado em outros. Sua natureza é intrinsecamente interdisciplinar. A discussão de questões estético-artísticas das obras permite desdobrar os aspectos históricos, científicos e sociais, tais como a origem do café, cultivo (crescimento econômico à custa da exploração do trabalho) e constituição química e efeitos no organismo. Vale assinalar, todavia, que o desdobramento temático se origina do diálogo que respeita o sujeito e seus pontos de vista, mas que busca, pelo estudo das novas temáticas, a melhor compreensão da problemática.

Dessa maneira, pode-se direcionar reflexões para a leitura crítica da história do país e das condições de desigualdade. O debate em sala de aula sobre as relações étnico-raciais, focado em suas origens e manifestações atuais, pode se configurar como uma ação autêntica e cooperativa, com vistas a entender as relações de segregação como um construto sócio-ideológico que ainda traz prejuízos à sociedade. O propósito deste trabalho é então munir professores e professoras de química de reflexões necessárias para uma

“práxis pedagógica”, aqui entendida no sentido freiriano como “a reflexão e ação dos homens sobre o mundo para transformá-lo” (Freire, 2005, p.42), contribuindo assim para a luta e pela eliminação das relações de racismo e discriminação, levando em conta também as demandas curriculares para o ensino de química.

Agradecimentos

W. E. Francisco Junior e E. M. S. Silva agradecem ao FNDE/SESU/MEC pela bolsa do Programa de Educação Tutorial (PET).

Erasm Moises dos Santos Silva (erasmo_moises@hotmail.com), licenciado em Química pela Universidade Federal de Alagoas, Campus de Arapiraca. É especialista em Metodologia do Ensino de Ciências Naturais pelo CDCC-USP, mestrando em Química pelo IQSC-USP e professor de educação básica em Ferraz de Vasconcelos, SP. Ferraz de Vasconcelos, SP – BR. **Wilmo Ernesto Francisco Junior** (wilmojr@bol.com.br) bacharel/licenciado em Química pelo Instituto de Química da UNESP de Araraquara, mestre em Biotecnologia pelo IQ-UNESP e em Educação (Metodologia de Ensino) pela UFSCar, doutor em Química (tese em Educação Química) pelo IQ-UNESP. É professor da Universidade Federal de Alagoas/UFAL. Arapiraca, AL – BR.

Referências

- BARROCO, S. M. S. e SUPERTI, T. Vigotski e o estudo da psicologia da arte: contribuições para o desenvolvimento humano. *Psicologia & Sociedade*, v. 26, n. 1, p. 22-31, 2014.
- BRASIL. Resolução n.º 1, 17 de junho de 2004. *Diretrizes curriculares nacionais para a educação das relações étnico-raciais e para o ensino de história e cultura afro-brasileira e africana*. Brasília: Conselho Nacional de Educação, Ministério da Educação, 2004. Disponível em <http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/003.pdf>, acessada em Abril 2018.
- CASTLE, T. J. e NIELSEN, J. *The Great Coffee Book*. Berkeley: Ten Speed Press, 1999.
- CAMPA, C.; MONDOLOT, L.; RAKOTONDRAVAO, A.; BIDEI, L. P. R.; GARGADENNEC, A.; COUTURON, E.; LA FISCA, P.; RAKOTOMALALA, J. J.; JAY-ALLEMAND, C. e DAVIS, A. P. A survey of mangiferin and hydroxycinnamic acid ester accumulation in coffee (*Coffea*) leaves: biological implications and uses. *Annals of Botany*, v. 110, n. 3, p. 595-613, 2012.
- CERQUEIRA, D. R. C. e MOURA, R. L. Vidas perdidas e racismo no Brasil. *Publicatio UEPG - Ciências Sociais Aplicadas*, v. 22, n. 1, p. 73-90, 2014.
- DAVIS, A. P.; TOSH, J.; RUCH, N. e FAY, M. F. Growing coffee: *Psilanthus* (*Rubiaceae*) subsumed on the basis of molecular and morphological data; implication for the size, morphology, distribution and evolutionary history of *Coffea*. *Botanical Journal of the Linnean Society*, v. 167, n. 4, p. 357-377, 2011.
- FRANCISCO JUNIOR, W. E. Educação anti-racista: reflexões e contribuições possíveis do ensino de ciências e de alguns pensadores. *Ciência & Educação*, v. 14, n. 3, p. 397-416, 2008.
- _____. Opressores-oprimidos: um diálogo para além da questão étnico-racial. *Química Nova na Escola*, v. 26, p. 10-12, 2007.
- FREIRE, P. *Pedagogia do oprimido*. 43ª ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2005.
- GIDAY, M.; ASFAW, Z. e WOLDU, Z. Ethnomedicinal study of plants used by Sheko ethnic group of Ethiopia. *Journal of Ethnopharmacology*, v. 132, n. 1, p. 75-85, 2010.
- IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Políticas sociais – acompanhamento e análise n.º 20, 2012. *Boletim de Políticas Sociais*. Disponível em http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=15011&Itemid=9, acessado em Abril 2018.
- MIOT, L. D. B.; MIOT, H. A.; SILVA, M. G. e MARQUES, M. E. A. Fisiopatologia do melasma. *Anais Brasileiros de Dermatologia*, v. 84, n. 6, p. 623-635, 2009.
- MONSMA, K. Desrespeito e violência: fazendeiros de café e trabalhadores negros no oeste paulista, 1887-1914. *Anos 90*, v. 12, n. 21/22, p. 103-149, 2005.
- MOREIRA, P. F. S.; RODRIGUES FILHO, G.; FUSCONI, R. e JACOBUCCHI, D. F. A bioquímica do candomblé – possibilidades didáticas de aplicação da lei federal 10.639/03. *Química Nova na Escola*, v. 33, n. 2, p. 85-92, 2011.
- MOREL, O. J. X. e CHRISTIE, R. M. Current trends in the chemistry of permanent hair dyeing. *Chemical Reviews*, v. 111, n. 4, p. 2537-2561, 2011.
- MOTA SOBRINHO, A. *A civilização do café (1820-1920)*. São Paulo: Editora Brasiliense, 1978.
- NURSTEN, H. *The Maillard reaction chemistry, biochemistry and implications*. Cambridge: The Royal Society of Chemistry, 2005.
- ROUZAUD F.; KADEKARO A. L.; ABDEL-MALEK, Z. A. e HEARING, V. J. MC1R and the response of melanocytes to ultraviolet radiation. *Mutation Research*, v. 571, n. 1-2, p. 133-52, 2005.
- SANTOS, A. O.; SCHUCMAN, L. V. e MARTINS, H. V. Breve histórico do pensamento psicológico brasileiro sobre relações étnico-raciais. *Psicologia: Ciência e Profissão*, v. 32, n. especial, p. 166-175, 2012.
- SILVA, C. S. Poesia de Antônio Gedeão e a formação de professores de química. *Química Nova na Escola*, v. 33, n. 2, p. 77-84, 2011.
- SILVA, J. P.; ALVINO, A. C. B.; SANTOS, M. A.; SANTOS, V. L. e BENITE, A. M. C. Tem dendê, tem axé, tem química: sobre história e cultura africana e afro-brasileira no ensino de química. *Química Nova na Escola*, v. 39, n. 1, p. 19-26, 2017.
- SOLANO, F. Melanins: skin pigments and much more – types, structural models, biological functions, and formation routes. *New Journal of Science*, v. 2014, p. 1-28, 2014.
- TADESSE, M. *Ethiopia – home of arabica coffee: early use, folklore, coffee ceremony, origin and biology*. North Charleston: CreateSpace Independent Publishing, 2007.
- VERRANGIA, D. Conhecimentos tradicionais de matriz africana e afro-brasileira no ensino de ciências: um grande desafio. *Revista África e Africanidades*, ano 2, n. 8, p. 1-14, 2010.
- VAN LEEUWEN, T. *Introducing social semiotics*. Nova Iorque: Routledge, 2005.
- VIGOTSKI, L. S. *La imaginación e la arte en la infancia*. Madri: Akal, 1998.
- _____. *Psicologia pedagógica*. São Paulo: Martins Fontes, 2004.

Abstract: *Art in Education for Ethnical-Racial Questions: A Dialog with Chemistry Teaching.* On account of curricular demands required by the law 10.639/03, there is an increasing demand for didactic-pedagogical classroom proposals including racial and ethnical issues. In this context, this paper presents art as a way for promoting the discussion of ethnical and racial issues, as well as chemical concepts. A painting and a song were analyzed according to social semiotics, and some activities were suggested to develop reflections about the social conditions of black people, as well as their historical aspects in Brazil. It is fair to assume that analysis of artistic productions can provide a wider educative process considering the role of art on the development of human beings and culture.

Keywords: art, social semiotic, melanin, coffee

O Jogo Educativo como Recurso Interdisciplinar no Ensino de Química

Antonio L. de Oliveira, José Clovis P. de Oliveira, Maria Jucione S. Nasser e Maria da Paz Cavalcante

O jogo educativo pode ser um recurso bastante útil para amenizar os problemas enfrentados pelos professores no ensino de química, diminuído o receio dos alunos pela disciplina. Diante disso, este trabalho constitui-se de um relato de sala de aula, desenvolvido numa turma de 1º ano do Ensino Médio, objetivando analisar a confecção e aplicação de um jogo educativo como recurso interdisciplinar no ensino de química. Adotou-se como metodologia a confecção do jogo pelos alunos, com a orientação dos professores de química, história e língua portuguesa, como forma de trabalhar o conteúdo denominado classificação periódica dos elementos químicos. Evidencia-se que parte dos alunos teve facilidade de compreender a organização da tabela periódica.

► ensino de química, jogo educativo, recurso didático ◀

Recebido em 27/10/2016, aceito em 15/08/2017

89

Tem-se observado, nos dias atuais, uma preocupação recorrente dos professores em encontrar materiais e métodos de ensino que propiciem uma aprendizagem significativa aos estudantes, não só em química, como também em todas as áreas do conhecimento. Diante disso, o presente artigo, intitulado “o jogo educativo como recurso interdisciplinar no ensino de química”, tem o intuito de contribuir com práticas docentes e favorecer a aprendizagem dos educandos como forma de promover a ludicidade no ensino de química.

A realização da presente pesquisa origina-se a partir de uma experiência vivenciada durante a disciplina “produção e avaliação de materiais de ensino”, do Programa de Pós-Graduação em Ensino (PPGE), da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN), no Campus Avançado Professora Maria Elisa de Albuquerque Maia (CAMEAM). Na ocasião, foi requisitada a criação e aplicação de um material didático pelos grupos de professores cursistas.

A ideia central deste artigo é discutir sobre uma experiência realizada na turma de 1º ano do Ensino Médio da Escola Estadual Francisco de Assis Pinheiro, município de Itaú/RN. Nela, os alunos, sob a orientação dos professores

de química, história e língua portuguesa, fizeram uso, de forma interdisciplinar, do método da investigação cooperativa. A partir disso, construíram e participaram da execução do jogo “montando a tabela periódica”, que visa facilitar o aprendizado de conceitos fundamentais para a compreensão da tabela periódica. A partir da interdisciplinaridade de conhecimentos, envolvendo as disciplinas já citadas, fez-se o uso de informações referentes às origens históricas e os códigos representativos dos elementos químicos.

Mesmo existindo um grande número de trabalhos retratando a temática, esse jogo diferencia-se dos demais pelo aspecto da interdisciplinaridade. Nele, a confecção, as jogadas e os aspectos do conhecimento sobre a tabela periódica apresentam interação entre a química, a história e a língua portuguesa, de forma a complementar ou suplementar ideias e aspectos químicos, possibilitando a formulação de um saber crítico-reflexivo. Esse saber se torna cada vez mais valorizado no processo de ensino-aprendizado. É através dessa perspectiva que essa proposta é diferenciada das demais, pois é um jogo que surge como uma forma de superar a fragmentação entre as disciplinas.

As estratégias ou formas de ensinar, tradicionalmente trabalhada nas escolas, não têm conseguido superar as dificuldades de aprendizagens apresentadas pelos alunos e contribuído satisfatoriamente para um ensino de qualidade.

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

Isso decorre muitas vezes do uso de uma metodologia que não tem respondido adequadamente às demandas requeridas no contexto atual.

Nesse aspecto, deve-se emergir métodos e práticas pedagógicas que consigam responder e superar as dificuldades de aprendizagem dos alunos. Nessa perspectiva, apresenta-se, nesse trabalho, um método a ser utilizado pelos professores, como forma de elaboração didática para a construção do conhecimento: o jogo. No tocante ao ensino e aprendizagem, o jogo, em si, já denota uma importância em um contexto onde os alunos estão cada vez mais desmobilizados para o processo de ensino. E, também, pelo fato de propiciar aos professores de química um recurso pedagógico para melhorar suas aulas.

Diante disso, o presente artigo tem por objetivo analisar a confecção e aplicação do jogo educativo, como recurso interdisciplinar no ensino de química, capaz de facilitar aos alunos a aquisição de conceitos, quantidades, distribuição eletrônica, linguagem e contexto histórico dos elementos químicos que compõem a tabela periódica.

Partiu-se da ideia de que o ensino necessita do lúdico, de uma aprendizagem significativa para os alunos e que esteja envolvida de realidade, na qual os componentes curriculares dialoguem entre si no processo de construção do conhecimento químico. Com base nesses pressupostos, organizou-se o presente estudo em três momentos.

No primeiro momento, discorre-se sobre os conceitos que fundamentam esse estudo, fazendo uma relação entre o jogo, a aprendizagem significativa, a interdisciplinaridade e a importância do jogo como material de ensino no processo de ensino aprendizagem.

No segundo momento, apresenta-se a metodologia utilizada para sistematizar a pesquisa. Para isso, faz-se a descrição detalhada de todo o processo de confecção e aplicação do jogo educativo “montando a tabela periódica”.

O terceiro momento destaca a discussão sobre os resultados obtidos a partir da presente pesquisa.

Jogo, aprendizagem significativa e interdisciplinaridade

Alguns pesquisadores, como Huizinga (2008), Zanon *et al.* (2008), Soares e Cavalheiro (2006), Cunha (2012) e Neto e Moradillo (2016), vêm se debruçando em estudos sobre a utilização de jogos educativos em aulas de diferentes áreas do conhecimento, como forma de melhorar sua prática pedagógica. Vários professores utilizam essa ferramenta para facilitar a abordagem de novos conceitos, fórmulas, classificação, bem como para desenvolver habilidades, ou, ainda, como análise do processo de aprendizagem.

Além disso, alguns pesquisadores têm atribuído uma importância muito grande ao desenvolvimento da aprendizagem significativa dos alunos com relação ao que é estudado na

escola. Ausubel (1976, apud Paula e Bida, 2008) relata que quando a aprendizagem significativa não se efetiva, o aluno utiliza a aprendizagem mecânica, isto é, “decora” o conteúdo, que, não sendo significativo para ele, é armazenado de maneira isolada, podendo, inclusive, esquecê-lo em seguida.

Há uma preocupação de que não se deve ensinar por ensinar. Por isso, para que o processo de ensino-aprendizagem tenha um real sentido, é necessário que os conteúdos estudados pelos alunos, no âmbito da sala de aula, tenham algum significado prático para eles, e que possam ser aplicados nas diversas situações de sua vida cotidiana.

Há uma preocupação de que não se deve ensinar por ensinar. Por isso, para que o processo de ensino-aprendizagem tenha um real sentido, é necessário que os conteúdos estudados pelos alunos, no âmbito da sala de aula, tenham algum significado prático para eles, e que possam ser aplicados nas diversas situações de sua vida cotidiana.

Essa preocupação de desenvolver nos alunos a aprendizagem significativa tem provocado entre pesquisadores e professores certa reflexão sobre a melhor maneira de ensinar, e, conseqüentemente, a buscar por diferentes abordagens metodológicas, capazes de promover significado para aquilo que

os alunos estudam. Muitas são as descobertas feitas nesse sentido e muito ainda há a fazer.

Para alguns estudiosos que têm procurado debruçar-se sobre essa questão, o maior obstáculo para o desenvolvimento de uma aprendizagem significativa está relacionado à fragmentação dos conteúdos que têm caracterizado a constituição do currículo escolar ao longo do tempo. A maneira como o currículo vem sendo estruturado no formato de disciplinas isoladas, mesmo com as mudanças propostas mais recentemente, a exemplo das Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN), a Base Nacional Comum Curricular, tem comprometido a aprendizagem dos alunos.

Comumente encontramos nas críticas dirigidas à escola a responsabilização pelo despreparo dos alunos para atuarem no mundo real. [...] Nesta crítica, dois aspectos são apontados como causa da descontextualização cultural e social dos conhecimentos escolares e, conseqüentemente, do insucesso e fracasso da aprendizagem: a seleção e a forma de organização dos conteúdos por áreas de conhecimentos e por disciplinas e os processos de avaliação no ensino (Brasil, 2013, p. 6).

Ao considerarem a fragmentação do conhecimento como um dos grandes empecilhos para o desenvolvimento de uma aprendizagem significativa, alguns autores têm lançado a proposta de que a única maneira de resolver esse problema é buscar desenvolver uma nova proposição de ensino, capaz de superar a fragmentação e promover a integração dos conhecimentos.

Isso nos leva a refletir sobre alguns questionamentos: é possível romper com esse paradigma vigente? Para superar a fragmentação dos conhecimentos é necessário extinguir as disciplinas há tempos constituídas? De que maneira podemos

promover a integração de conhecimentos tão isolados na sua especificidade?

Nesse sentido, as DCN ainda consideram que:

Na história da educação, quando se buscam melhorias dos processos de ensino e aprendizagem tendo em vista uma melhor compreensão da realidade e dos conteúdos culturais, a questão da integração curricular tem se colocado como uma possibilidade pensada a partir de diferentes pressupostos educativos e pedagógicos (Brasil, 2013, p. 8).

Como forma de procurar respostas a todos esses questionamentos, alguns autores, como Fazenda (2002) e Frigotto (1995, apud Brasil, 2013), têm provocado discussões acerca de uma abordagem metodológica para garantir a superação da fragmentação do conhecimento e o sentido para os conteúdos estudados pelos alunos nas escolas. Estes autores têm procurado defender que a abordagem metodológica que deve garantir a aprendizagem significativa é a interdisciplinaridade.

Conforme postula Frigotto:

O trabalho interdisciplinar se apresenta como uma necessidade imperativa pela simples razão de que a parte que isolamos ou arrancamos do contexto originário do real para poder ser explicada efetivamente, isto é, revelar no plano do pensamento e do conhecimento as determinações que assim a constituem, enquanto parte, tem que ser explicitada na integridade das características e qualidades da totalidade. É justamente o exercício de responder a esta necessidade que o trabalho interdisciplinar se apresenta como um problema crucial, tanto na produção do conhecimento quanto nos processos educativos e de ensino (Frigotto, 1995, apud Brasil, 2013, p. 33).

Quando se fala em interdisciplinaridade, de algum modo é feita menção a uma espécie de interação entre as disciplinas ou áreas do saber. Essa abordagem teórica e metodológica dos conteúdos surgiu na França e na Itália em meados da década de 1960 e chegou ao Brasil no final dessa mesma década. No entanto, essa nova possibilidade de abordar os conteúdos escolares se firma de forma mais concreta no nosso país a partir da LDB Nº 9.394/96 e com os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN).

Uma das principais defensoras da interdisciplinaridade, enquanto abordagem metodológica no Brasil, é Ivani Fazenda. A autora intensificou a discussão sobre essa temática em vários livros, argumentando sempre a

favor da utilização da interdisciplinaridade pelos professores como forma de preparar melhor os alunos, levando-os a entender mais de perto como os conhecimentos adquiridos na escola são úteis para a vida prática no dia a dia. Enfatizando a importância da interdisciplinaridade ela afirma que:

Além do desenvolvimento de novos saberes, a interdisciplinaridade na educação favorece novas formas de aproximação da realidade social e novas leituras das dimensões socioculturais das comunidades humanas. [...] O processo interdisciplinar desempenha papel decisivo para dar corpo ao sonho de fundar uma obra de educação à luz da sabedoria, da coragem e da humildade. [...] A lógica que a interdisciplinaridade imprime é a da invenção, da descoberta, da pesquisa, da produção científica, porém gestada num ato de vontade, num desejo planejado e construído em liberdade (Fazenda, 2002, p. 14).

Ao discorrer-se sobre a interdisciplinaridade no ensino, não se pode deixar de considerar a contribuição dos PCN que, em sua proposta, orienta a organização pedagógica da escola em torno de três princípios orientadores, a saber: a contextualização, a interdisciplinaridade e as competências e habilidades.

Um trabalho interdisciplinar, antes de garantir associação temática entre diferentes disciplinas – ação possível mas não imprescindível –, deve buscar unidade em termos de prática docente, ou seja, independentemente dos temas/assuntos tratados em cada disciplina isoladamente. Em nossa proposta, essa prática docente comum está centrada no trabalho permanentemente voltado para o desenvolvimento de competências e habilidades, apoiado na associação ensino-pesquisa e no trabalho com diferentes fontes expressas em diferentes linguagens, que comportem diferentes interpretações sobre os temas/assuntos trabalhados em sala de aula. Portanto, esses são os

fatores que dão unidade ao trabalho das diferentes disciplinas, e não a associação das mesmas em torno de temas supostamente comuns a todas elas (Brasil, 2002, p. 21-22).

Como se percebe, no decorrer dessa discussão procurou-se enfatizar, por meio do pensamento de vários autores, que a interdisciplinaridade pode quebrar o paradigma da fragmentação dos conhecimentos e promover uma grande transformação no processo

ensino-aprendizagem, fazendo com que os conteúdos (conceituais, procedimentais e atitudinais) ensinados no

Quando se fala em interdisciplinaridade, de algum modo é feita menção a uma espécie de interação entre as disciplinas ou áreas do saber. Essa abordagem teórica e metodológica dos conteúdos surgiu na França e na Itália em meados da década de 1960 e chegou ao Brasil no final dessa mesma década. No entanto, essa nova possibilidade de abordar os conteúdos escolares se firma de forma mais concreta no nosso país a partir da LDB Nº 9.394/96 e com os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN).

ambiente escolar sejam apreendidos de forma significativa pelos alunos.

O professor que passa a adotar a interdisciplinaridade na sua prática pedagógica contribui para a formação de crianças, jovens e adultos, que conseguirão atribuir sentido à aprendizagem e aplicar de forma consciente o que estudou na escola. Nesse sentido, o desafio dos professores é promover práticas interdisciplinares com seus alunos, para que se possa ter uma educação humana e integral.

Dessa forma, no decorrer desse artigo apresenta-se uma experiência prática do uso da interdisciplinaridade no ensino de química, por meio de um jogo didático que aprofunda os conhecimentos sobre a tabela periódica, a partir da integração de três disciplinas que constituem áreas do conhecimento aparentemente com pouca afinidade: química, história e língua portuguesa. Dessa maneira procurar-se-á demonstrar que, a partir dessa integração, os conteúdos de química poderão ser apreendidos pelos alunos do Ensino Médio de maneira bastante significativa.

A importância do jogo como material de ensino

Já é de conhecimento que o professor precisa refletir/repensar constantemente sua prática pedagógica para a adoção de uma postura interdisciplinar, cuja mediação utilize abordagens contextualizadas que possam ir ao encontro da realidade cotidiana do aluno. Também é de interesse se adotar recursos e materiais didáticos que sustentem e reforcem uma prática pedagógica na e para a efetivação da sua práxis.

Para isso, torna-se necessário ao docente analisar o conteúdo a ser trabalhado, assim como os melhores recursos e materiais didáticos apropriados para as aulas. É nesse sentido que este trabalho se propõe a discutir a construção de um jogo didático na disciplina de química, como forma de proporcionar uma melhoria no desenvolvimento do conteúdo de tabela periódica no 1º ano do Ensino Médio.

O professor pode optar por diversos materiais que venham enriquecer sua aula. E aqui sugerimos uma das possibilidades: o jogo didático. Para Zanon *et al.* (2008) os jogos podem ser considerados educativos se desenvolverem habilidades cognitivas importantes para o processo de aprendizagem, resolução de problemas, percepção, criatividade, raciocínio rápido, dentre outras habilidades.

Assim sendo, o professor necessita analisar todas as possibilidades para facilitar a aprendizagem daquele conhecimento a ser mediado. Isso inclui planejar a aula de forma a conduzir um ensino que favoreça a receptividade dos alunos. Nessa perspectiva, torna-se necessário incluir o

lúdico como estratégia para envolver os alunos no processo de aprendizagem, uma vez que:

[...] na vivência de uma atividade lúdica, cada um de nós estamos plenos, inteiros nesse momento; nos utilizamos da atenção plena, como definem as tradições sagradas orientais. Enquanto estamos participando verdadeiramente de uma atividade lúdica, não há lugar, na nossa experiência, para qualquer outra coisa além dessa própria atividade. Não há divisão. Estamos inteiros, plenos, flexíveis, alegres, saudáveis (Luckesi, 2002, p. 23).

A ideia de Luckesi nos faz refletir sobre uma prática docente que contemple a atenção e o entrosamento dos alunos, na qual os mesmos estejam envolvidos, presentes e não dispersos, como observado em aulas tradicionais, em dias tipicamente habituais nas escolas.

Para Luckesi (2000), brincar, jogar, agir ludicamente, exige uma entrega total do ser humano, corpo e mente, ao mesmo tempo. A atividade lúdica não admite divisão e as próprias atividades lúdicas, por si mesmas, nos conduzem para esse estado de consciência.

A atividade lúdica ganha intencionalidade quando o professor consegue estimular nos alunos o fazer (brincar) com prazer, direcionando o jogo como mecanismo para fazê-lo aprender. Segundo Kishimoto (1999, p. 38, apud Domingos e Recena, 2010), “[...] quando as situações lúdicas são intencionalmente criadas pelo adulto com vistas a estimular certos tipos de aprendizagem surge a dimensão educativa. Desde que sejam mantidas as condições para expressão do jogo, ou seja, a ação intencional [...]”.

É nessa perspectiva que surge a centralidade deste trabalho: o jogo como forma de desenvolvimento de competências e habilidades, servindo para dinamizar e facilitar o entendimento de conteúdos da química. Para Kishimoto (2011), o jogo tem um sentido dentro do contexto que significa a emissão de hipótese e uma experiência fornecida pela sociedade, veiculada pela própria língua, enquanto instrumento de cultura dessa sociedade.

Nessa perspectiva, o jogo não é o fim, mas o eixo que conduz a um conteúdo didático específico, resultando em um empréstimo da ação lúdica para a aquisição de informações (Kishimoto, 1996, apud Zanon *et al.*, 2008). Mesmo apresentando este caráter de favorecer a aquisição de conhecimento, muitos professores ainda são resistentes a sua utilização.

Como menciona Gomes e Friedrich (2001), o jogo no ambiente educacional nem sempre foi visto como didático, pois como a ideia de jogo encontra-se associada ao prazer,

[...] no decorrer desse artigo apresenta-se uma experiência prática do uso da interdisciplinaridade no ensino de química, por meio de um jogo didático que aprofunda os conhecimentos sobre a tabela periódica, a partir da integração de três disciplinas que constituem áreas do conhecimento aparentemente com pouca afinidade: química, história e língua portuguesa. Dessa maneira procurar-se-á demonstrar que, a partir dessa integração, os conteúdos de química poderão ser apreendidos pelos alunos do Ensino Médio de maneira bastante significativa.

ele assumia pouca importância para a formação do estudante. Sua utilização como meio educativo demorou a ser aceita. E ainda hoje é pouco utilizado nas escolas e seus benefícios são desconhecidos por muitos professores.

Apesar do predomínio dessa concepção já se percebe certo interesse em utilizar o jogo como uma estratégia didática, conforme afirmam os autores Neto e Moradillo (2016, p. 360), “professores têm entendido que essas atividades são relevantes, pois envolvem, motivam e despertam o interesse do estudante pelo conteúdo de química e tornam a aula mais dinâmica e mais interessante”.

Desse modo, no jogo didático “montando a tabela periódica” os alunos são levados a investigar em grupo a organização dessa tabela, bem como seus elementos com suas peculiaridades, historicidade e simbologia. Já na sua aplicação, segundo Zanon *et al.* (2008), o professor assume a função de mediador entre os grupos, esclarecendo possíveis dúvidas e também incentivando a cooperação, a discussão e a manifestação de diferentes pontos de vista na realização de tarefas entre os membros dos grupos.

Os jogos podem ser utilizados para atingir determinados objetivos pedagógicos, sendo uma alternativa para se melhorar o desempenho dos estudantes em alguns conteúdos de difícil aprendizagem (Gomes e Friedrich, 2001). Nesta perspectiva, visualizamos o jogo como uma possibilidade de promover a mediação entre professor/aluno e conteúdo/produção de conhecimento.

Portanto, a confecção e o uso de jogos didáticos podem ser considerados uma alternativa viável e interessante para o ensino de química, uma vez que esse recurso poderá vir a recheiar os vazios desvalidos do processo de transmissão-recepção de informações, favorecendo a aprendizagens dos alunos, a partir da construção coletiva e investigativa do conhecimento (Campos *et al.*, 2003).

Metodologia

A opção pelo jogo no formato interdisciplinar foi motivada da seguinte maneira: pelo fato de o grupo originário ser constituído por professores das disciplinas de química, história e língua portuguesa; e, também, devido ao desafio e necessidade de se criar recursos didáticos que favoreçam a integralização do conhecimento dessas áreas.

O estudo foi desenvolvido nos meses de março e abril de 2016, por meio de uma pesquisa exploratória de caráter qualitativo e quantitativo. A escola funciona nos turnos manhã e noite, com uma infraestrutura de oito salas de aula.

Na primeira etapa da investigação foi aplicado um questionário semiestruturado com todos os alunos da turma – por discentes designados por símbolos químicos para manter seu anonimato –, a fim de verificar a frequência de uso de jogos didáticos pelos professores de química. Ainda nesse sentido, foi providencial averiguar os conhecimentos prévios que cada um detinha em relação à tabela periódica, uma vez que no último ano do Ensino Fundamental se estuda os fundamentos da química. Assim, utilizou-se questionamentos

básicos como: No nono ano você estudou o conteúdo tabela periódica? Você sabe o que é um elemento químico? Qual o número de elementos químicos que são conhecidos atualmente? Como os elementos químicos estão organizados e disponibilizados para os estudantes? Para você, como seria a melhor forma de o professor apresentar essa organização dos elementos químicos numa aula?

Posteriormente, os 28 (vinte e oito) alunos do 1º ano A, do turno matutino, foram divididos em seis grupos de trabalho, sendo cinco destes compostos por cinco alunos e apenas um formado por três alunos. Em função de a tabela periódica ser constituída, naquele momento, por 114 elementos químicos, cada grupo de trabalho ficou responsável para pesquisar 19 (dezenove) elementos químicos da tabela periódica, buscando as informações propostas com a ajuda dos professores. O professor de química, durante suas aulas, trabalhou o conteúdo com os alunos apresentando para eles o conceito de tabela periódica e os nomes dos elementos químicos que a compõem, explicando o nome do elemento químico, símbolo, número atômico e localização, bem como a distribuição eletrônica de cada um. Por sua vez, o professor de português também trabalhou esse conteúdo em suas aulas para ensinar aos alunos como fazer a escrita correta dos nomes desses elementos, bem como aprender seu significado etimológico. Já o professor de história orientou os alunos no tocante a origem e a historicidade de cada um dos elementos para que eles compreendessem como e quando se deu o surgimento de cada um dos elementos estudados.

Dessa forma, o jogo trabalhado pode ser entendido como de natureza interdisciplinar pelo fato da construção dos conhecimentos ter se dado por meio da integração de saberes distintos, que se complementaram, tornando a aprendizagem sobre a tabela periódica contextualizada. Na abordagem metodológica adotada pelos professores, o aluno passa a entender que o estudo sobre os elementos químicos perpassa várias áreas do conhecimento, não estando limitado apenas à química. Além do mais, não se trata da junção de disciplina e saberes, e, sim, de uma integração na qual os saberes se complementam, formando um todo com sentido real e concreto.

Na segunda etapa, de posse das informações pesquisadas com o auxílio dos professores envolvidos, os alunos confeccionaram um cartão e uma tabela periódica em modelo vazado, em papel madeira, efetivando, dessa forma, a confecção do jogo a ser utilizado.

O jogo é constituído por 114 cartas com informações sobre os elementos químicos e um tabuleiro em forma da tabela periódica, com espaços vazados a serem preenchidos com as cartas confeccionadas em sua localização, adequadas com as normas e regras estabelecidas para a classificação periódica proposta por Mendeleev, conforme ilustram as Figuras 1 e 2 apresentadas abaixo.

A terceira etapa da pesquisa se deu pela realização da aula mediada pelo jogo didático. Durante a aula a aplicação do jogo ocorreu da seguinte maneira: os alunos ficaram dispostos em forma de círculo, onde os componentes de cada

Tabuleiro

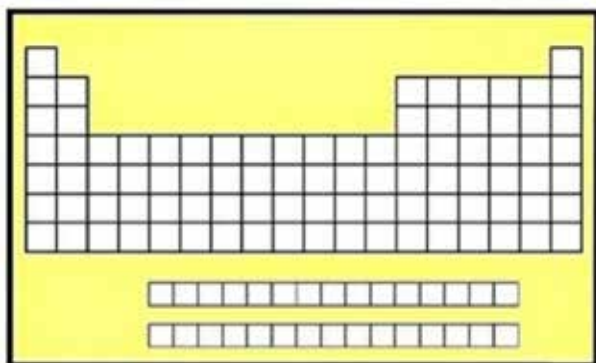


Figura 1: Tabuleiro da Tabela Periódica. Fonte: autores.



Figura 2: Carta elaborada pelos alunos com informações dos elementos químicos. Fonte: autores.

grupo encontravam-se localizados próximos, de modo que todos pudessem visualizar o tabuleiro. O jogo foi organizado em 19 rodadas. A cada rodada, um componente do grupo escolhia uma carta e lia em voz alta para toda a turma as informações contidas na cartela sobre o elemento químico escolhido (conforme Figura 2). Em seguida, disponibilizava o elemento químico escolhido num determinado local do tabuleiro, configurando sua família e o seu período correspondente. Após a fixação da carta, o professor de química questionava sobre o que levou a escolha daquele local para disposição do elemento químico pelo grupo. Dessa forma, estimulando-os a mobilizar os conhecimentos adquiridos na confecção do jogo. Finalizando, o grupo, juntamente com o professor, confirmava a localização exata do elemento, por meio da utilização do livro didático. Se configurado o acerto, o grupo ganharia um ponto. No final venceria o grupo que acertasse mais cartas. Se configurado o erro, o grupo perdia o poder de resposta e era disponibilizada a oportunidade para o grupo seguinte. E, ainda, persistindo o erro até o último grupo, o professor explicava a sua distribuição eletrônica e demais informações para que todos compreendessem o

local adequado para sua disposição. Esse procedimento se repetiu diversas vezes, até que os alunos participantes do jogo analisassem todos os 114 elementos químicos disponíveis na tabela periódica do livro didático adotado pela escola.

Finalizando a pesquisa foi aplicado um questionário com os alunos, para verificar se o jogo didático sobre a tabela periódica havia ajudado e facilitado a compreensão das informações pesquisadas pelo grupo, bem como a localização dos elementos químicos da tabela.

Após a aplicação do jogo educativo se deu procedimento à análise dos dados coletados, visando verificar a validade do jogo para facilitar a aprendizagem dos alunos. Para isso, foram utilizadas as respostas dos alunos descritas no questionário e as observações realizadas pelos professores durante a etapa de aplicação do jogo.

Análise dos Resultados e Discussão

Para discussão, buscou-se inicialmente verificar se os alunos tinham aulas de química, em que o professor utilizava jogos didáticos, bem como a análise dos conhecimentos prévios dos mesmos em relação à classificação periódica dos elementos químicos.

Com relação à utilização das metodologias diversas, as respostas colhidas dos alunos demonstraram que não há uma diversidade no tocante à diferenciação na forma de trabalhar do professor, uma vez que 78% dos alunos afirmaram que a metodologia predominante é a aula expositiva com a participação dos estudantes, não sendo mencionado nenhum outro tipo de recurso didático utilizado pelo professor nas aulas, tais como: laboratório, pesquisa, trabalho em grupo e atividade investigativa.

Ainda com relação à metodologia utilizada pelo professor de química, foi possível constatar que 91% dos alunos nunca haviam participado de uma aula de química com utilização de jogos didáticos. Nesse aspecto, é importante esclarecer que os alunos participantes da pesquisa são oriundos dos anos finais do Ensino Fundamental. Por esse motivo, tiveram pouca vivência com aula de química, uma vez que nessa etapa de ensino os alunos estudam apenas as noções básicas na disciplina de ciências e, no momento do desenvolvimento do jogo educativo, eles estavam cursando o 1º ano do Ensino Médio.

No tocante aos conhecimentos prévios dos alunos sobre o conteúdo a ser trabalhado por meio do jogo, incluiu-se no questionário semiestruturado algumas questões referentes aos principais conceitos do conteúdo, tais como: elemento químico e tabela periódica. As respostas obtidas nesse questionário permitiram que se chegasse às seguintes constatações: 71% não conseguiram emitir nenhum conceito, tanto sobre elemento químico quanto tabela periódica, demonstrando pouca aprendizagem adquirida no ano anterior.

Também se constatou que nenhum aluno soube informar o quantitativo de elementos químicos existentes, bem como a forma como esses elementos estão organizados e

disponibilizados para os estudos. Porém, não se pode afirmar que seja unicamente a falta de aprendizagem, pois, dos alunos pesquisados, 50% deles são provenientes de uma escola em que não trabalharam o conteúdo tabela periódica. E, obviamente, não é possível saber algo que não tiveram oportunidade de estudar.

Com a intenção de verificar se o jogo educativo surtiu efeito significativo para a aprendizagem do conteúdo tabela periódica, foi disponibilizado um questionário denominado de pós-teste, em que os estudantes responderam as mesmas perguntas feitas no questionário semiestruturado aplicado no início da pesquisa.

Com a execução desse jogo pôde-se perceber que houve um avanço significativo, tanto na perspectiva de condução do conteúdo como também no tocante à aprendizagem do conteúdo trabalhado. Essa percepção se deu durante a aplicação do jogo, quando, nas rodadas, os alunos demonstraram entendimento da localização dos elementos nas colunas e períodos, seus símbolos, como também a distribuição eletrônica dos elementos químicos, sendo essa percepção reforçada na análise dos dados, quando se constatou que após aplicação do jogo 78% dos alunos souberam explicar corretamente os conceitos de elemento químico e tabela periódica. Como podemos perceber nas respostas de alguns alunos:

Aluno F

Aluno B

Aluno O

Aluno Ca

No que diz respeito à aceitação da utilização do jogo didático no ensino de química, constatou-se que 95% dos estudantes consideraram a aula como ótima e boa. Isso reflete o que diz Antunes (1999) ao relatar que os jogos de tabuleiro exercem fascínio em crianças e adultos.

Além de demonstrar boa aceitação, em suas respostas os alunos ressaltaram vários pontos relevantes com relação ao desenvolvimento da metodologia como destacamos abaixo:

Aluno Al

Aluno Mg

Como vemos pelas respostas dos alunos, os pontos positivos do jogo educativo foram desde a interação professor/aluno, que é ampliado na aplicação do jogo, bem como o auxílio do jogo didático para compreensão do conteúdo.

Confirmando o que retrata a literatura sobre os jogos educativos, 100% dos estudantes consideraram que o jogo educativo “montando a tabela periódica” facilitou o conhecimento dos elementos, a compreensão da organização e disposição dos mesmos na tabela.

É importante salientar que a integração das disciplinas de química, história e língua portuguesa tornou mais enriquecido o conteúdo estudado, pois além de conhecer os elementos químicos e saber localizá-los na tabela periódica, os alunos tiveram acesso a informações complementares sobre esses elementos. Como no caso de história, que possibilitou o conhecimento sobre a origem dos elementos químicos; e língua portuguesa que contribuiu para compreensão do significado da palavra que constitui o nome de cada elemento, dentro de cada componente individualmente.

O jogo educativo aplicado ao conteúdo de química, a partir desta pesquisa, demonstrou que essa ferramenta pode vir a ser um recurso didático facilitador do ensino e da aprendizagem nesta disciplina e que também pode servir para mobilizar e melhorar a relação aluno-professor. Conforme enaltece Neto e Moradillo (2016, p. 367), “o jogo desperta motivação e o interesse” dos estudantes. Ainda para esses autores, “é comum os professores que usam o lúdico na sala de aula ficarem muito satisfeitos, pois os alunos ficam mais motivados nas aulas e se interessam mais, uma vez que a aula está divertida e dinâmica” (idem).

Também percebemos que o jogo educativo serve para a análise do que os alunos conseguiram compreender de um determinado conteúdo, no caso tabela periódica. Essa percepção pôde ser confirmada na medida em que boa parte dos estudantes acertaram, por diversas vezes, a localização adequada do elemento na tabela periódica a cada rodada. Com isso, ficou notório que o aluno adquiriu conhecimento no que se refere à família e período, distribuição eletrônica e características dos átomos, para disponibilizar o elemento adequadamente na quadrícula correspondente no tabuleiro.

Considerações Finais

O jogo didático pode auxiliar o processo de ensino e aprendizagem nos conteúdos de química, servindo de norte para os professores visualizarem que há diversas possibilidades para trabalhar um conteúdo, não somente de forma expositiva, mas combinando e relacionando com mecanismos e recursos que potencializem o aprendizado do conteúdo e a construção do conhecimento.

É notório, pelos depoimentos dos alunos, o interesse e entusiasmo por atividades que tenha o lúdico como princípio. No entanto, frisa-se que não se quer dizer que esta é a solução para os problemas enfrentados no tocante à construção do conhecimento em sala de aula. Mas, compreende-se que é

com a diversificação de metodologias utilizadas pelo professor que se pode superar barreiras de aprendizagens, em qualquer das disciplinas do currículo e em qualquer aula ou conteúdo que o professor trabalhe. Com essa implementação, pode haver uma mudança da realidade do cotidiano escolar, com resultados bastante positivos.

A ideia é tornar esse jogo ainda mais amplo, do ponto de vista de que é preciso continuar a pesquisa, inserindo, além das informações aqui trabalhadas, um segundo jogo que disponibilize distribuição eletrônica, camadas e as disposições nos grupos e famílias, propiciando aos estudantes a oportunidade de conhecerem o porquê dos elementos estarem localizados naquelas famílias, períodos e não em outro local da tabela.

É importante salientar que a integração das disciplinas de química, história e língua portuguesa tornou mais enriquecido o conteúdo estudado, isso reforça que a interdisciplinaridade pode ser uma abordagem metodológica possível. Ademais, quando os professores decidem enfrentar os desafios, e ir além dos limites de sua disciplina, tornam

o estudo, dos conteúdos escolares, muito mais envolvente. Com isso, contribuem para que os alunos despertem o gosto pelo conhecimento e consigam se desenvolver mais, enquanto sujeitos construtores de suas aprendizagens.

Antonio Leonilde de Oliveira (leonildesitau@gmail.com) é licenciado em Química pela Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN), mestrando em Ensino PPGE/CAMEAM/UERN. Pau dos Ferros, RN – BR. **José Clovis Pereira de Oliveira** (jclovispereira@yahoo.com.br) é licenciado em História pela Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN), mestrando em Ensino PPGE/CAMEAM/UERN. Pau dos Ferros, RN – BR. **Maria Jucione da Silva Nasser** (jucione.silva@ufersa.edu.br) possui graduação em Letras Língua Portuguesa pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, RN – BR. **Maria da Paz Cavalcante** (mariadapazc@yahoo.com.br) possui doutorado (2014) e mestrado (2010) no programa de pós-graduação em Educação da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, estágio de Doutorado na Universidade do Minho, Portugal (2012), especialização em Metodologia do Ensino Superior e da Pesquisa Científica (1997) pela Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN) e graduação em Pedagogia nessa universidade (1991). Trabalha como professora ADJ4 no Departamento de Educação e no programa de pós-graduação em Ensino (PPGE/CAMEAM/UERN). Tem experiência na área de Educação, com ênfase em formação docente e ensino/aprendizagem da História. Pau dos Ferros, RN – BR.

Referências

ANTUNES, C. *Jogos para a estimulação das múltiplas inteligências*. 11ª ed. Petrópolis: Editora Vozes, 1999.

BRASIL, Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica. *Formação de professores do ensino médio, etapa I*. Caderno IV: áreas de conhecimento e integração curricular. Curitiba: UFPR/Setor de Educação, 2013.

_____. *PCN+ Ensino médio: orientações educacionais complementares aos parâmetros curriculares nacionais*. Ciências humanas e suas tecnologias. Brasília: Ministério da Educação, 2002.

CAMPOS, L. M. L.; BORTOLOTO, T. M. e FELICIO, A. K. C. A produção de jogos didáticos para o ensino de ciências e biologia: uma proposta para favorecer a aprendizagem. *Caderno dos Núcleos de Ensino*, p. 35-48, 2003.

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.

DOMINGOS, D. C. A. e RECENA, M. C. P. Elaboração de jogos didáticos no processo de ensino e aprendizagem de química: a construção do conhecimento. *Ciências & Cognição*, v. 15, p. 272-281, 2010.

FAZENDA, I. (Org.). *Dicionário em construção: interdisciplinaridade*. 2ª ed. São Paulo: Cortez, 2002.

GOMES, R. R. e FRIEDRICH, M. A. Contribuição dos jogos didáticos na aprendizagem de conteúdos de Ciências e Biologia. In: *Anais EREBIO*, 1. Rio de Janeiro, RJ, 2001, p.389-92.

HUIZINGA, J. *Homo ludens: o jogo como elemento da cultura*. 5ª ed. São Paulo: Perspectiva, 2008.

KISHIMOTO, T. *Jogo, brinquedo, brincadeira e a educação*. 14ª ed. São Paulo: Cortez, 2011.

LUCKESI, C. C. Educação, ludicidade e prevenção das neurosses futuras: uma proposta pedagógica a partir da biossíntese. In: LUCKESI, C. C. (Org.). *Coletânea educação e ludicidade, ensaios 01*. Salvador: FATED/UFBA, 2000, p. 21.

_____. Ludicidade e atividades lúdicas: uma abordagem a partir da experiência interna. In: PORTO, E. S. (Org.). *Coletânea educação e ludicidade, ensaios 02*. Salvador: FATED/UFBA, 2002, p. 22-60.

NETO, H. S. M. 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.

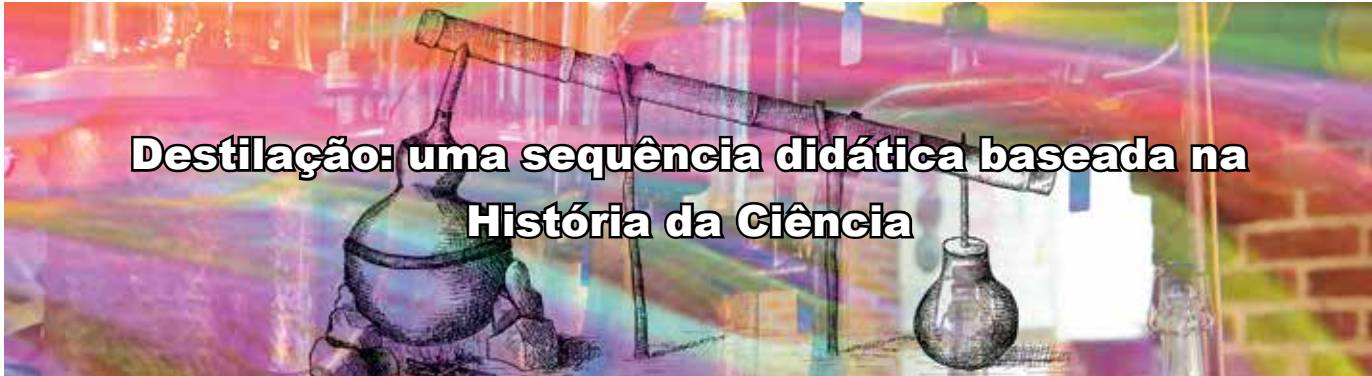
PAULA, G. M. C. e BIDA, G. L. *A importância da aprendizagem significativa*. 2008. Disponível em <http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/1779-8.pdf>, acessado em Abril 2018.

SOARES, M. H. F. B. e CAVALHEIRO, E. T. G. O ludo como um jogo para discutir conceitos em termoquímica. *Química Nova na Escola*, v. 23, p. 27-31, 2006.

ZANON, D. A. V.; GUERREIRO, M. A. S. e OLIVEIRA, R. C. Jogo didático ludo químico para o ensino de nomenclatura dos compostos orgânicos: projeto, produção, aplicação e avaliação. *Ciências & Cognição*, v. 13, p. 72-81, 2008.

Abstract: *The Educational Game as Interdisciplinary Resource in Chemistry Teaching.* The educational game can be a very useful resource to alleviate the problems faced by the teachers in the teaching of chemistry, diminishing the students' fear of the subject. Therefore, this work is a classroom report developed in a class of 1st year of High School, aiming to analyze the production and application of an educational game as an interdisciplinary resource in the teaching of chemistry. The production of the game by the students, with guidance of chemistry, history and Portuguese language teachers, was adopted as a way of working the content called periodic classification of chemical elements. It is evidenced that part of a group had a facility for organizing the periodic table.

Keywords: teaching chemistry, educational game, didactic resource



Destilação: uma sequência didática baseada na História da Ciência

Marcella F. D. Andrade e Fernando C. Silva

Os conceitos ensinados nas aulas de química geralmente são apresentados omitindo o processo no qual este conhecimento foi construído. Portanto, todo o contexto e o raciocínio por trás do desenvolvimento do conhecimento são perdidos ou negligenciados, incluindo os obstáculos, rupturas e continuidades que levaram ao conceito estabelecido. Neste estudo, procuramos compreender as ideias dos estudantes do ensino médio sobre o processo de destilação, após uma sequência didática permeada por alguns elementos da História da Ciência. A análise dessas ideias foi realizada no momento da discussão de um texto histórico e pelos desenhos realizados pelos estudantes para explicar o processo de destilação. Observamos que o foco dos estudantes sobre o processo de destilação se deu pelo reconhecimento do aperfeiçoamento dos equipamentos ao longo do tempo, e os desafios práticos desse processo. Além disso, os estudantes conseguiram compreender a construção do processo, valorizando a natureza social da atividade científica. Isso porque esse processo não foi desenvolvido por um indivíduo, mas por vários em diferentes espaços e tempos.

► educação em ciências, ensino médio, história da ciência e ensino ◀

Recebido em 19/04/2017, aceito em 22/09/2017

Muitos conteúdos propostos nas aulas de Ciências são apresentados de forma a valorizar os resultados, que seriam as teorias e conceitos legitimados pela comunidade científica (Trindade *et al.*, 2010). Essa forma de abordagem pode levar os estudantes a acreditarem em uma Ciência que acerta sempre, construída pelo trabalho individual e neutro de um cientista (os chamados “pais”) e com um discurso considerado como a verdade absoluta (Matthews, 1995). Diversos são os trabalhos que enfatizam a necessidade de compreender a Ciência como um conhecimento humano passível de transformações, construída não por poucos cientistas, mas por muitos, que possuem seus interesses e estão imersos em um contexto (Matthews, 1995; Trindade *et al.*, 2010). Dessa forma, a História da Ciência pode ser utilizada pelos professores e professoras em suas aulas, levando os estudantes a perceberem

que os conhecimentos científicos não estão distanciados das necessidades da sociedade e da época na qual foram elaborados, sofrendo suas influências e, por sua vez, influenciando-as (Trindade *et al.*, 2010, p. 119).

A História da Ciência pode ser utilizada na Educação em Ciências para fornecer uma visão mais ampla de como a Ciência funciona, uma melhor compreensão de conceitos científicos e do papel da Ciência na cultura humana e na sociedade. Essa abordagem pode contribuir também para o aumento da motivação entre os estudantes em relação aos conceitos muitas vezes considerados difíceis, e para incentivá-los a participarem do debate sobre Ciência e Tecnologia (Simon, 2015).

A História da Ciência pode ser utilizada na Educação em Ciências para fornecer uma visão mais ampla de como a Ciência funciona, uma melhor compreensão de conceitos científicos e do papel da Ciência na cultura humana e na sociedade. Essa abordagem pode contribuir também para o aumento da motivação entre os estudantes em relação aos conceitos muitas vezes considera-

dos difíceis, e para incentivá-los a participarem do debate sobre Ciência e Tecnologia (Simon, 2015).

Diversas discussões sobre o uso da História da Ciência na Educação em Ciências têm sido realizadas no mundo todo, e isso não tem sido diferente no Brasil. Segundo Matthews

(2015, p. 459-460), as principais razões para essa inclusão são:

1. *A História promove a melhor compreensão de conceitos e métodos científicos.*

2. *As abordagens históricas conectam o desenvolvimento do pensamento individual com o desenvolvimento de ideias científicas.*

3. *A História da Ciência é intrinsecamente importante. Os episódios importantes da História da Ciência e da cultura - a Revolução Científica, o darwinismo, a descoberta da penicilina, e assim por diante - devem ser familiares para todos os alunos.*

4. *A História é necessária para compreender a natureza da ciência.*

5. *A História neutraliza o cientificismo e dogmatismo que são comumente encontrados em textos científicos e nas salas de aula.*

6. *A História, analisando a vida dos cientistas, humaniza os conteúdos científicos, tornando-os menos abstratos e mais envolventes para os alunos.*

7. *A História permite que as conexões sejam feitas dentro de temas e disciplinas da Ciência, bem como com outras disciplinas acadêmicas; a História mostra a natureza integrada e interdependente das realizações humanas.*

A História da Ciência pode possibilitar o conhecimento do contexto em que determinado conceito surgiu, a interação desse conceito com outros, e os obstáculos, rupturas e continuações que ocorreram durante o desenvolvimento desse conceito. Esse entendimento pode ajudar na mediação adequada dos significados que devem ser adquiridos pelo estudante. Entretanto, o uso da História da Ciência na Educação em Ciências não é simples, o que “exige aprofundamentos na análise e busca de compatibilidades entre tendências pedagógicas e perspectivas historiográficas” (Beltran *et al.*, 2014, p. 117). Dessa forma, nosso objetivo é compreender as ideias dos estudantes de uma turma do 1º ano do ensino médio sobre o processo de destilação, após uma sequência didática permeada por alguns elementos da História da Ciência.

Como entendemos a História da Ciência na Educação em Ciências

Assim como Matthews (1995), Trindade *et al.* (2010), Beltran *et al.* (2014), Castro (2015) e Nascimento (2015), consideramos que as formas de abordagem da História da Ciência utilizadas na sala de aula possuem uma visão limitada, quando se apresenta:

- uma sucessão de eventos históricos em ordem cronológica, que induz os estudantes a acreditarem que os fatos históricos são datados de forma bem precisa e independentes;
- uma Ciência feita por poucos e notáveis homens, que

serve apenas para os estudantes conhecerem o nome de poucos cientistas (frequentemente, do sexo masculino), que se destacaram;

- uma História da Ciência que permite identificar as ideias corretas e as erradas, o que revela uma visão linear e simplista da própria Ciência;
- uma ciência vista como a verdade absoluta resultante da observação pura e separada do contexto social, o que desconsidera a Ciência como construção humana e, portanto, obra de seres imersos em uma cultura e possuidores de interesses sociais, pessoais, econômicos, etc.;
- uma atividade superior praticada somente por seres intelectualmente “superiores”, podendo afastar estudantes que, mesmo possuindo potencial, não se enxergam capazes de se inserir num mundo reservado a “superiores”;
- uma História da Ciência do tipo anedótica, visando apresentar casos reais ou fictícios sobre os cientistas de uma forma engraçada para alegrar as aulas de Ciências. Essas piadas podem apresentar uma visão distorcida da Ciência e dos indivíduos que a constroem; e,
- a evolução de um conceito científico até o legitimado no momento, o que leva os estudantes a acreditarem que esse conceito se torna imutável.

Desse modo, é necessário que os professores compreendam o que é a História da Ciência. Embora, o termo História da Ciência sugira o tratamento de fatos históricos da Ciência, ela

tem objeto próprio, constituindo uma área específica de conhecimento, interdisciplinar por excelência. Uma área que, embora distinta da história, da sociologia, da ciência, da epistemologia e da filosofia da ciência, estabelece interfaces com estas e outras áreas, pela própria natureza de seu objeto (Beltran *et al.*, 2014, p. 17).

Beltran *et al.* (2014, p. 15) definem a História da Ciência como “o estudo da(s) forma(s) de elaboração, transformação e transmissão de conhecimentos sobre a natureza, as técnicas e as sociedades, em diferentes épocas e culturas”. As autoras ainda explicam essa definição mediante o objeto de estudo de cada área. Para elas, “a(s) forma(s) de elaboração, transformação e transmissão de conhecimentos” (p. 15) seriam o objeto de estudo da epistemologia, que é

o ramo da filosofia que analisa as condições e os limites da validade dos conceitos científicos, buscando esclarecer o processo de elaboração das teorias científicas e de sua interferência na constituição e desenvolvimento de diferentes saberes (Beltran *et al.*, 2014, p. 49).

Ainda discutindo sobre o objeto de estudo da História da Ciência, os “conhecimentos sobre a natureza, as técnicas e as sociedades, em diferentes épocas” (Beltran *et al.*, 2014, p. 16) seriam o objeto de estudo da História. A História se

constitui pelas atividades humanas ocorridas ao longo do tempo, que chamamos de realidade histórica. Não temos acesso direto a essa realidade histórica, mas podemos acessá-la por meio dos registros escritos e vestígios não verbais da época, como por exemplo: pinturas, construções, objetos, etc. A partir da análise desses registros e vestígios, que pode ser baseada também em fontes secundárias, o historiador tenta compreender essa realidade histórica escrevendo sua obra. Essa obra não é uma obra histórica, pois a realidade histórica independe do historiador (Martins, 2005). Assim, o que ele escreve é uma obra historiográfica, na qual “reflete sobre os acontecimentos históricos, mas agrega-lhe um caráter discursivo novo” (Martins, 2005, p. 116). Isso significa que na Historiografia, assim como na própria Ciência, “as concepções gerais (às vezes tácitas) que o pesquisador possui influenciam sua forma de ver seu objeto de estudo” (Martins, 2005, p. 130). Dessa forma,

[...] a própria História da Ciência é reinterpretada e reescrita de tempos em tempos. As interpretações relativas a determinados aspectos e processos algumas vezes divergem daquilo que comumente foi considerado em virtude do surgimento não só de novos documentos, mas também de novas abordagens metodológicas e, principalmente, da perspectiva historiográfica adotada pelo historiador (Beltran et al., 2014, p. 49).

O objeto de estudo da História da Ciência são os “conhecimentos sobre a natureza, as técnicas e as sociedades, em diferentes [...] culturas” (Beltran et al., 2014, p.16) e seriam também o objeto de estudo da Sociologia. Dessa forma, ao planejar uma sequência didática que se relacione com a História da Ciência cabe a consideração dos fatores sociais, econômicos, etc., que permearam tal estudo. Assim como Matthews (1995), concordamos que na Educação em Ciências deve-se discutir a dinâmica da atividade científica: o processo de construção de hipóteses, teorias, conceitos, etc.; e a validação, divulgação e legitimação desse conhecimento produzido. Isso implica que a Educação em Ciências vai além da discussão dos resultados, mas envolve alguma compreensão da dinâmica inerente à produção do conhecimento científico.

Essas ideias podem estabelecer conexões com a perspectiva construtivista (Carvalho, 2013), quando se considera aspectos como: “a importância de um problema para o início da

construção do conhecimento” (p. 2); “qualquer novo conhecimento tem origem em um conhecimento anterior” (p. 2); “importância do erro na construção de novos conhecimentos” (p. 3); “as mais elevadas funções mentais do indivíduo emergem de processos sociais” (p. 3-4); “artefatos culturais, que medeiam a interação entre os indivíduos e entre esses e o mundo físico” (p. 4); o “desenvolvimento da linguagem em sala de aula como um dos principais artefatos culturais que fazem parte da interação social” (p. 4), etc. Assim, o uso da História da Ciência na Educação em Ciências pode ser enriquecedor na medida que estabelece diálogos entre a abordagem historiográfica e a perspectiva construtivista.

Aspectos metodológicos

Elaboração e desenvolvimento da sequência didática

A destilação é um importante método de separação de misturas, possuindo diversas aplicações tanto em nível industrial quanto acadêmico. É um conceito que deve ser trabalhado com os estudantes desde a Educação Básica, conforme apontam os documentos oficiais PCN+ (Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais) e CBC (Conteúdo Básico Comum) (Brasil, 2002; Minas Gerais, 2007). Os PCN+ ressaltam a elaboração de atividades experimentais baseadas nas propriedades das substâncias, visando à separação das mesmas em uma mistura. Além disso, assim como outros processos de

separação de misturas, a destilação é enfatizada nesse documento (Brasil, 2002). No CBC, embora o termo destilação não esteja explícito, ressalta-se o reconhecimento de métodos físicos de separação de misturas (Minas Gerais, 2007).

A sequência didática foi elaborada para estudantes do primeiro ano do Ensino Médio e pautada nos referenciais teóricos de História da Ciência, baseando-se nos estudos de Liebmann (1956) e Beltran et al. (2014). O primeiro se trata de um texto que foi utilizado em sala de aula com os estudantes, após tradução e adaptação. Esse texto foi escolhido a partir do levantamento de fontes secundárias referentes ao tema de interesse, sendo que os seguintes critérios foram considerados para a seleção, conforme indicado por Beltran et al. (2014): perspectiva historiográfica assu-

mida pelo autor do texto original e que fosse de interesse de nossa pesquisa, e estudo baseado em fontes primárias, a partir da análise da literatura citada no texto utilizado. O texto de Beltran et al. (2014) foi usado para fundamentar a

escolha do primeiro e estudar os conceitos necessários ao uso da História da Ciência no Ensino.

A sequência didática foi dividida em três aulas de 50 minutos cada, que ficaram distribuídas de acordo com o Quadro 1.

Contexto da pesquisa

A sequência didática foi aplicada em uma turma de primeiro ano do Ensino Médio regular de uma escola pública estadual do Leste de Minas Gerais. A escola funciona nos três turnos com 15 turmas, cada qual com 30 estudantes em média. A turma investigada possui 21 estudantes de faixa etária variando entre 18 e 25 anos. Desses estudantes, a maioria trabalha durante o dia, e estuda no período noturno.

Análise dos instrumentos de produção dos dados

O interesse em compreender as ideias dos estudantes nos levou a optar por uma abordagem qualitativa. Essa abordagem é pautada, principalmente, pelas seguintes características (Lüdke e André, 2013, citando Bogdan e Biklen, 1982, p. 12-14):

1. A pesquisa qualitativa tem o ambiente natural como sua fonte direta de dados e o pesquisador como seu principal instrumento. [...] a pesquisa qualitativa supõe o contato direto e prolongado do pesquisador com o ambiente e a situação que está sendo investigada [...].

2. Os dados coletados são predominantemente descritivos. O material obtido nessas pesquisas é rico em descrições de pessoas, situações, acontecimentos [...]. Citações são frequentemente usadas para subsidiar uma afirmação ou esclarecer um ponto de vista [...].

3. A preocupação com o processo é muito maior do que com o produto. O interesse do pesquisador ao estudar determinado problema é verificar como ele se manifesta nas atividades, nos procedimentos e nas interações cotidianas [...].

4. O “significado” que as pessoas dão às coisas e à sua vida são focos de atenção especial pelo pesquisador. Nesses estudos há sempre uma tentativa de capturar a “perspectiva dos participantes”, isto é, a maneira como os informantes encaram as questões que estão sendo focalizadas [...].

5. A análise dos dados tende a seguir um processo indutivo. Os pesquisadores não se preocupam em buscar evidências que comprovem hipóteses definidas antes do início dos estudos [...].

Essas características estão de acordo com o objetivo desta pesquisa na busca da compreensão das ideias dos estudantes de uma turma do 1º ano do ensino médio sobre o processo de destilação, após uma sequência didática permeada por alguns elementos da História da Ciência. Para isso, a pesquisadora fez uso de observações durante duas aulas dialogadas e expositivas, sendo a segunda aula acompanhada da leitura e discussão do texto “História da Destilação” (Liebmann, 1956), e de uma atividade proposta ao final da sequência didática. Todos os registros escritos produzidos pelos estudantes e as observações da pesquisadora são importantes, pois a preocupação é o processo de ensino, e não a porcentagem de estudantes que alcançaram a perfeição na atividade realizada no final da sequência didática. Mesmo que os elementos fornecidos pelos estudantes sejam, cientificamente, considerados inadequados, buscamos compreendê-los na perspectiva dos mesmos. Não nos preocupamos na busca

Quadro 1: Organização e fundamentação dos conteúdos trabalhados em cada aula da sequência didática

Aula	Resumo das discussões realizadas	Atividades	Fundamentação teórica
1ª	1) Conhecimento das ideias dos estudantes sobre processos de separação de misturas. 2) Problemática inicial.	1) Aplicação do questionário inicial. 2) Discussão do questionário inicial.	O questionário foi a forma que encontramos para conhecer as ideias dos estudantes e propor a eles um problema. Por meio do conhecimento dessas ideias e da proposição de um problema a ser resolvido, criamos situações em que os estudantes são levados a raciocinar e construir seu próprio conhecimento (Carvalho, 2013).
2ª	1) Possível origem do processo de destilação. 2) Diferenças entre destilação simples e fracionada. 3) Situações em que esses processos de separação de misturas podem ser aplicados.	1) Aula subsidiada pela leitura e discussão do texto: História da Destilação, traduzido e adaptado do original de Liebmann (1956). 2) Explicação e contextualização do processo de destilação.	Conhecer a origem e a história de um conceito pode ser importante para os estudantes, pois pode levá-los a perceber que a dúvida encontrada por eles para o entendimento de um conceito também foi encontrada em outro momento histórico (Nascimento, 2015).
3ª	1) Avaliação dos conceitos discutidos. 2) Avaliação da sequência didática realizada.	1) Proposta de um experimento, utilizando materiais de baixo custo, fácil acesso e seguros para destilação de uma mistura qualquer.	Após o momento de discussão coletiva entre professor-estudantes e estudantes-estudantes, é necessário um período para a aprendizagem individual, que pode ser feita por meio da escrita (Carvalho, 2013).

de evidências já estabelecidas previamente, mas deixamos que essas evidências surgissem ao longo de nossa análise.

Como nosso instrumento de coleta de dados está baseado nos registros escritos produzidos pelos estudantes, utilizamos a Análise Textual Discursiva proposta por Moraes e Galiuzzi (2007) para compreender os conhecimentos sobre o tema investigado. Na Análise Textual Discursiva quatro etapas essenciais são realizadas:

1 – Desmontagem dos textos: [...] implica examinar os textos em seus detalhes, fragmentando-os no sentido de atingir unidades constituintes, enunciados referentes aos fenômenos estudados [unidades de sentido].

2 – Estabelecimento de relações: este processo de categorização envolve construir relações entre as unidades de base, combinando-as e classificando-as [...].

3 – Captando o novo emergente: [...] análise desencadeada [...] [nas duas etapas] anteriores possibilita a emergência de uma compreensão renovada do todo [...].

4 – Um processo auto-organizado: o ciclo de análise, ainda que composto de elementos racionalizados e em certa medida planejados, em seu todo pode ser compreendido como um processo auto-organizado do qual emergem novas compreensões [...] (Moraes e Galiuzzi, 2007, p. 11-12).

No que se refere à etapa 2, é importante esclarecer que não estabelecemos categorias previamente, e sim, deixamos que elas emergissem ao longo da análise. A Análise Textual Discursiva pode ser uma ferramenta útil para a pesquisa qualitativa, pois o que se pretende é aprofundar a compreensão dos fenômenos (Moraes e Galiuzzi, 2007). Após a construção das categorias, as mesmas foram discutidas e interpretadas. Utilizamos a transcrição do registro escrito dos próprios estudantes para embasar as discussões em alguns momentos.

Resultados e discussão

Problematização inicial e aplicação do texto

A primeira aula da sequência didática foi reservada à problematização inicial do tema, expondo aos estudantes algumas questões fundamentais a partir das ideias iniciais que os mesmos manifestaram sobre o assunto. Nessa aula, foi questionado à classe sobre quais seriam as misturas de substâncias com as quais lidamos no nosso dia a dia e como poderíamos separá-las. O objetivo era conhecer as ideias prévias dos estudantes sobre os principais métodos de separação de misturas usados no cotidiano. Nessa aula foi possível registrar alguns discursos iniciais dos estudantes: [Professora]: *Quais misturas encontramos em nosso dia a dia?*

[Alunos]: *Leite com achocolatado; sucos; comidas; [...]*

[Professora]: *Qual o processo inicial que devemos fazer ao prepararmos o feijão para comermos?*

[Alunos]: *catar; lavar; limpar; [...].*

[Professora]: *Sabiam que a catação é um processo de separação de misturas?*

[Alunos]: *não sabia, não sabia, sabia, [...]*

[Professora]: *E uma mistura de água e álcool? Como separar esses componentes?*

[Alunos]: *não tem como [...]; é só ferver que o álcool evapora [...]; mas a água também evapora [...]; (várias respostas apresentando incertezas).*

Desse modo, percebemos no discurso inicial dos estudantes que, em relação a misturas mais simples, os estudantes apresentavam ideias prévias mais próximas à ideia considerada adequada, relacionando muito bem alguns métodos de separação, como, por exemplo, catação, peneiração e filtração. No entanto, em relação a misturas mais complexas, como água salgada, água e álcool, entre outras, os estudantes demonstravam muitas contradições e inseguranças em suas falas referentes ao modo de separação.

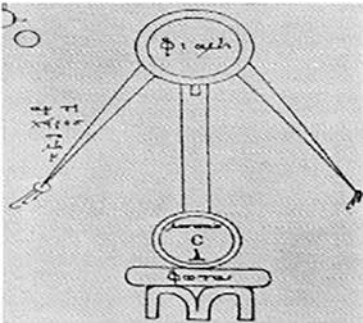
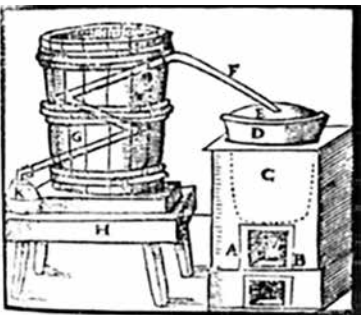
A segunda aula da sequência didática foi reservada para a leitura e discussão do texto “História da Destilação”, de Liebmman (1956). Embora o texto não seja uma literatura atual, considera-se pertinente a abordagem histórica do processo de destilação feita pelo autor do mesmo, uma vez que ele traz consigo várias imagens das montagens de destilação, mostrando de forma clara o aperfeiçoamento do método, tornando-se propício ao entendimento dos estudantes do ensino médio sobre os instrumentos usados no processo e explicitação da natureza social da atividade científica, conforme indicado no Quadro 2.

Nesta aula, além do momento inicial de leitura e posterior discussão, a professora e os estudantes destacaram alguns pontos interessantes da abordagem histórica feita pelo texto, tais como as necessidades iniciais que moveram os cientistas a desenvolverem essa técnica, a importância da técnica para a época e para a atualidade, e as melhorias do processo de montagem, reconhecendo a evolução dos primeiros utensílios até chegar aos equipamentos usados atualmente, visto que os mesmos podem ainda sofrer transformações.

Da análise da proposta de experimento

Na última aula da sequência didática, os estudantes realizaram uma atividade que solicitava a ilustração de um processo de destilação, com materiais de baixo custo e fácil acesso. O objetivo dessa atividade era fazer com que os estudantes utilizassem os conceitos que foram discutidos durante o texto, no que se refere aos utensílios e montagens essenciais para uma destilação, e reconhecessem os possíveis desafios teóricos e materiais que a substituição e variações desses equipamentos provocam nessa atividade científica, assim como a proximidade do método à realidade social dos estudantes, uma vez que eles deveriam usar ferramentas disponíveis em seu cotidiano.

A partir da análise textual discursiva dos registros escritos dos estudantes foram construídas as unidades de significado

	Cleópatra escreveu um tratado, <i>Chrysopoea</i>, do qual, infelizmente, apenas uma página foi conservada. Ela descrevia um provável aparelho primitivo de destilação, que consistia de uma espécie de dispositivo de aquecimento sob um vaso circular com um tubo vertical que conduz a um alambique, no qual foram anexados dois condensadores, chamados de “<i>dibicos</i>” (Liebmann, 1956).
	O livro com o título de <i>Liber de Arte Distillandi de Simplicibus</i>, e impresso por Johannes Grüninger em Estrasburgo no ano de 1500. Na capa do livro está indicado não somente uma variedade de aparelhos de destilação, mas também uma espécie de jardim botânico, cujas plantas forneceriam medicamentos, óleos essenciais e perfumes (Liebmann, 1956).
	Na imagem está indicado o processo de destilação como era conhecido, e o aparelho disponível na época do livro citado acima. Como a impressão se tornou mais popular e o processo de destilação foi desenvolvido, livros sobre o assunto começaram a aparecer com mais frequência em muitas cidades da Europa e, mais tarde, em outros lugares (Liebmann, 1956).
	Em Frankfurt, no ano de 1556, sob o título de <i>Neu Gross Destillierbuch</i>, escrito por Walter Ryff. O livro foi marcado pela riqueza de ilustrações, que apresentavam o progresso dos dispositivos de aquecimento e de condensação (Liebmann, 1956), como indicado na figura ao lado.
	Conrad Gessner (ou Gesner) (1516-1565), nascido em Zurique e formado em medicina, escreveu e publicou um número surpreendente de obras, das quais o mais importante é <i>De Remediis secretis</i>. Nessa obra ele dedicou extensos capítulos para os métodos de destilação e vários tipos de equipamentos. Ele também apontou, de forma abrangente, o uso da água para refrigeração, em uma série de ilustrações, como, por exemplo, na figura ao lado (Liebmann, 1956).

*As figuras foram reproduzidas a partir do texto de Liebmann (1956).

Proponha uma montagem, utilizando materiais baratos, fáceis de serem comprados e que não apresentem riscos durante o seu manuseio, para a destilação de uma mistura qualquer.		
Unidades de significado (Fase 1 – Desmontagem dos textos)	Construção de Categorias (Fase 2 – Estabelecimento de relações entre as unidades de significado)	Estudantes
U1. Título identificando o tipo de destilação ilustrada. U2. Título identificando o tipo de mistura a ser separada. U3. Título identificando o tipo de destilação e o tipo de mistura. U4. Listagem dos materiais utilizados. U5. Legenda dos materiais utilizados na ilustração por meio de numeração. U6. Legenda dos materiais utilizados indicados na ilustração. U7. Explicação do procedimento. U8. Relação de materiais de baixo custo presentes na ilustração com materiais utilizados em laboratório.	C1. U1, U2, U3. Títulos	E1, E2, E3, E4, E6, E7, E9, E14, E16.
	C2. Lista de materiais	E1, E2, E3, E4, E5, E7, E8, E11, E16.
	C3. Legenda de materiais.	E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7, E8, E9, E10, E11, E12, E13, E14, E15, E16.
	C4. Descrição de procedimentos.	E3, E9.
	C5. Relação entre materiais de baixo custo e materiais de laboratório.	E2, E5, E6, E7, E9, E13, E14.

e suas relações por meio do estabelecimento de categorias, indicadas no Quadro 3.

No momento das duas primeiras fases da análise, observamos que a maioria dos estudantes de alguma maneira identificou o tipo de destilação a ser feita, a mistura a ser separada, e os materiais a serem utilizados. Alguns estudantes ainda estabeleceram uma relação entre o material de baixo custo da montagem com aquele material que seria utilizado em laboratório, conforme indicado na Figura 1.

Percebemos que o estudante reconheceu: o método adequado para esse tipo de mistura e os materiais necessários para a execução da mesma, caracterizando assim assimilação

da capacidade de adequação de materiais para a destilação discutidos anteriormente com a leitura do texto que abordou essa evolução historicamente. Na Figura 2, o estudante reconheceu que, para separar o vinagre da água, a destilação fracionada seria o método adequado. No entanto, ele não ilustrou a coluna de fracionamento, que é essencial para uma destilação fracionada.

Neste caso, o estudante ainda descreveu os materiais e como devem ser utilizados para a proposta de separação do vinagre, ou seja, a separação do ácido acético da água.

Em geral, ao aplicar essa sequência didática, podemos perceber que os estudantes aprenderam sobre o processo de

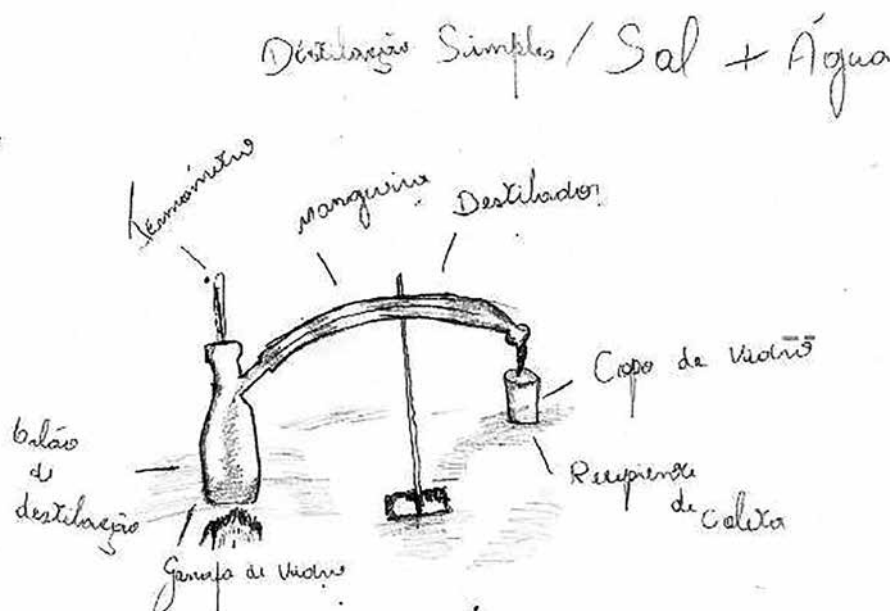


Figura 1: Proposta de montagem feita pelo estudante codificado como E16.

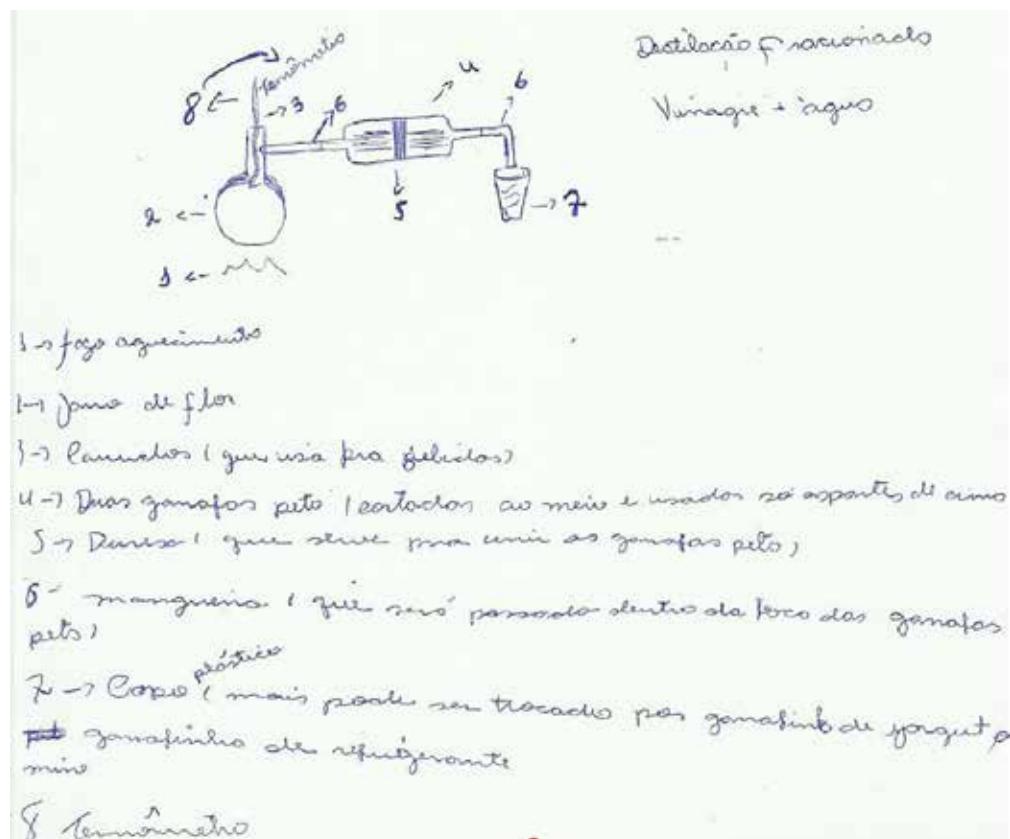


Figura 2: Proposta de montagem feita pelo estudante codificado como E3.

destilação e que reconheceram os materiais necessários para que este experimento ocorra, demonstrando o entendimento do progresso desses utensílios ao longo do tempo discutidos na abordagem histórica, e aplicando-os à atualidade quando fizeram as adequações com materiais do seu cotidiano. Além disso, é possível perceber que os estudantes associaram de forma adequada o tipo de destilação ao tipo de mistura que seria separada, demonstrando assim a importância do processo de destilação na atividade social.

Considerações Finais

O termo destilação, tal como é empregado hoje, não era conhecido na Antiguidade. As referências aparentes feitas por Aristóteles, Teofrasto, Plínio, Dioscórides, Galeno e outros, indicam que esses procedimentos experimentais já eram feitos na época, porém ainda não os reconheciam por esse nome. Os químicos de Alexandria são frequentemente citados como conhecedores da destilação, mas um exame dos utensílios que poderiam estar à disposição indica que não eram equipados com dispositivos de refrigeração eficientes para a condensação de vapores a partir de líquidos de baixa temperatura de ebulição (Liebmann, 1956). Ou seja, não é possível identificar se o processo era mesmo uma destilação, ou se eles usavam outros aparatos para a refrigeração não registrados.

Desse modo, consideramos que a sequência didática contribuiu para a evolução do entendimento dos estudantes sobre o processo de destilação, pois os mesmos manifestaram

mudanças em seus discursos no momento da atividade realizada na última aula: a maioria dos estudantes aplicou o método correto (destilação simples ou fracionada) à mistura que seria separada. Mesmo que, em alguns casos, os estudantes não tenham detalhado, por exemplo, a coluna de fracionamento na destilação fracionada, entende-se que o conceito foi adquirido por eles na medida que aplicaram o conceito ao propósito correto, fazendo as adaptações na montagem do experimento com os materiais que possuíam em seu cotidiano.

Assim, foi possível mostrar aos estudantes que o conhecimento científico está sujeito a reformulações, e que os utensílios usados no processo de destilação sofreram ao longo do tempo modificações e melhorias, porém, o método manteve-se significativo tornando-se indispensável em algumas atividades de natureza social. Portanto, acreditamos que, ao acionar a História da Ciência em favor do estudo do conceito de destilação, a experiência tornou-se rica para o processo ensino e aprendizagem, permitindo aos estudantes perceberem que

a ciência é humana, viva, uma construção realizada pelo homem, o qual interpreta o mundo a partir de seu olhar. Desta forma, é necessário que ela seja caracterizada como tal, interpretada a partir de pontos de vista distintos, de acordo com os interesses de quem a enfoca (Briccia e Carvalho, 2011, p. 7).

Conforme exposto anteriormente, espera-se que a

História da Ciência possa ajudar nos problemas relacionados ao processo de ensino e aprendizagem, e que seja possível utilizar seus elementos cada vez mais nas aulas de química e ciências em geral, conforme as necessidades de nossos contextos e das especificidades de nossos estudantes.

Referências

BELTRAN, M. H. R.; SAITO, F. e TRINDADE, L. S. P. *História da ciência para formação de professores*. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2014.

BOGDAN, R. e BIKLEN, S. *Investigação qualitativa em educação*. Porto: Porto Editora, 1982.

BRASIL, Ministério da Educação, Secretaria da Educação Média e Tecnológica. *PCN+ Ensino Médio: orientações complementares aos parâmetros curriculares nacionais*. Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Brasília: MEC/SEMTEC, 2002. Disponível em <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>, acessado em Abril 2018.

BRICCIA, V. e CARVALHO, A. M. P. Visões sobre a natureza da ciência construídas a partir do uso de um texto histórico na escola média. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 10, n. 1, p. 1-22, 2011.

CARVALHO, A. M. P. O ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.). *Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula*. São Paulo: Cengage Learning, 2013. p. 1-20.

CASTRO, R. S. Uma e outras histórias. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.). *Ensino de Ciências: unindo a pesquisa e a prática*. 7ª reimpressão. São Paulo: Cengage Learning, 2015. p. 101-118.

LIEBMANN, A. J. History of distillation. *Journal of Chemical Education*, v. 33, n. 4, p. 166-173, 1956.

LÜDKE, M. e ANDRÉ, M. E. D. A. *Pesquisa em educação: abordagens qualitativas*. 2ª ed. São Paulo: LTC, 2013.

MARTINS, R. A. Ciência versus historiografia: os diferentes níveis discursivos nas obras sobre história da ciência. In:

Marcella Fortunato Dias de Andrade (marcellafortunato@hotmail.com), graduada em Química Licenciatura, modalidade à distância, pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), leciona na Escola Estadual João Wesley. Governador Valadares, MG – BR. **Fernando César Silva** (fcsquimico@yahoo.com.br), graduado em Química Licenciatura pela Universidade de Itaúna, doutor em Química pela UFMG, é professor da Faculdade de Educação da UFMG. Belo Horizonte, MG – BR.

ALFONSO-GOLDFARB, A. M. e BELTRAN, M. H. R. (Orgs.). *Escrevendo a história da ciência: tendências, propostas e discussões historiográficas*. São Paulo: Editora Livraria de Física, 2005. p. 115-145.

MATTHEWS, M. R. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. Trad. C. M. Andrade. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 12, n. 3, p. 164-214, 1995.

_____. History of science in the curriculum. In: GUNSTONE, R. (Org.). *Encyclopedia of Science Education*. Dordrecht: Springer, 2015. p. 459-462.

MINAS GERAIS, Secretaria Estadual de Educação de Minas Gerais, Centro de Referência Virtual do Professor. *Conteúdo básico comum: química*. Belo Horizonte: SEE-MG, 2007. Disponível em http://crv.educacao.mg.gov.br/sistema_crv/index.aspx?id_projeto=27&id_objeto=39174&tipo=ob&cp=ff9933&cb=&n1=&n2=Proposta%20Curricular%20-%20CBC&n3=Ensino%20M%C3%A9dio&n4=Qu%C3%ADmica&b=s, acessado em Abril 2018.

MORAES, R. e GALIAZZI, M. C. *Análise textual discursiva*. Ijuí: Editora UNIJUÍ, 2007.

NASCIMENTO, V. B. A natureza do conhecimento científico e o ensino de ciências. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.). *Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática*. 7ª reimpressão. São Paulo: Cengage Learning, 2015. p. 35-58.

SIMON, J. History of science. In: GUNSTONE, R. (Org.). *Encyclopedia of science education*. Dordrecht: Springer, 2015, p. 456-459.

TRINDADE, L. S. P.; RODRIGUES, S. P.; SAITO, F. e BELTRAN, M. H. R. História da ciência e ensino: alguns desafios. In: BELTRAN, M. H. R.; SAITO, F. e TRINDADE, L. S. P. (Orgs.). *História da ciência: tópicos atuais*. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2010. p. 119-132.

Abstract: *Distillation: a didactic sequence based on History of Science.* Concepts taught in Chemistry lessons are usually presented omitting the process in which such knowledge was built. Therefore, the entire context and the reasoning behind the development of the knowledge is lost or neglected, including the obstacles, ruptures and continuities that led to the established concept. In this study, we seek to understand high school students' ideas about the distillation process following a didactic sequence permeated by some elements of the History of Science. The analysis of these ideas was made at the time of the discussion of a historical text and by the drawings made by the students to explain the distillation process. We observed that the focus of the students on the distillation process was the recognition of the improvement of equipment over time and the practical challenges of this process. In addition, students were able to understand the construction of the process, valuing the social nature of scientific activity. This is because this process was not developed by one individual, but by several in different spaces and times.

Keywords: science education, high school, history of science and education

Análise do Uso da Analogia com o “Pudim de Passas” Guiado pelo TWA no Ensino do Modelo Atômico de Thomson: considerações e recomendações

Tatiana C. Ramos e Nilmara B. Mozzer

Neste trabalho, analisamos os efeitos do uso do modelo *Teaching with Analogies* (TWA) sobre a compreensão dos estudantes da analogia entre o “pudim de passas” e o modelo atômico de Thomson. Os dados foram coletados em uma turma de Química do segundo ano do ensino médio de uma escola da rede pública de Minas Gerais. Foram realizados registros em vídeo e áudio da aula de discussão da analogia, e um questionário foi aplicado após essa intervenção. Utilizamos a análise de conteúdo para categorização das ideias expressas pelos estudantes no questionário. Os resultados evidenciaram que o TWA potencializou o entendimento sobre a relação de similaridade proposta nessa analogia, mas outras lacunas como a pouca familiaridade com o análogo permaneceram. Com base na literatura e nos resultados deste trabalho, apresentamos considerações sobre o TWA e discutimos que a criação, crítica e reformulação de analogias pelos estudantes pode ser uma abordagem promissora para se trabalhar as analogias no ensino de Ciências.

► analogia com o “pudim de passas”, modelo atômico de Thomson, TWA, ensino de química ◀

Recebido em 19/05/2017, aceito em 29/09/2017

106

O contexto de ensino de Química é repleto de conceitos abstratos e considerados de difícil compreensão pelos estudantes. Nesse contexto, as analogias podem ser ferramentas valiosas para facilitar a compreensão e visualização de conceitos abstratos, despertar o interesse dos estudantes e auxiliar os professores a conhecerem as ideias dos estudantes (Duit, 1991).

Uma analogia é definida por Gentner (1989) como um tipo de comparação em que um conceito ou uma situação familiar (domínio base ou análogo) compartilha *relações de similaridade* com um conceito a ser ensinado (domínio alvo). Nesse sentido, através das analogias os sujeitos podem observar semelhanças entre objetos, fenômenos, estruturas etc., que podem ser

fisicamente distintos entre si, mas cujas entidades constituintes desempenham papéis semelhantes nas estruturas dos domínios comparados.

No contexto de ensino, as analogias podem ser utilizadas como *modelos de ensino*, ou seja, modelos criados com o intuito de ajudar os estudantes no entendimento de aspectos sobre o conceito a ser ensinado (Justi, 2010). Nesse sentido, elas atuam como pontes conceituais para o entendimento dos conceitos científicos pelos estudantes (Duit e Treagust, 2003).

No contexto de ensino, as analogias podem ser utilizadas como *modelos de ensino*, ou seja, modelos criados com o intuito de ajudar os estudantes no entendimento de aspectos sobre o conceito a ser ensinado (Justi, 2010). Nesse sentido, elas atuam como pontes conceituais para o entendimento dos conceitos científicos pelos estudantes (Duit e Treagust, 2003).

Apesar desse potencial das analogias como modelos de ensino, a sua utilização pelos professores e autores de livros didáticos requer alguns cuidados, como:

- *Certificação de que o domínio análogo é familiar aos estudantes.* Isso é primordial para que as relações de similaridade entre os domínios análogo e alvo sejam compreendidas (Duit, 1991; Mozzer e Justi, 2012);

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.

- *Levantamento das correspondências das similaridades entre os domínios análogo e alvo.* Quando não há o devido direcionamento, podem ocorrer generalizações e raciocínios equivocados por parte dos estudantes (Duit, 1991; Haglund e Jeppsson, 2012);
- *Identificação das limitações das analogias.* Nos casos em que isso não ocorre, características irrelevantes podem sobressair, ou seja, aspectos superficiais não comparáveis entre o análogo e o alvo podem ser mais enfatizados que as relações de similaridade comparáveis (Glynn, 1991; Souza *et al.*, 2006).

Um exemplo de analogia comumente usada no contexto de ensino da Química como um modelo de ensino é a estabelecida entre o “pudim de passas” e o modelo atômico de Thomson. Essa analogia – popularizada por muitos professores e elaboradores de materiais instrucionais de diferentes níveis de ensino, que acreditam em seu potencial de facilitar a compreensão dos estudantes sobre aspectos estruturais do modelo atômico de Thomson – possibilita as seguintes correspondências de relações de similaridade entre os domínios comparados:

- as passas estão dispersas por toda extensão do pudim como os elétrons se encontram dispersos por toda extensão do átomo; e
- a massa do pudim encontra-se distribuída de maneira uniforme como existe uma distribuição uniforme da massa de natureza positiva do átomo.

Uma análise dessas relações de similaridade nos permite notar que o único aspecto estrutural do domínio alvo de que essa comparação pode facilitar o entendimento é o da homogeneidade na distribuição de cargas negativas e da massa positiva no modelo atômico de Thomson.

Ainda assim, como enfatizado anteriormente, o uso dessa analogia com a função de modelo de ensino requer alguns cuidados. Por esse motivo, vários autores (como: Monteiro e Justi, 2000; Souza *et al.*, 2006; Lopes e Martins, 2009) têm estudado a analogia com o “pudim de passas” no ensino do modelo atômico de Thomson, buscando avaliar as formas de apresentação dessa analogia no ensino e sua utilidade em auxiliar a compreensão do conceito.

Na pesquisa realizada por Monteiro e Justi (2000), as autoras analisaram como autores de livros didáticos brasileiros faziam uso de analogias nesses materiais; dentre elas, a estabelecida entre o “pudim de passas” e o modelo atômico de Thomson. Elas evidenciaram que os autores dos livros didáticos desconhecem o potencial das analogias como modelos de ensino, e isso faz com que eles não tomem os cuidados necessários para a apresentação das mesmas aos estudantes. Como consequência, as similaridades entre o

“pudim de passas” e o modelo atômico de Thomson não são suficientemente compreensíveis para os estudantes.

Além disso, Monteiro e Justi (2000) ressaltam a falta de familiaridade dos estudantes com o análogo (“pudim de passas”). Esse aspecto também foi evidenciado no estudo empírico realizado por Souza *et al.* (2006) com 99 estudantes que cursavam o primeiro ano do ensino médio em uma escola pública e em outra particular, os quais já haviam estudado o tema *modelos atômicos* em suas aulas de Química. Outros aspectos evidenciados nesse estudo foram: os estudantes não reconheciam a analogia com o “pudim de passas” como tal, confundindo análogo e alvo; não compreendiam as relações analógicas existentes; e não identificavam as limitações pertinentes da analogia. Em outras palavras, os estudantes contemplaram negativamente todas as advertências sobre o uso das analogias como modelos de ensino.

Assim, a forma como essa analogia vem sendo abordada no contexto do ensino de Química, aliada à falta de familiaridade dos estudantes com o análogo e o limitado poder explicativo dessa analogia (que se restringe a facilitar a compreensão de um único aspecto do alvo), pode, ao contrário de sua finalidade, dificultar a compreensão do modelo atômico de Thomson.

Além da problemática relacionada à forma de apresentação da analogia entre o “pudim de passas” e o modelo atômico de Thomson, Lopes e Martins (2009) ressaltam que existe um inconveniente relacionado à inadequação da analogia para representar algumas ideias do cientista Thomson referentes ao modelo atômico proposto por ele. Embora Thomson descreva elétrons (inicialmente chamados de corpúsculos) distribuídos em uma esfera uniformemente positiva, desde suas primeiras explicações ele descreveu um átomo dinâmico (Lopes e Martins, 2009). Para Thomson, os elétrons se movimentavam em anéis:

Nós temos primeiramente uma esfera positiva uniformemente eletrificada, e dentro dessa esfera um número de corpúsculos distribuídos numa série de anéis paralelos, o número de corpúsculos varia de anel para anel: cada corpúsculo está girando em alta velocidade na circunferência do anel em que está situado, e os anéis estão distribuídos de forma que os com maior número de corpúsculos estão mais próximos da superfície da esfera, enquanto aqueles com menor número de corpúsculos estão mais internos (Thomson, 1904a, p. 254-255).¹

É importante ressaltar que, para Thomson, os elétrons se movimentavam em anéis *concêntricos* e, para determinar o

Além da problemática relacionada à forma de apresentação da analogia entre o “pudim de passas” e o modelo atômico de Thomson, Lopes e Martins (2009) ressaltam que existe um inconveniente relacionado à inadequação da analogia para representar algumas ideias do cientista Thomson referentes ao modelo atômico proposto por ele. Embora Thomson descreva elétrons (inicialmente chamados de corpúsculos) distribuídos em uma esfera uniformemente positiva, desde suas primeiras explicações ele descreveu um átomo dinâmico (Lopes e Martins, 2009).

arranjo dos elétrons nesses anéis, ele estabeleceu a seguinte analogia com ímãs flutuantes:

(...) um número de ímãs pequenos flutuam em um vaso de água. Os ímãs são agulhas de aço magnetizadas com forças iguais e são lançados através de pequenos discos de cortiça. Os ímãs são colocados de modo que os polos positivos estejam todos para cima ou todos para baixo da superfície do água. Esses polos positivos, como os corpúsculos, repelem-se mutuamente com forças variando inversamente com a distância entre eles. A força atrativa é exercida por um polo negativo (se os pequenos ímãs estiverem com seus polos positivos acima da água) suspenso a alguma distância acima da superfície do água. Este polo irá exercer sobre os polos positivos dos pequenos ímãs flutuantes, uma força atrativa (...). Assim, a força no polo dos ímãs flutuantes será muito semelhante à força que atua no corpúsculo em nosso átomo hipotético. (...) a principal diferença é que os **corpúsculos são livres para se mover em todas as direções**, enquanto os polos dos ímãs flutuantes são limitados a mover-se em um plano paralelo à superfície da água (Thomson, 1904b, p. 144-145, tradução livre e grifo nossos).

Thomson parece utilizar essa analogia no sentido destacado por Clement (2008), ou seja, como *fonte de ideias* para o seu modelo atômico em desenvolvimento. Nessa representação, atuariam forças atrativas e repulsivas, e os elétrons se encontrariam em movimento. Assim, pode-se perceber, por meio de sua analogia com os ímãs flutuantes e das suas explicações sobre a localização dos corpúsculos em anéis, a ideia de um modelo atômico dinâmico, no qual existe movimentação dos elétrons que o compõem (Lopes e Martins, 2009).

O contraste entre essas ideias e aquelas que fundamentam a analogia com o “pudim de passas” aponta para a necessidade de uma investigação sobre a origem dessa analogia – principalmente porque alguns livros didáticos parecem associar tal origem, implícita ou explicitamente, ao próprio Thomson. O trecho a seguir ilustra esse ponto:

O modelo atômico de Thomson propunha que o átomo fosse maciço, esférico, descontínuo (estrutura não uniforme; não homogêneo) e formado por um fluido com carga positiva no qual estavam dispersos os elétrons. O próprio Thomson associou o seu modelo a um “pudim de passas” em um trabalho apresentado em 1897 (Usberco, 2006, p. 108, grifo no original).

Como podemos observar nessa citação, o autor afirma que foi o próprio Thomson quem comparou o átomo com um “pudim de passas”. No entanto, de acordo com os pesquisadores da área da Física, Hon e Goldstein (2013), ao contrário do que se pensa e muitas vezes se difunde, essa

analogia não foi proposta por Thomson. Há indícios de que ela tenha surgido em 1906, em um relato sobre as palestras proferidas por Thomson. Segundo Hon e Goldstein (2013), em uma das notas existentes em um diário publicado pela empresa Merck, encontra-se a primeira ocorrência da expressão “pudim de ameixas”² (do inglês, *plum pudding*) para explicar a teoria de Thomson. No relato do repórter anônimo da Merck estava escrito: “um átomo consistiria, portanto, de minúsculas manchas, os corpúsculos negativos, nadando sobre uma esfera de eletrificação positiva, como passas em um parcimonioso pudim de ameixas” (Hon e Goldstein, 2013, p. 131).

O pudim de ameixas é uma sobremesa de origem inglesa, tradicionalmente servida no Natal. Ao realizarmos uma busca na internet por receitas tradicionais e imagens desse pudim, observamos, além do fato de o mesmo conter passas e outras frutas secas, que sua massa, diferentemente da de um panetone, é bastante densa e consistente, como ilustra a Figura 1.



Figura 1: Pudim de passas de origem inglesa. Disponível em <http://oddlivescompany.com/2012/02/february-12-palindrome-day-plum-pudding-lincolns-birthday/>, acessado em Abril 2018.

Portanto, observamos que o repórter, no intuito de comunicar sua compreensão do modelo de Thomson, descreveu-o a partir de sua percepção de relações de similaridade entre aquele e um objeto que lhe era familiar (o “pudim de passas”). Curiosamente, autores de livros didáticos e professores apoderaram-se dessa analogia e, por isso, a sua divulgação em diferentes níveis do ensino de Ciências é bastante ampla. Essa ampla divulgação, por sua vez, pode estar atrelada à crença de professores e autores de materiais instrucionais de que a simples apresentação do conceito alvo por meio do análogo facilitará a compreensão do conceito pelos estudantes.

Ao contrário, podemos perceber que algumas dificuldades dos estudantes na compreensão das analogias podem advir da própria orientação do professor durante o uso desses modelos de ensino, como ressaltam Souza *et al.* (2006). Isso porque, como apontado anteriormente, se as principais relações analógicas e as limitações da analogia não forem devidamente trabalhadas, possíveis incompreensões podem ser realçadas em lugar de serem superadas pelos estudantes.

O Modelo *Teaching with Analogies* (TWA)

Tendo em vista as recomendações discutidas anteriormente para o uso adequado das analogias como modelos de ensino, surge a necessidade de diretrizes claras para se trabalhar de maneira adequada com esses recursos didáticos, como as propostas por Glynn (1995), no modelo *Teaching with Analogies* (TWA), discutido a seguir.

Glynn (1991) adverte que uma das possíveis razões pelas quais as analogias não são apresentadas, ou para que não seja dada a devida importância a elas no ensino, pode ser o fato de não se saber fazê-lo. Seu importante papel no processo de aprendizagem muitas vezes é negligenciado pelo fato de não se conseguir mapear (fazer o levantamento das correspondências) *explicitamente* as relações de similaridade entre o análogo e o alvo.

Sem esse mapeamento, as analogias são muitas vezes limitadas a simples afirmações, do tipo: “o átomo é como um pudim de passas”, as quais não fornecem instruções suficientes para que os estudantes possam compreender as relações de similaridade almejadas pelo professor (Glynn, 2007).

Baseado em uma pesquisa com quarenta e três livros didáticos de Ciências, e na análise das analogias apresentadas neles, bem como na observação de alguns professores ao fazerem uso de analogias em sala de aula, Glynn (1991) propôs o modelo “Ensinando com Analogias” (*Teaching with Analogies* – TWA), constituído por seis operações para guiar o uso de uma analogia pelo professor no ensino. São elas:

1. Introduzir o conceito alvo;
2. Rever o conceito análogo;
3. Identificar as características relevantes do alvo e análogo;
4. Mapear as semelhanças;
5. Identificar onde analogia falha; e
6. Tirar conclusões.

O modelo TWA é apresentado como uma estrutura guia, a qual pode tornar a alternativa de se utilizar analogias no contexto de ensino de Ciências mais plausível, uma vez que se propõe a dar suporte ao professor a fim de evitar possíveis problemas do uso não planejado de uma analogia, como os mencionados neste trabalho.

Esse instrumento foi avaliado por Treagust e Harrison (1993), a partir da implementação de atividades do domínio da Física (Óptica). A principal crítica desses autores foi o fato de que, em situações reais de sala de aula, os professores com frequência se esquecem de realizar uma ou mais das operações propostas no modelo de Glynn. Algo compreensível, diante da dinamicidade dessas situações. Apesar dessa crítica, os autores concordam com Glynn (2007) que a familiaridade com o análogo, aliada à explicitação do

mapeamento das relações de similaridade e das limitações da analogia são elementos essenciais para compreensão do alvo.

Objetivos

Diante das discussões estabelecidas até aqui, o presente trabalho visa: (i) analisar os efeitos da apresentação da analogia com o “pudim de passas” guiada pelo TWA na compreensão dos estudantes sobre o modelo atômico de Thomson; e (ii) a partir desses resultados e com base na literatura, apresentar considerações sobre o modelo TWA e discutir outras possíveis formas de se trabalhar essa analogia no ensino de Ciências.

Metodologia

A coleta de dados ocorreu em uma turma do segundo ano do Ensino Médio de uma escola da rede pública de uma cidade no interior de Minas Gerais. A turma era composta por trinta e oito estudantes, cuja faixa etária variava entre quinze e dezessete anos.

Em observação aos princípios de ética na pesquisa, antes da realização dessa pesquisa, um Termo de Consentimento Livre

e Esclarecido (TCLE) foi assinado pelos estudantes e seus responsáveis, por se tratar de menores de 18 anos. Esse termo e o projeto a ele associado foram submetidos ao Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Ouro Preto e aprovados pelo mesmo. Além disso, para preservação da identidade dos estudantes, utilizamos códigos compostos pela letra “A” e por números naturais consecutivos (A1, A2...) para identificar suas intervenções.

Após observação da turma no contexto regular de suas aulas de Química, durante o período de uma semana, a pesquisadora (primeira autora deste trabalho) ministrou uma aula de 50 minutos, com o objetivo principal de trabalhar a analogia entre o modelo atômico de Thomson e o “pudim de passas”, a partir das etapas do modelo TWA.

No momento dessa intervenção, além das pesquisadoras autoras desse trabalho, estavam presentes na aula dois estagiários do curso de Licenciatura em Química, os quais observavam regularmente as aulas de Química nessa turma, a professora regente e 26 estudantes. Uma das pesquisadoras (segunda autora deste trabalho) realizou as gravações em áudio e vídeo, e os estagiários presentes fizeram anotações de campo, as quais nos foram cedidas e nos auxiliaram na descrição e análise dessa aula.

Inicialmente, conforme orientam as diretrizes do TWA, a pesquisadora introduziu alguns aspectos do modelo atômico de Thomson (etapa 1: introduzir o conceito alvo). Essa introdução foi feita por meio de uma breve discussão sobre o trabalho dos cientistas e sobre as principais ideias propostas

Glynn (1991) adverte que uma das possíveis razões pelas quais as analogias não são apresentadas, ou para que não seja dada a devida importância a elas no ensino, pode ser o fato de não se saber fazê-lo. Seu importante papel no processo de aprendizagem muitas vezes é negligenciado pelo fato de não se conseguir mapear (fazer o levantamento das correspondências) *explicitamente* as relações de similaridade entre o análogo e o alvo.

por Dalton em seu modelo, na intenção de se discutir as reformulações daquelas ideias por Thomson, baseado em novas evidências.

Durante essa discussão introdutória, pôde-se constatar a dificuldade dos estudantes em lidar com a abstração daquele modelo, pois, por diversas vezes, eles solicitavam algo concreto, como um desenho ou uma imagem que materializasse o átomo. A pesquisadora afirmou, então, que havia uma comparação que poderia facilitar a compreensão daquelas ideias e, naquela ocasião, os próprios estudantes mencionaram o análogo “pudim de passas”.

Assim, deu-se início à segunda etapa do TWA (etapa 2: rever o conceito análogo). A pesquisadora apresentou a imagem da figura 1 e discutiu com os estudantes as características do análogo “pudim de passas”, visando sua familiarização com o mesmo.

Após a discussão do análogo e do alvo, a pesquisadora, com a participação de alguns estudantes, ressaltou as principais características dos dois domínios (etapa 3: identificar as características relevantes do alvo e análogo). Naquele momento, ela discutiu com os estudantes sobre a possibilidade de se realizar um corte imaginário na extensão do átomo e do “pudim de passas” buscando abordar, em específico, a ideia de distribuição uniforme da carga negativa. Tal ação foi realizada em consideração aos resultados do trabalho de Souza *et al.* (2006), que ressaltam a incompreensão dos estudantes sobre a distribuição dos elétrons por toda a extensão do átomo, uma vez que os mesmos relacionam o análogo à versão brasileira de um pudim (ou manjar), no qual as passas/ameixas encontram-se distribuídas somente na superfície.

Após a discussão do mapeamento, a pesquisadora sistematizou no quadro as relações estabelecidas entre o “pudim de passas” e o modelo atômico (etapa 4: mapear as semelhanças). As similaridades destacadas foram aquelas apresentadas no início deste artigo.

Posteriormente, a pesquisadora questionou os estudantes sobre as limitações daquela comparação, esclarecendo o significado desse termo (etapa 5: identificar onde a analogia falha). As limitações sugeridas pelos estudantes foram sistematizadas no quadro.

Ao final da aula, quando a pesquisadora estava no processo de conclusão (etapa 6: tirar conclusões) e sistematização das ideias, foi notada uma evolução na participação dos estudantes, o que possibilitou uma maior interação da pesquisadora com a turma.

Elaboramos um questionário com o objetivo de analisar a compreensão dos estudantes sobre o modelo atômico de Thomson. Esse questionário era constituído de três questões: a primeira delas solicitava aos estudantes que identificassem as relações entre o “pudim de passas” e o modelo atômico

de Thomson, e as limitações dessa comparação; a segunda solicitava que eles aplicassem seus conhecimentos para explicar, com ou sem o auxílio da analogia estudada, a atração de pequenos pedaços de papel por uma régua após ser atritada no cabelo; e a terceira, solicitava que os estudantes propusessem melhorias na analogia estudada ou um novo análogo para facilitar a compreensão do modelo de Thomson.

O questionário foi aplicado três semanas após a intervenção das pesquisadoras. Esse espaçamento entre a aula e a aplicação do questionário se deu numa tentativa de minimizar o efeito de respostas irrefletidas que poderiam advir da simples retenção de informações na memória de curta duração dos estudantes (Lent, 2005).

Para a categorização das ideias dos estudantes expressas nas respostas ao questionário, utilizamos a análise de conteúdo de Bardin (2006). Segundo a autora, a análise de conteúdo se baseia em técnicas de análise das comunicações com a intenção de inferir conhecimentos relativos às condições de produção (ou eventualmente, de recepção). Nesse sentido, a análise de conteúdo permite ao pesquisador compreender criticamente o sentido das comunicações, seu conteúdo manifesto ou latente, as significações explícitas ou ocultas.

Um conjunto de categorias foi criado a partir de uma análise minuciosa das ideias centrais expressas pelos estudantes em suas respostas ao questionário. Para isso, sempre que necessário, utilizamos os dados da filmagem e as notas de campo dos estagiários para compreender mais sobre essas ideias e agrupá-las com base em pressupostos semelhantes.

O processo de categorização foi realizado pelas duas pesquisadoras e todas as divergências foram discutidas até o estabelecimento de consenso. Após a categorização das

ideias presentes nas respostas dos estudantes ao questionário, a filmagem da aula foi novamente acessada com o objetivo de buscar indícios que nos permitissem avaliar se as ideias apresentadas pelos estudantes no questionário haviam sido discutidas durante a aula guiada pelo TWA ou se eram ideias que os estudantes já apresentavam antes daquela discussão. Realizamos esse processo com a intenção de atender ao nosso primeiro objetivo de analisar os efeitos da apresentação

da analogia com o “pudim de passas” através das diretrizes do TWA na compreensão dos estudantes sobre o modelo atômico de Thomson.

Visando atender ao nosso segundo objetivo de pesquisa, fizemos uma busca na literatura das áreas de: (i) *Ensino de Ciências e Cognição* – para compreendermos mais sobre o modelo TWA e sobre o uso de analogias nos contextos de ensino e científico. Isso possibilitou nosso reconhecimento das potencialidades da criação e crítica de analogias pelos cientistas (durante a resolução de problemas) e pelos

Durante essa discussão introdutória, pôde-se constatar a dificuldade dos estudantes em lidar com a abstração daquele modelo, pois, por diversas vezes, eles solicitavam algo concreto, como um desenho ou uma imagem que materializasse o átomo. A pesquisadora afirmou, então, que havia uma comparação que poderia facilitar a compreensão daquelas ideias e, naquela ocasião, os próprios estudantes mencionaram o análogo “pudim de passas”.

estudantes (para a expressão e [re]elaboração de suas ideias sobre os conceitos) e permitiu-nos fundamentar nossa sugestão sobre o uso da analogia com o “pudim de passas” a partir do contraste entre esta e as analogias criadas pelos estudantes; e (ii) *História e Filosofia da Ciência* – para compreendermos aspectos mais profundos sobre o alvo (modelo atômico de Thomson) e sobre o análogo (“pudim de passas”) que nos possibilitassem um entendimento mais adequado das relações de similaridade que poderiam ser estabelecidas entre eles e das limitações dessa comparação. Nesse sentido, algumas discussões já foram iniciadas na parte introdutória deste trabalho, e serão retomadas nas próximas seções, subsidiadas também por alguns de nossos resultados.

Resultados e Discussão

Sistematizamos nossos resultados no Quadro 1, a seguir. Esse quadro apresenta os temas abordados nas questões, as

categorias que foram criadas a partir da análise de conteúdo das respostas dos estudantes ao questionário e a porcentagem de respostas que se enquadrou em cada uma daquelas categorias.

Em resposta à primeira pergunta do questionário, a qual solicita que os estudantes identifiquem as relações de similaridade entre os dois domínios (“pudim de passas” e modelo atômico de Thomson), a distribuição das passas no pudim e de elétrons no átomo foi frequente nas respostas dos estudantes (41,9%). Segue um exemplo de resposta que enquadrámos nessa categoria: “*O pudim de passas tem várias passas espalhadas por toda a sua massa. Assim como no modelo atômico de Thomson estão espalhados elétrons por toda a sua massa*” (A1). Esse resultado indica que boa parte dos estudantes foi capaz de reconhecer esta relação de similaridade entre os domínios comparados por meio da apresentação da analogia guiada pelas diretrizes do TWA.

É possível notar que um grande número de estudantes

Quadro 1: Resumo dos resultados referentes ao questionário

Tema das Questões	Categoria	Nº de estudantes	(%)
1- Relações de similaridade alvo/análogo*	Relação entre a distribuição das passas no pudim e dos elétrons no átomo	13	41,9
	Resposta em branco	14	45,2
	Relação entre a massa distribuída de maneira uniforme no pudim e no átomo	3	9,7
	Identificação de características similares superficiais	4	12,9
	Identidade entre o análogo e o alvo (ou aspectos destes)	2	6,4
	Confusão entre modelos atômicos	1	3,2
	Massa positiva maior que a massa total de elétrons	1	3,2
2- Limitações da analogia	Identificação de características similares superficiais entre alvo e análogo	9	29,0
	Pudim macroscópico e átomo submicroscópico	2	6,4
	Identidade entre o análogo e o alvo (ou aspectos destes)	2	6,4
	Características superficiais distintas entre o modelo atômico e o pudim na versão brasileira	3	9,7
	Elétrons distribuídos somente na superfície do átomo	5	16,1
	Resposta em branco	11	35,5
3- Explicação do fenômeno de eletrização por atrito	Explicação coerente sem utilização da analogia	4	12,9
	Confusão de ideias/ incoerência	18	58,1
	Resposta em branco	9	29,0
4- Criação de uma nova analogia e/ou aprimoramento da analogia com o “pudim de passas”	Dificuldade em lidar com a abstração do modelo atômico	6	19,3
	Desqualificação do análogo, devido a não correspondência de características similares superficiais	7	22,6
	Confusão de ideias/incoerência	7	22,6
	Proposição de um novo análogo	4	12,9
	Resposta em branco	7	22,6

*O somatório do percentual de estudantes nesta questão excede 100% devido às respostas que se enquadraram em mais de uma categoria.

(45,2%) não respondeu à primeira questão. Atribuímos esse resultado ao fato de que um número significativo deles, que estava presente na data de aplicação do questionário, não esteve presente na aula em que foi discutida a analogia com o “pudim de passas”. Além disso, possíveis causas como a incompreensão das atividades propostas e da analogia, também precisam ser consideradas.

Os resultados dessa pesquisa também evidenciam que, mesmo com a tentativa de aumentar a familiaridade dos estudantes com o análogo “pudim de passas”, alguns deles tenderam a comparar o modelo atômico de Thomson com o que lhes era realmente mais familiar, como: o manjar, a laranja, o panetone e a melancia. Como discutido na introdução deste trabalho, pesquisas como as de Souza *et al.* (2006), Monteiro e Justi, (2000) e Lopes e Martins (2009) já haviam ressaltado a falta de familiaridade dos estudantes com o domínio análogo dessa analogia. Neste trabalho, o que evidenciamos é que, quando essa familiaridade não existe, tentativas de realizá-la como as constantes na proposta do TWA podem não ser eficientes e são, até mesmo, incoerentes com a própria noção de domínio análogo.

Como podemos observar no Quadro 1, a identificação de limitação baseada em características superficiais (propriedades físicas) dos dois domínios foi frequente nas respostas dos estudantes (29%), como ilustra o exemplo: “*átomo esférico e pudim achatado*” (A7). Isso pode ter ocorrido porque, na aula em que houve a discussão da analogia, a pesquisadora deixou que os próprios estudantes destacassem os aspectos não comparáveis entre os dois sistemas.

Na terceira pergunta, os estudantes foram solicitados a aplicar seus conhecimentos em uma situação particular: ao se atritar a régua no cabelo e aproximá-la de pedaços de papéis. Percebemos que somente uma pequena parte deles (12,9%) apresentou uma explicação coerente para o fenômeno e que não fez uso da analogia em suas explicações. Isso pode ser ilustrado pela resposta de A13: “*A régua de plástico, ao ser esfregada no cabelo, forma polos que atraem os pedaços de papéis ao ser aproximada deles*”.

A literatura aponta que os estudantes muitas vezes utilizam analogias, mesmo que de forma espontânea, na tentativa de explicar os fenômenos (Duit, 1991). Nesse contexto, no entanto, a analogia com o “pudim de passas” parece não ter auxiliado os estudantes a formular uma explicação para o fenômeno de eletrização, uma vez que a grande maioria deles (58,1%) demonstrou confusão de ideias em suas tentativas de explicar o fenômeno. Isso pode ter acontecido devido à inexistência de relações de similaridade entre a dinamicidade e a organização dos elétrons no modelo proposto por Thomson e das passas no análogo “pudim de passas” (Lopes e Marques, 2010). Portanto, deve-se discutir com

os estudantes que, apesar de os elétrons estarem dispostos por toda extensão do átomo como as passas no pudim, a organização deles nesses dois domínios difere: enquanto os elétrons encontram-se organizados em anéis no modelo de Thomson, as passas encontram-se aleatoriamente distribuídas no pudim. Além disso, os elétrons não estão incrustados (arraigados, fixos) no átomo como as passas em um pudim, eles estão em constante movimento nos anéis.

A discussão dessas limitações da analogia com o “pudim de passas”, guiada pelo professor, pode favorecer a compreensão dos estudantes sobre a dinamicidade e organização dos elétrons no modelo atômico de Thomson, além de uma avaliação crítica deles sobre essa analogia.

Quando os estudantes foram solicitados a propor melhorias para a analogia ou apresentar um novo análogo, percebemos em suas respostas dificuldades de lidar com a abstração que um modelo atômico exige, pois eles insistiam que “*o modelo deveria virar alguma coisa vista [se referindo a uma representação concreta]*”. A resposta de A19 à quarta questão do questionário ilustra esse aspecto: “*Uma laranja, em que as sementes seriam as cargas que existem no interior do átomo, ficaria mais fácil, pois uma laranja é mais fácil de imaginar e representar*” (A19).

Como pode ser observado, o estudante propôs um novo análogo com intenção de concretizar uma imagem do átomo. Essa dificuldade já havia sido apresentada pelos estudantes durante a realização da etapa 6 do TWA, quando a pesquisadora objetivava tirar as conclusões e fazer a sistematização das ideias. Desse modo, o que observamos é que, embora ela tenha discutido com os estudantes que uma representação do átomo deveria ser elaborada com base nas características

[...] acreditamos que propostas de ensino que visem a discussão de natureza da Ciência, das ferramentas que os cientistas utilizam na elaboração do conhecimento científico (por exemplo, modelos e analogias) e do percurso histórico de Thomson até a proposição de suas ideias para o átomo sejam importantes para a discussão do modelo.

do alvo discutidas, um processo de visualização – o qual compreende as abstrações envolvidas na atribuição de significados e a capacidade de transitar entre diferentes modos de representação (como analogias, modelos concretos, simulações, etc.) (Gilbert, 2008) – parece não ter sido favorecido. Esse resultado pode indicar que os estudantes não compreendem o significado e o processo de construção de modelos na Ciência e, por isso, procuram por cópias fiéis da entidade representada (Melo e Neto, 2013).

Nesse mesmo sentido, alguns dos estudantes desqualificaram o análogo pudim de passas pelo fato de esse não apresentar uma aparência física semelhante ao modelo de Thomson, evidenciando desconhecer tanto o papel das representações que os cientistas difundem, quanto a natureza do trabalho científico (Melo e Neto, 2013; Kosminsky e Giordan, 2002).

Desse modo, acreditamos que propostas de ensino que visem a discussão de natureza da Ciência, das ferramentas que os cientistas utilizam na elaboração do conhecimento científico (por exemplo, modelos e analogias) e do percurso

histórico de Thomson até a proposição de suas ideias para o átomo sejam importantes para a discussão do modelo.

Ainda com relação à última questão do questionário, na qual os estudantes propuseram novas comparações para o átomo (como a comparação de A19 com a laranja, mencionada anteriormente), salientamos que a criação de analogias pelos próprios estudantes pode ser outra possibilidade profícua de utilização das analogias no ensino. Essa proposta não se encontra contemplada nas etapas do TWA, pois esse não é o objetivo principal do modelo,³ o qual se centra no professor como guia da utilização de analogias já propostas ou de analogias criadas por ele.

No entanto, pesquisas na área de Ensino de Ciências sobre a criação de analogias pelos próprios estudantes para explicar conceitos científicos têm demonstrado bons resultados (por exemplo, Mozzer e Justi, 2012; Pittman, 1999; Spier-Dance *et al.*, 2005). De acordo com esses autores, o engajamento dos estudantes em tal processo pode auxiliá-los na comunicação e expressão de suas ideias sobre os conceitos, no entendimento conceitual, além de auxiliar o professor na avaliação da aprendizagem dos estudantes. Por exemplo, a partir da expressão de comparações como a proposta por A19 é que tomamos conhecimento de que, para alguns daqueles estudantes, o átomo possui um envoltório que o delimita (como a casca de uma laranja).

Além disso, embasadas em trabalhos da área de Ciências Cognitivas como os de Nersessian (1992) e Clement (1988), observamos que a criação de analogias é algo mais coerente com seu papel na construção da ciência, pois, nesse processo, as analogias não surgem plenamente desenvolvidas pelos cientistas, mas são construídas, avaliadas e modificadas a partir da necessidade do seu uso na resolução de problemas científicos.

Outro ponto importante que nos leva a ressaltar o potencial da *criação, crítica e refino* de analogias pelos estudantes no entendimento de conceitos científicos como o modelo atômico de Thomson é o fato de que, quando as analogias são criadas pelos estudantes, problemas como falta de familiaridade com o análogo são sanados, uma vez que o estudante somente irá estabelecer comparações com algo que já seja familiar a ele (Mozzer e Justi, 2012). Agrega-se a isso o fato de os próprios estudantes declararem preferir as analogias criadas por eles mesmos quando comparadas às analogias criadas por seus professores, alegando que as analogias dos professores nem sempre lhes são inteligíveis (Pittman, 1999).

Isso nos levou a considerar que outra possibilidade para se discutir a analogia com o “pudim de passas” no ensino de Ciências seria o contraste entre as analogias que os estudantes criam e a analogia com o “pudim de passas” em ambientes argumentativos (Ramos *et al.*, 2016). Nesse caso, por meio de uma perspectiva histórica, na qual se discute as evidências que embasaram o modelo atômico de Thomson, os estudantes podem fundamentar suas comparações e avaliar crítica e colaborativamente as analogias que eles criaram e a analogia com o “pudim de passas”, para decidirem qual

delas melhor representa as ideias propostas por Thomson em seu modelo.

Nessa proposta, as informações sobre o modelo atômico de Thomson (por exemplo, a ideia de corpúsculos que circulam em anéis coplanares dentro de uma esfera uniformemente positiva), advindas de pesquisas como as de Lopes e Martins (2009) e de fontes primárias como o trabalho de Thomson (1904a) divulgado na *Philosophical Magazine*, podem ser discutidas com os estudantes de forma a auxiliá-los a reconhecer as limitações da analogia com o “pudim de passas” e de suas próprias comparações.

Como discutido neste trabalho, ainda é comum encontramos em livros didáticos a afirmação de que a analogia com o “pudim de passas” foi criada por Thomson; fato que pode contribuir para que os estudantes tenham receio de analisar criticamente tal comparação, encarando-a como um argumento de autoridade (Jiménez-Aleixandre, 2010). Por isso, uma discussão a respeito do contexto de elaboração dessa analogia (um repórter que buscava, de maneira similar aos estudantes, professores e autores de livros didáticos, compreender as ideias de Thomson) pode favorecer o engajamento dos estudantes na avaliação crítica dessa analogia, porque eles podem se reconhecer na posição de elaboradores da comparação.

Nesse sentido, a proposta de contrastar as ideias de uma comparação elaborada pelos estudantes com as ideias da comparação amplamente difundida no ensino pode ser interessante, inclusive para os estudantes se expressarem e participarem do discurso de sala de aula, pois, como evidenciado no trabalho de Ramos *et al.* (2016), práticas argumentativas são favorecidas na medida em que eles são solicitados a fundamentar seus posicionamentos sobre tais comparações.

Diferentemente de processos como esses, quando as analogias são apresentadas como modelos de ensino, as oportunidades de os estudantes exporem suas próprias ideias, desenvolverem sua criatividade e habilidades argumentativas são menores. Isso porque, durante a apresentação de uma analogia previamente estruturada, o estudante deve se concentrar em compreender as relações (entre o análogo e o alvo) que foram predeterminadas por outra pessoa (Haglund e Jeppsson, 2012).

Conclusão

Ao analisarmos os efeitos da apresentação da analogia com o “pudim de passas” guiada pelo TWA na compreensão dos estudantes sobre o modelo atômico de Thomson evidenciamos que, diferentemente dos resultados de trabalhos como o de Souza *et al.* (2006), grande parte dos estudantes no contexto que investigamos foram capazes de compreender a relação de similaridade de distribuição homogênea de passas/cargas entre o “pudim de passas” e o modelo atômico de Thomson. Desse modo, acreditamos que a completa incompreensão da analogia pode estar associada à forma não orientada com que ela vem sendo apresentada no ensino, e

que as diretrizes do modelo TWA podem ser úteis para guiar a discussão de analogias pelos professores em sala.

Apesar disso, nosso estudo também evidenciou que a familiaridade dos estudantes com o análogo “pudim de passas” não foi favorecida pelo TWA. Portanto, a compreensão daquela relação de similaridade pode ter sido facilitada pela própria iniciativa dos estudantes de buscar análogos realmente familiares a eles, como o panetone.

Como previsto no trabalho de Lopes e Martins (2009), evidenciamos que a analogia com o “pudim de passas” não favorece a compreensão da dinamicidade do átomo. Mas ressaltamos que essa é uma limitação da própria analogia, a qual não foi proposta para representar esse aspecto do alvo. Portanto, ciente dessa limitação, o professor pode discuti-la durante a etapa 5 do TWA (identificar onde a analogia falha), com o objetivo de sanar possíveis incompreensões sobre o modelo de Thomson.

Trabalhos das áreas de Ensino de Ciências e Cognição (Nersessian, 1992; Clement, 2008; Pittman, 1999; Spier-Dance *et al.*, 2005) nos permitem considerar que a criação e crítica de analogias pelos estudantes também podem ser potencialmente úteis no ensino de Ciências, uma vez que esse processo é mais coerente com o papel das analogias na construção da ciência.

Por isso, sugerimos a *criação, crítica e refino* de analogias pelos estudantes como uma possibilidade promissora para se trabalhar as analogias no ensino de Ciências e, em específico, a analogia entre o “pudim de passas” e o modelo atômico de Thomson. Isso porque, para que os estudantes possam criar, criticar e refinar suas próprias analogias, eles necessariamente terão que conhecer as evidências (ou algumas delas) que embasaram o modelo científico proposto. Problemas como a falta de familiaridade com o análogo serão sanados, visto que os estudantes somente irão selecionar análogos familiares a eles (Ramos *et al.*, 2016).

Nessa perspectiva, as evidências sobre o alvo poderão ser

disponibilizadas a partir de textos históricos que descrevem o processo de produção de conhecimento e o contexto no qual este se insere. A partir das analogias criadas, uma discussão buscando contrapor as analogias dos estudantes e a analogia com o “pudim de passas” deve ser realizada, com a intenção de se avaliar criticamente as correspondências de relações de similaridade e as limitações dessas comparações.

Finalmente, acreditamos que este trabalho possa contribuir para que os professores (em formação e em atuação) reflitam sobre o papel das analogias no ensino de Ciências. Além disso, julgamos que pesquisas que proponham trabalhar as analogias no ensino de Ciências a partir de abordagens como a destacada aqui, as quais atribuem um papel ativo e colaborativo aos estudantes, sejam importantes para auxiliar professores e estudantes na criação de analogias sob essa perspectiva.

Notas

¹Tradução de Lopes e Martins (2009).

²Apesar de ser chamada de “pudim de ameixas”, na maioria das vezes essa sobremesa contém passas distribuídas em sua massa (Hon e Goldstein, 2013). Isso justifica nosso uso, neste trabalho, do

termo “pudim de passas” em lugar de “pudim de ameixas”, adicionalmente ao fato de o primeiro termo ser mais popular.

³Embora Glynn (2007) mencione a possibilidade de o TWA guiar a criação de analogias pelos estudantes, o autor ainda não realizou estudos empíricos neste sentido.

Tatiana Costa Ramos (tatianaquimica@outlook.com) é licenciada em Química pela Universidade Federal de Ouro Preto (2014) e mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Educação do Instituto de Ciências Humanas e Sociais da Universidade Federal de Ouro Preto, Mariana, MG – BR. **Nilmara Braga Mozzer** (nilmarab@iceb.ufop.br) é licenciada em Química pela Universidade Federal de Minas Gerais (2004), mestre e doutora em Educação em Ciências pela Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais. Professora do curso de Química Licenciatura e do Programa de Pós-Graduação em Educação do Instituto de Ciências Humanas e Sociais da Universidade Federal de Ouro Preto, Mariana, MG – BR.

Referências

- BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. Trad. L. A. Rego e A. Pinheiro. Lisboa: Edições 70, 2006 (original em francês, 1977).
- CLEMENT, J. *Creative model construction in scientists and students: the role of imagery, analogy and mental simulations*. Dordrecht: Springer, 2008.
- _____. Observed methods for generating analogies in scientific problem solving. *Cognitive Science*, v. 12, p. 563-586, 1988.
- DUIT, R. On the role of analogies and metaphors in learning science. *Science Education*, v. 12, n. 6, p. 649-672, 1991.

DUIT, R. e TREAGUST, D. F. Conceptual change: a powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, v. 25, n. 6, p. 671-688, 2003.

GENTNER, D. The mechanisms of analogical learning. In: VOSNIADOU, S. e ORTONY, A. (Eds.). *Similarity and analogical reasoning*. Cambridge: Cambridge University Press, 1989, p. 199-241.

GILBERT, J. K. Visualization: an emergent field of practice and enquiry in science education. In: GILBERT, J. K.; REINER, M. e NAKHLEH, M. (Eds.). *Visualization: theory and practice in science education*. Dordrecht: Springer, 2008, p. 3-24.

GLYNN, S. M. Conceptual bridges: using analogies to explain

scientific concepts. *The Science Teacher*, v. 62, n. 9, p. 24-27, 1995.

_____. Explaining science concepts: a teaching-with-analogies model. In: GLYNN, S. M.; YEARNY, R. H. e BRITTON, B. K. (Eds.). *The psychology of learning science*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum, 1991, p. 219-240.

_____. The Teaching-with-Analogies Model: build conceptual bridges with mental models. *Science and Children*, v. 44, n. 8, p. 52-55, 2007.

HAGLUND, J. e JEPSSON, F. Using self-generated analogies in teaching of thermodynamics. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 7, n. 49, p. 898-921, 2012.

HON, G. e GOLDSTEIN, B. R. J. J. Thomson's plum-pudding atomic model: the making of a scientific myth. *Annalen der Physik*, v. 525, n. 8-9, p. A129-A133, 2013.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. *10 Ideas Claves: competencias en argumentación y uso de pruebas*. Barcelona: Graó, 2010.

JUSTI, R. Modelos e modelagem no ensino de química: um olhar sobre aspectos essenciais pouco discutidos. In: SANTOS, W. L. P. e MALDANER, O. A. (Orgs.). *Ensino de química em foco*. Ijuí: Unijuí, 2010, p. 209-230.

KOSMINSKY, L. e GIORDAN, M. Visões de ciências e sobre cientistas entre estudantes do Ensino Médio. *Química Nova na Escola*, v. 15, p. 11-18, 2002.

LENT, R. *Cem bilhões de neurônios: conceitos fundamentais de neurociência*. São Paulo: Atheneu, 2005.

LOPES, C. V. M. e MARQUES, D. M. Modelos atômicos de J. J. Thomson e Ernest Rutherford. *História da Ciência: tópicos atuais*. São Paulo: Livraria da Física, 2010, p. 131-158.

LOPES, C. V. M. e MARTINS, R. A. J. J. Thomson e o uso de analogias para explicar os modelos atômicos: o 'pudim de passas' nos livros texto. In: *Anais VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*. Florianópolis, SC, 2009.

MELO, M. R. e NETO, E. G. L. Dificuldades de ensino e aprendizagem dos modelos atômicos em química. *Química Nova na Escola*, v. 35, n. 2, p. 112-122, 2013.

MONTEIRO, I. G. e JUSTI, R. S. Analogias em livros didáticos

de químicos brasileiros destinados ao ensino médio. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 5, n. 2, p. 67-91, 2000.

MOZZER, N. B. e JUSTI, R. Students' pre-and post-teaching analogical reasoning when they draw their analogies. *International Journal of Science Education*, v. 34, n. 3, p. 429-458, 2012.

NERSESSIAN, N. J. How do scientists think? Capturing the dynamics of conceptual change in science. In: GIERE, R. N. (Ed.). *Cognitive Models of Science*. Minneapolis: University of Minnesota Press, 1992, p. 3-44.

PITTMAN, K. M. Student-generated analogies: another way of knowing. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 36, n. 1, p. 1-22, 1999.

RAMOS, T. C.; MENDONÇA, P. C. e MOZZER, N. B. Argumentação na elaboração e crítica de analogias: unidade didática para o ensino dos modelos atômicos. In: *XVIII Encontro Nacional do Ensino de Química*. Florianópolis, SC, 2016.

SOUZA, V. C. A.; JUSTI, R. C. e FERREIRA, P. F. M. Analogias utilizadas no ensino dos modelos atômicos de Thomson e Bohr: uma análise crítica sobre o que os estudantes pensam a partir delas. *Investigação em Ciências*, v. 11, n. 1, p. 7-28, 2006.

SPIER-DANCE, L.; MAYER-SMITH, J.; DANCE, N. e KHAN, S. The role of student-generated analogies in promoting conceptual understanding for undergraduate chemistry students. *Research in Science & Technological Education*, v. 23, n. 2, p. 163-178, 2005.

THOMSON, J. J. On the structure of atom: an investigation of the stability and periods of oscillation of a number of corpuscles arranged at equal intervals around the circumference of a circle; with application of the results to the theory of atomic structure. *Philosophical Magazine*, série 6, v. 7, n. 39, p. 237-265, 1904a.

_____. *Electricity and matter*. New York: Charles Scribner's Sons, 1904b.

TREAGUST, D. F. e HARRISON, A. G. Teaching with analogies: a case study in grade-10 optics. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 30, n. 10, p. 1291-1307, 1993.

USBERCO, J. *Química 1: química geral*. 12ª ed. São Paulo: Saraiva, 2006.

Abstract: *Analysis of the Use of the Analogy with the "Plum Pudding" Guided by TWA in Teaching Thomson's Atomic Model: considerations and recommendations.* In this paper, we analyze the effects of the use of the model Teaching with Analogies (TWA) on students' understanding of the analogy between the "plum pudding" and Thomson's atomic model. Data were collected in a second year of high school Chemistry class at a public school. Video and audio recordings were made from the discussion of class analogy and a questionnaire was applied after this intervention. We use content analysis for categorization of ideas expressed by students in the questionnaire. Results showed that TWA has enhanced the understanding of the relation of similarity in this analogy, but other gaps such as unfamiliarity with the analogous remained. Based on literature and the results of this work, we present considerations for TWA and argue that creation, critique and reformulation of analogies by students may be a promising approach for working with analogies in science education.

Keywords: plum pudding analogy, Thomson's atomic model, TWA, chemistry teaching

Obtenção de Celulose e Produção de Papel Branqueado a partir do Capim Brachiaria (*Brachiaria decumbens*)

André M. Senna, José B. Menezes, Flávia V. S. Batista, Guilherme S. Ribeiro e Melissa O. de Godoy

Este trabalho foi realizado em aulas práticas no curso técnico em química integrado ao ensino médio com o objetivo de evidenciar os processos envolvidos na produção de celulose. O capim brachiaria foi escolhido, pois é muito comum no Brasil, e também para evidenciar que é possível obter celulose de qualquer vegetal. O capim foi picado e seco em estufa com temperatura de 60 °C até obter massa constante e a concentração de celulose foi determinada por análise química. Em seguida, em reator de aço inox, foi realizado o processo de polpação soda. Após a polpação, a polpa foi filtrada para separar as fibras de celulose do licor negro, as fibras que ficaram retidas na peneira foram lavadas com água, neutralizadas com solução de ácido sulfúrico e branqueadas com solução concentrada de hipoclorito de cálcio. O papel foi produzido através do peneiramento das fibras de celulose em suspensão aquosa. Uma fração do licor negro foi desidratado para caracterizar a presença de lignina e hemicelulose.

► papel, celulose, capim brachiaria ◀

Recebido em 01/06/2017, aceito em 01/12/2017

116

A celulose do algodão vem sendo utilizada há milhares de anos em aplicações têxteis, porém, a celulose da madeira foi isolada pela primeira vez somente em 1842 pelo químico francês Anselme Payen. As características hidrofílicas e absorventes da celulose são conhecidas há muito tempo, e com o advento dos absorventes descartáveis nos últimos anos, a demanda por fibras de celulose em aplicações absorvente aumentou dramaticamente (Hon, 1994). A celulose é um homopolímero natural (poli- β (1,4)-D-glucose), não ramificado, fibroso, com configuração sindiotática e insolúvel em água. Esse é o material natural mais abundante no reino vegetal e o principal componente da madeira e das fibras vegetais. Ele é composto de unidades de (β) D-glucopirranose, unidas através de ligações glicosídicas entre os carbonos 1 e 4 (Lehninger *et al.*, 1995). A Figura 1 mostra a estrutura química da celulose.

O Brasil é o quarto maior produtor de celulose do mundo. Em 2016 o Brasil produziu 17,1 milhões de toneladas

de celulose e 9,5 milhões de toneladas de papel. A celulose produzida no Brasil é derivada de florestas plantadas de eucaliptos e pinus (IBÁ, 2016).

As células vegetais são muito parecidas com as células animais, a principal diferença é que na célula vegetal existe uma parede celular formada por lignina, celulose e hemicelulose. As quantidades de celulose nas paredes celulares variam de acordo com a espécie vegetal. Atualmente, quase toda a celulose produzida no mundo é derivada de árvores coníferas ou folhosas. Biermann (1996) relata que, em média, a madeira das árvores coníferas tem 45 a 50% (m/m) de celulose, 25-35% de lignina e 20 a 25% de hemicelulose, enquanto as árvores folhosas têm em média 40 a 50% de celulose, 18-25% de lignina e 2 a 5% de hemicelulose. Tanto as coníferas quanto as folhosas apresentam elevadas concentrações de celulose. Na literatura científica, os valores de concentração de celulose, lignina e hemicelulose encontrados na *brachiaria decumbens* são próximos dos valores encontrados nas coníferas e folhosas. Gobbi *et al.* (2005) encontrou os seguintes valores: 38,4% de celulose, 10,2% de lignina e 38,0% de hemicelulose. Se desconsiderar o fator econômico, quimicamente o capim brachiaria é viável para produzir celulose, pois tem elevadas concentrações de

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.

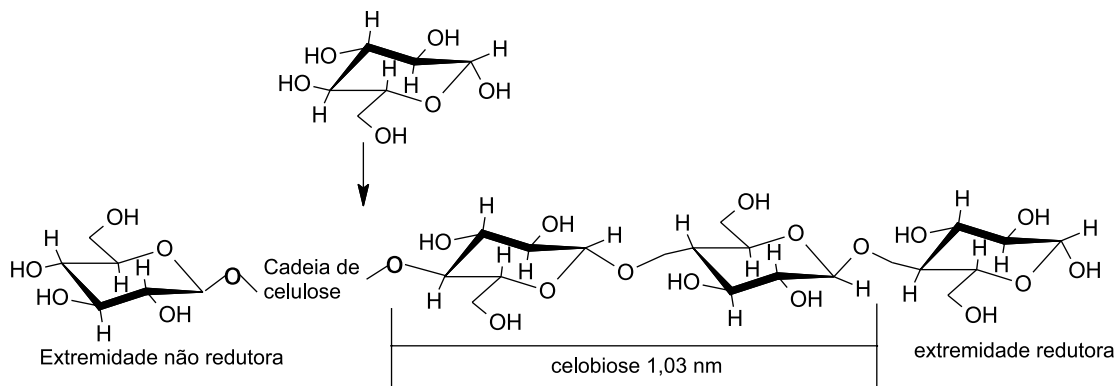


Figura 1: Estrutura química da celulose (Klemm *et al.*, 1998; Morgado, 2009).

celulose e o processo de polpação é facilitado devido ao fato de possuir maior área de superfície em relação à madeira.

Neste trabalho é possível verificar que a produção de papel e celulose a partir do capim brachiaria é viável como instrumento didático para evidenciar na prática as relações entre a indústria de papel e celulose e o meio ambiente. Essa prática de laboratório em cursos técnicos de nível médio na área de química e em áreas correlatas pode ajudar o aluno a ter uma visão real sobre a importância da indústria de papel e celulose no Brasil.

O principal objetivo deste trabalho é mostrar que, através de reagentes baratos e de fácil obtenção, equipamentos simples e com um vegetal abundante nos pastos e terrenos baldios, pode-se produzir celulose, desmistificar o processo de produção da indústria de papel e celulose e evidenciar a química e a fisiologia do reino vegetal. O objetivo pedagógico é mostrar aos alunos que é possível produzir papel com qualquer vegetal, e também evidenciar e discutir a fisiologia vegetal através dos resíduos formados no processo de polpação do capim.

Materiais

Materiais

O hidróxido de sódio (P.A.) (NaOH) com pureza mínima de 96,0% (m/m) e o hipoclorito de cálcio ($\text{Ca}(\text{ClO})_2$) com pureza mínima de 98,0% foram obtidos comercialmente. O capim brachiaria foi coletado em um terreno urbano na cidade de Cerquilha-SP. As peneiras retangulares foram produzidas com tela de polietileno com malha de 1 mm e moldura de madeira com diâmetros de 30 × 21 cm.

Preparação do capim brachiaria

O capim brachiaria foi transferido para um moinho de facas e moído. Em seguida foi colocado em estufa a 60 °C até obter massa constante. Após a moagem foi armazenado em dessecador de sílica.

Determinação de celulose no capim brachiaria

O teor de α -celulose é a porção de celulose de maior grau de polimerização e, portanto, de maior massa molecular. Esta celulose é caracterizada por ser insolúvel em uma solução aquosa de NaOH 17,5% (m/m), portanto, equivale ao teor de celulose pura de um material. O teor de α -celulose foi determinado através da norma TAPPI T222 om-88 (TAPPI, 1999).

Polpação do capim brachiaria

Em um mini reator de aço inox com capacidade para 3 litros foram adicionados 110,000 gramas de capim Brachiaria seco e 500 mL de solução de NaOH 2 M. Em seguida, foi realizado o cozimento do capim com temperatura de aproximadamente 120 °C e 5 atm de pressão durante 75 minutos.

Branqueamento da polpa de celulose

Após o resfriamento do reator, a mistura de licor negro e celulose foi filtrada em peneira com malha de 1 mm. As fibras de celulose que ficaram retidas no filtro foram lavadas com água corrente e o pH foi neutralizado com solução de H_2SO_4 1 M até o pH chegar a aproximadamente 7,0. Em seguida foi adicionado solução de $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ 20% (m/v) até o branqueamento total das fibras. As fibras foram lavadas com água para retirar o excesso

de hipoclorito de cálcio e secas em estufa a 80 °C até obter massa constante.

Produção de papel branqueado

Em uma bandeja de polietileno com tamanho suficiente para caber a peneira retangular (30 × 21 cm) foram adicionados 4 litros de água e aproximadamente 30 gramas de celulose branqueada. O sistema foi homogeneizado até obter uma suspensão com boa distribuição de fibras de celulose. A suspensão de celulose foi peneirada com a peneira

O principal objetivo deste trabalho é mostrar que, através de reagentes baratos e de fácil obtenção, equipamentos simples e com um vegetal abundante nos pastos e terrenos baldios, pode-se produzir celulose, desmistificar o processo de produção da indústria de papel e celulose e evidenciar a química e a fisiologia do reino vegetal. O objetivo pedagógico é mostrar aos alunos que é possível produzir papel com qualquer vegetal, e também evidenciar e discutir a fisiologia vegetal através dos resíduos formados no processo de polpação do capim.

retangular sucessivamente até as fibras cobrirem toda a malha da peneira de maneira uniforme. Em seguida, a peneira foi levada em estufa com temperatura de 80 °C durante 24 horas. O rendimento da produção de celulose foi calculado pela seguinte equação:

$$R = \left(\frac{\%R}{\%T} \right) \times 100 \quad (1)$$

onde %R é o rendimento real e %T é o percentual de α -celulose.

Resultados e Discussão

Determinação de celulose no capim brachiaria

Os resultados obtidos nas análises de determinação de α -celulose corroboram a literatura científica (Gobbi *et al.*, 2005). O resultado que nós obtivemos foi $37,4 \pm 0,5\%$ de celulose. O rendimento da produção de celulose foi bom, pois com 110,000 gramas de capim brachiaria foram extraídos 32,021 gramas de celulose, o que equivale a 29,11% (m/m). Desta forma, aplicando-se a eq. 1, chegamos ao valor de 77,83% de rendimento no processo.

118

Branqueamento da polpa de celulose e produção do papel

Nas indústrias de papel e celulose existem vários processos de branqueamento da polpa de celulose. A ozonólise é um dos processos, e consiste no uso de ozônio (O_3) em meio ácido. A ozonólise modifica a estrutura química da lignina, conseqüentemente, a mesma deixa de apresentar a cor marrom escuro (Bajpai, 2012). Porém, o branqueamento

também pode ser realizado com hipoclorito de cálcio. A Figura 2 mostra a celulose antes e após o branqueamento químico com $Ca(ClO_2)_2$.



Figura 2: Celulose antes e depois do branqueamento químico.

De acordo com Biermann (1996), o branqueamento químico ocorre devido à oxidação da lignina residual; na reação de oxidação, os produtos formados não absorvem radiação na região do visível.

Após a filtração da celulose, uma fração do licor negro foi seco em estufa e os sólidos foram observados em microscópio de luz (Figura 3). Foi observada uma mistura de um pó marrom (formado por lignina, hemiceluloses, entre outros compostos) e muitos cristais. Um pequeno cristal foi retirado, colocado em tubo de ensaio e dissolvido em 1 mL de água destilada, em seguida foi tratado com reagente de Molish. O teste foi positivo para carboidratos. Desta forma, concluímos que eram cristais de hemicelulose do capim

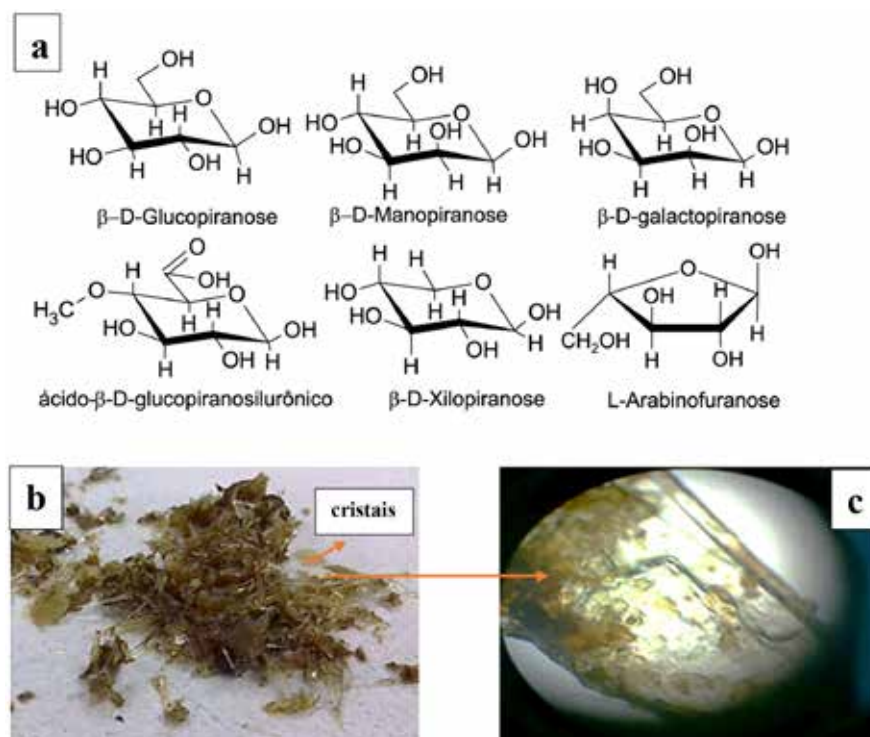


Figura 3: (a) Estruturas químicas dos principais carboidratos presentes na hemicelulose; (b) cristais de hemicelulose misturados com lignina; (c) imagem de microscopia de luz de um cristal de hemicelulose encontrado no licor negro desidratado.

brachiaria. Biermann (1996) relata que a hemicelulose é constituída majoritariamente por seis carboidratos. A Figura 3 mostra a estrutura química desses carboidratos.

O método adotado na produção das folhas de papel foi bem-sucedido: foi possível produzir papel com distribuição homogênea de fibras e um papel de boa qualidade. A Figura 4 mostra a peneira retangular e a folha de papel produzida com capim brachiaria.



Figura 4: Peneira retangular usada na produção do papel e a folha de papel produzida com capim brachiaria.

Para avaliar a distribuição das fibras foi realizado uma gramatura, no qual pedaços de $2,5 \times 2,5$ cm foram cortados em diversos lugares da folha de papel e pesados em balança analítica. A gramatura foi calculada pela equação 2:

$$G = \frac{mp}{A} \quad (2)$$

onde “mp” é a massa do papel em gramas e “A” a área da amostra em m^2 . A gramatura foi realizada com três amostras e o resultado obtido foi $52,840 \pm 2,104$ g/ m^2 . Como o desvio padrão foi baixo, significa que a distribuição das fibras na folha de papel foi boa.

Considerações pedagógicas

Esta prática de laboratório abrange e estimula competências multidisciplinares, pois envolve biologia, química e matemática. A biologia é envolvida quando relatamos sobre a estrutura das células vegetais e sua composição química. A química obviamente é a ciência mais representativa nesta prática, pois desde a determinação da concentração de α -celulose até a produção do papel são usados princípios de química básica. A matemática está inserida nos cálculos de rendimentos e no desvio padrão da distribuição das fibras de celulose no papel (gramatura).

Conclusões

Este experimento pode ser um instrumento para evidenciar a importância da indústria de papel e celulose em aulas de ciências do ensino médio, cursos técnicos em química,

papel e celulose, cursos de graduação da área de química, etc. O experimento pode ajudar o professor a discutir a estrutura dos vegetais através de análises dos resíduos da polpação (licor negro). A prática evidencia a importância da química no nosso cotidiano, pois, para produzir um simples papel, são necessárias muitas etapas e aplicações de alguns princípios básicos da química.

Considerações Finais

Essa prática pode ser realizada mesmo em escolas que não possuem laboratórios equipados. O mini reator de aço inox pode ser substituído por uma panela de pressão de inox (não realizar a polpação em panela de alumínio, pois o NaOH a quente oxida o alumínio rapidamente). Caso não possua $Ca(ClO)_2$ P.A., é possível substituir por hipoclorito de cálcio vendido em lojas de produtos para piscinas. O NaOH (soda cáustica) pode ser encontrado em supermercados. A peneira para produzir o papel pode ser produzida com tela usada em janelas para proteção de insetos.

Nota

Os autores são professores e alunos da Escola Técnica Estadual (Etec) Sales Gomes, 18270-020, Tatuí, São Paulo-Brasil.

André Martins Senna (decaosenna@hotmail.com) possui graduação em Química (licenciatura e bacharelado), mestre em Ciência dos Materiais pela Universidade Federal de São Carlos (UFScar), e é doutor em Engenharia de Materiais pela Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP). Atualmente é professor de Química no Centro Paula Souza na ETEC Sales Gomes em Tatuí, SP. Tatuí, SP – BR. **José Benedito Menezes** (jose.menezes1@etec.sp.gov.br) possui graduação em Química e Física (licenciatura) pela Universidade Metodista de Piracicaba (UNIMEP). Atualmente é professor de Química no Centro Paula Souza e professor de Química e Física no colégio Anglo em Tatuí, SP. Tatuí, SP – BR. **Flávia V. S. Batista** (flaviavaleria@outlook.com) é aluna do curso técnico em Química na ETEC Sales Gomes em Tatuí, SP. Tatuí, SP – BR. **Guilherme S. Ribeiro** (guilhermesr.gr@gmail.com) é aluno do curso técnico em Química na ETEC Sales Gomes em Tatuí, SP. Tatuí, SP – BR. **Melissa Oliveira de Godoy** (godoy.melissa5@gmail.com) é aluna do curso técnico em Química na ETEC Sales Gomes em Tatuí, SP. Tatuí, SP – BR.

Referências

- BIERMANN, C. J. *Handbook of pulping and papermaking*. Amsterdã: Elsevier Science & Technology Books, 1996.
- BAJPAI, P. *Environmentally benign approaches for pulp bleaching*. Amsterdã: Elsevier B.V., 2012.
- GOBBI, K. F.; GARCIA, R.; GARCEZ, A. F. N.; PEREIRA, O. P.; BERNARDINO, F. S. e ROCHA, F. C. Composição química e digestibilidade *in vitro* do feno de *Brachiaria decumbens* Stapf. tratado com uréia. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 34, n. 3, p. 720-725, 2005.
- HON, D. N. S. Cellulose: a random walk along its historical path. *Cellulose*, n. 1, p. 1-25, 1994.

IBÁ - Indústria Brasileira de Árvores. *Ibá divulga resultado da indústria florestal*, 2016. Disponível em <http://iba.org/pt/9-conteudo-pt/763-iba-divulga-resultado-da-industria-florestal>, acessada em Abril 2018.

KLEMM, D.; HEUBLEIN, B.; FINK, H. P. e BOHN A. Cellulose: fascinating biopolymer and sustainable raw material. *Angewandte Chemie International Edition*, v. 44, n. 22, p. 3358-3393, 2005.

LEHNINGER, A. L.; NELSON, D. L. e COX, M. *Princípios de bioquímica*. São Paulo: Sarvier, 1995.

MORGADO, D. L. *Biocompósitos a partir de linter: filmes de acetato de celulose/celulose e quitosana/celulose*. Tese (Doutorado em Ciências (Físico-Química)). IQSC/USP, São Carlos, 2009.

TAPPI. *TAPPI TEST METHOD T222 om-88: acid insoluble lignin in wood and pulp*. Atlanta: Tappi Press, 1999.

Abstract: *Pulp Production and Bleached Paper Derived from Brachiaria Grass (Brachiaria decumbens)*. This work was carried out in practical classes in the technical course in chemistry integrated high school in order to highlight the processes involved in pulp production. Brachiaria grass was chosen because it is very common in Brazil, and also to show that it is possible to obtain cellulose from any vegetable. The grass was chopped and oven dried at 60 ° C until constant weight, then the cellulose concentration was determined by chemical analysis. In a stainless steel reactor, the soda pulping process was carried out. After pulping, the pulp was filtered to separate the cellulose fibers from the black liquor, the fibers retained on the sieve were washed with water, neutralized with a sulfuric acid solution and bleached with a concentrated solution of calcium hypochlorite. The paper has been produced by sieving and drying of the cellulose fibers which were in aqueous suspension. A fraction of the black liquor was dehydrated to characterize the presence of lignin and hemicellulose.

Keywords: paper, cellulose, brachiaria grass

Revisitando o Experimento de Viscosidade Intrínseca de Shoemaker e Garland: Uma Abordagem Ambiental

João de Araújo Jr. e Sidnei S. Santos Jr.

Um experimento clássico em Físico-Química é a determinação da massa molar média do poli(álcool vinílico) (PVOH), a partir de dados de fluidez de soluções aquosas medidas em um viscosímetro de Ostwald. Duas soluções de mesma concentração são utilizadas, sendo que uma delas contém periodato de potássio (KIO_4) para evidenciar a perda de massa ocasionada pela ação deste oxidante. Neste artigo, trabalhamos com os alunos o conceito da vermicompostagem (compostagem com minhocas) como acelerador da degradação de polímeros biodegradáveis ao invés do uso do KIO_4 – uma solução adequada para a destinação de resíduos sólidos urbanos (RSUs) nas grandes cidades. Dessa forma, a perda de massa foi gerada pela vermicompostagem parcial da amostra de PVOH. Os alunos, além de conhecerem a técnica de determinação da massa molar média viscosimétrica, puderam desenvolver um minhocário e constatar a grande eficiência da perda de massa do polímero pela ação da vermicompostagem, aprendendo sobre a importância da correta destinação dos RSUs.

► vermicompostagem, polímeros biodegradáveis, viscosimetria ◀

Recebido em 07/05/2017, aceito em 01/03/2018

Um dos maiores desafios no gerenciamento de resíduos sólidos urbanos (RSUs) é logístico: com o aumento do preço do metro quadrado nas grandes cidades, o gasto com o transporte dos resíduos para aterros sanitários localizados em cidades vizinhas é crescente (Santos Junior *et al.*, 2016). Na cidade de São Paulo, por exemplo, menos da metade das 12 mil toneladas de lixo diárias são processadas em solo paulistano (dados de 2014), e o restante é destinado a municípios vizinhos como Caieiras (Milanez *et al.*, 2012). A tendência é o aumento na geração de RSUs com a mudança no estilo de vida da população que, com o aumento do custo de vida, e principalmente com a violência crescente, passa a ficar cada vez mais tempo em suas casas consumindo produtos industrializados com uma frequência maior e, consequentemente, gerando mais resíduos sólidos (Araújo Junior, 2014).

Uma das principais constatações da Rio Mais 20 acerca deste assunto foi que a solução seria processar ao menos parte destes resíduos dentro dos próprios lares através da compostagem. Esta técnica consiste em um processo de valorização dos resíduos sólidos que consiste na decomposição controlada, exotérmica e bio-oxidativa de materiais

de origem orgânica por microrganismos, num ambiente úmido, aquecido e aeróbico, com produção de dióxido de carbono, água, minerais e matéria orgânica estabilizada, definida como composto. O composto que se obtém no fim do processo pode ser utilizado como adubo, uma vez que melhora substancialmente a estrutura do solo (Barreira *et al.*, 2006). No entanto, há limitações ao uso da compostagem em ambientes residenciais urbanos: o espaço reduzido, o controle das altas temperaturas geradas durante o processo e o próprio tempo de processamento. A vermicompostagem – técnica de compostagem onde a degradação é acelerada pela presença de minhocas – resolve estes três problemas, haja vista que pode ser feita em minhocários do tamanho de uma caixa plástica de escritório, em temperatura ambiente, e a uma velocidade muito maior que a compostagem tradicional (Araújo *et al.*, 2014; Araújo *et al.*, 2016). Neste trabalho, visando despertar uma maior consciência ambiental nos alunos e transformá-los em formadores de opinião na Sociedade Civil, adaptamos um experimento de Físico-Química largamente utilizado em cursos de Graduação em Química e Engenharia Química, onde é feita a determinação da massa molar média do poli(álcool vinílico) (PVOH) por

medições de viscosimetria antes e depois de um processo degradativo (Shoemaker *et al.*, 2009). Substituímos a degradação por ação de um agente oxidante (periodato de potássio, KIO_4) pela biodegradação causada por vermicompostagem, enterrando as amostras de PVOH juntamente com outros resíduos orgânicos gerados na cantina da faculdade em uma composteira contendo minhocas.

Embora o método mais aceito e difundido na atualidade para determinação da massa molar média de polímeros seja a cromatografia de permeação em gel (gel permeation chromatography – GPC), esta técnica envolve equipamentos cuja aquisição se torna inviável economicamente para um laboratório de experimentos de Físico-Química. Dessa forma, costuma-se trabalhar com dados de viscosimetria, utilizando um viscosímetro de Ostwald (Figura 1), e medindo a vazão do menisco “A” ao “B” de soluções do polímero.

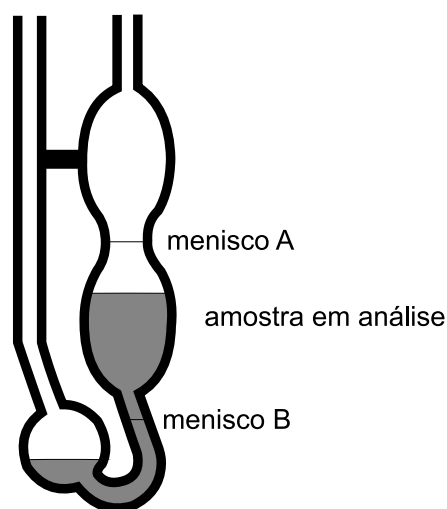


Figura 1: Representação esquemática de um viscosímetro de Ostwald.

A partir destes dados, obtém-se a viscosidade intrínseca $[\eta]$ do polímero em análise. Leutner e Flory (1948) chegaram a uma equação que permite facilmente correlacionar a viscosidade intrínseca com a massa molar do PVOH em solução aquosa a 25 °C:

$$[\eta] = 2,0 \times 10^{-4} \times \bar{M}_v^a \quad (1)$$

onde $a = 0.76$, e $\bar{M}_v$ está em unidades de g mol^{-1} .

O experimento realizado neste trabalho foi conduzido com alunos do terceiro ano do curso de Engenharia Química – disciplina “Tecnologia dos Polímeros” da Faculdade Anhanguera de Sorocaba, visando aprofundar os conhecimentos acerca do conceito de viscosidade de fluidos e sua aplicação na Físico-Química de polímeros para a determinação de massas molares médias.

Etapa Experimental

O desenvolvimento do minhocário foi feito conforme já relatado por este grupo de pesquisa (Araújo *et al.*, 2016).

Foram coletados, em um restaurante em Sorocaba, dois baldes vazios de margarina, cuja destinação final seria o descarte em aterros sanitários. Os baldes, com 0,31 m de altura e 0,14 cm de raio foram empilhados e receberam furos laterais, para melhorar a aeração; a tampa do balde inferior, bem como o fundo do balde superior, também foram vazados de modo a permitir a intercomunicação. No balde inferior, foi instalada uma pequena mangueira coletora de chorume, produto líquido do processo de decomposição dos resíduos que constitui um excelente biofertilizante. Estes detalhes podem ser melhor visualizados na renderização feita em AutoCAD, na Figura 2.



Figura 2: Minhocário construído com baldes de margarina.

No balde superior foi adicionado uma camada fina de terra agrícola (também conhecida como solo simulado, ou “cama das minhocas”), seguida de uma camada de resíduos orgânicos a serem processados, adição das minhocas 60 unidades, o suficiente para chegar a uma densidade de 1000 minhocas por metro quadrado (Araújo Junior, 2014), e uma nova camada de terra agrícola – ver perfil na Figura 3. Os resíduos orgânicos, obtidos no restaurante da faculdade, eram cascas de frutas (não ácidas), vegetais sem tempero, cascas de ovos e borra de café. Os resíduos foram adicionados por 5 semanas pois este é um período suficiente para climatização das minhocas no minhocário (Araújo Junior, 2014) até início dos testes de degradação das amostras de poli(álcool vinílico). No período, estima-se que a população de minhocas triplicou.

Preparação das amostras de poli(álcool vinílico)

As amostras de PVOH foram gentilmente cedidas pela Dermet Agekem. Trata-se de um polímero que hoje é utilizado em algumas embalagens biodegradáveis (Solublon, 2017), e sua utilização no ambiente do laboratório permitiu

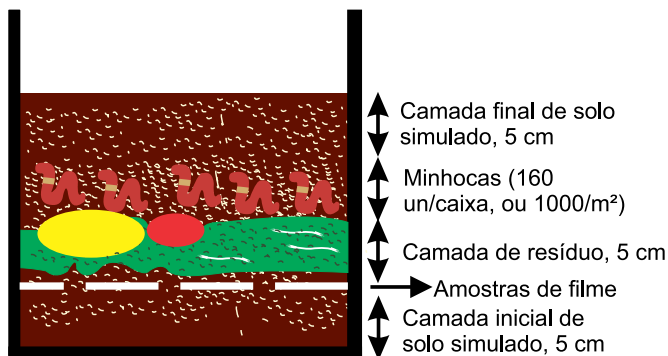


Figura 3: Perfil das várias camadas de material dispostas no minhocário.

a utilização da água como solvente, reduzindo o risco para os alunos na manipulação das soluções. Com uma folha de politetrafluoretileno (teflon) revestiu-se uma chapa de aquecimento que, ajustada a 70 °C, recebeu a aplicação de uma camada de uma solução de 20 g L⁻¹ de PVOH. Usando duas régua como moldes, e com o auxílio de um bastão de vidro, espalhou-se a solução de PVOH visando a formação de um filme após evaporação.

Após a primeira camada secar, repetiu-se a aplicação mais cinco vezes, sobrepondo a camada anterior, fazendo com que o material tomasse um aspecto resistente ao manuseio após seco.

Após a secagem da última aplicação, desligou-se a chapa térmica e aguardou-se resfriar. Após resfriamento, separou-se o filme de PVOH do revestimento de teflon e, usando uma tesoura dividiu-se o filme em partes de tamanho uniforme.

Acondicionamento das amostras de poli(álcool vinílico) no minhocário

Após preparadas as amostras, dividiu-se o minhocário em quadrantes, em seguida depositou-se uma amostra em cada quadrante e uma amostra no centro. Em seguida as mesmas foram cobertas com uma camada de composto de, pelo menos, cinco centímetros de altura. As amostras foram retiradas após 3 horas, cada amostra teve a terra em excesso removida com o auxílio de uma pinça metálica antes do preparo da solução 1 (20 g L⁻¹).

Metodologia do experimento de viscosimetria e tratamento dos dados

O procedimento seguido foi aquele descrito na literatura (Shoemaker *et al.*, 2009) com pequenas modificações, conforme descrito abaixo. Este mesmo procedimento foi utilizado para as amostras de filmes de PVOH preparadas na chapa de aquecimento, antes e depois dos ensaios de vermicompostagem.

1. Usando um béquer de 50 mL, pipetas volumétricas de 25 e 2 mL, chapa magnética e peixinho, preparou-se uma solução de 20 g L⁻¹ de PVOH, deixando o sistema em agitação por 24 horas.
2. Um banho em cuba de vidro foi climatizado a 25 °C.

3. Um balão de 100 mL foi preenchido com água destilada.
4. A solução preparada no item 1 foi filtrada e guardada em proveta de vidro de 50 mL. Esta é a solução 1 (20 g L⁻¹).
5. 25 mL da solução 1 foram pipetados em uma proveta de 50 mL, e pipetou-se 25 mL de água destilada. Esta é a solução 2 (10 g L⁻¹).
6. O procedimento do item 5 foi repetido para preparação das soluções 3, 4, 5 e 6 (5,0; 2,5; 1,3 e 0,7 g L⁻¹, respectivamente). Sempre que houve a formação de espuma após a adição dos volumes, esta foi retirada com um bastão de vidro umedecido com álcool.
7. As 6 provetas de 50 mL e o balão de 100 mL com água destilada foram climatizados no banho termostático a 25 °C.
8. Após 20 min, as medições (5 para cada amostra) foram realizadas, começando com a água destilada. As medições foram feitas fora do banho, em um tripé com suporte universal adequado para o viscosímetro, tomando o cuidado de realizá-las em até 3 min (após este período, o viscosímetro foi recondicionado no banho por no mínimo 10 min).
 - a. O viscosímetro de Ostwald, foi preenchido pela extremidade de maior diâmetro, até o menisco de nível “B” (vide Figura 1).
 - b. Usando uma pêra, o líquido foi succionado de maneira tal que o nível da solução estivesse cerca de 2 cm acima do menisco “A”.
 - c. Retirando a pêra, rapidamente a parte superior do viscosímetro foi coberta com o dedo.
 - d. Usando um cronômetro, mediu-se o tempo necessário para o líquido escoar do nível “A” para o “B”.
 - e. Repetiu-se o procedimento, indo da solução menos concentrada para a mais concentrada.
 - f. Logo após as medições, o viscosímetro e demais vidrarias foram lavadas com água e sabão, e depois com água destilada, evitando-se (por segurança e praticidade) a utilização de KOH alcohólico ou soluções de ácido nítrico e sulfúrico.
9. Tratamento dos dados
 - a. Dado que a viscosidade da água a 25 °C é de $8,909 \times 10^{-3} \text{ g cm}^{-1} \text{ s}^{-1}$, e a densidade de $0,99708 \text{ g cm}^{-3}$, os dados de tempo de escoamento da água destilada foram usados para calcular a constante B do equipamento, com a equação 2. Sabendo “B”, a densidade “ ρ ” da solução (que foi considerada como igual à da água, seguindo o procedimento descrito em Shoemaker *et al.*, 2009) e o tempo de escoamento “ t ”, a viscosidade η de cada solução foi calculada, usando a equação 2.

$$\eta = \rho B t \quad (2)$$

10. Calculou-se a concentração c de cada solução (em g por 100 mL).
11. A viscosidade específica η_{esp} , foi calculada, usando a equação 3:

$$\eta_{esp} = \left(\frac{\eta}{\eta_0} - 1 \right) \quad (3)$$

Onde η_0 é a viscosidade da água.

12. Os valores de η_{esp} e c foram tabulados em Excel e foi feito o gráfico de $\eta_{esp} \cdot c^{-1} \times c$. Um gráfico típico é mostrado na Figura 4.

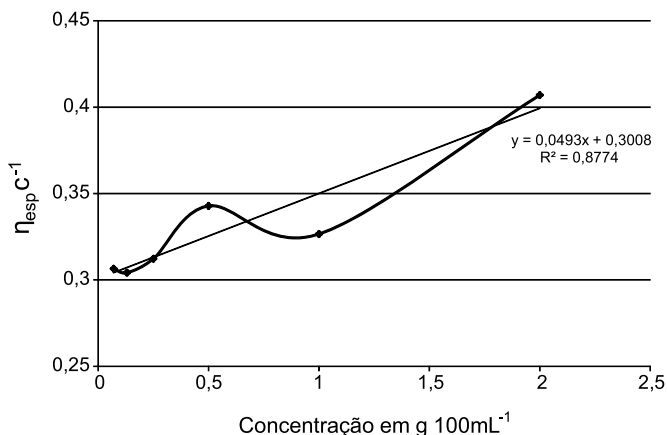


Figura 4: Gráfico típico de $\eta_{esp} / c \times c$, a partir do qual é obtida a viscosidade intrínseca do polímero em solução.

13. Este gráfico corresponde a uma reta (equação geral: $y = ax + b$). Matematicamente, o coeficiente linear (“b”) dessa reta é a viscosidade intrínseca $[\eta]$ do material, ou seja, a viscosidade quando sua concentração em solução tende a zero. A massa molar média viscosimétrica ($\bar{M}_v$) foi então obtida pela equação 1.

Resultados e Discussão

Na Tabela 1, encontram-se os resultados de $[\eta]$ e $\bar{M}_v$. Fica evidenciado que a massa molar do PVOH, após apenas algumas horas de vermicompostagem, diminui significativamente. Foi pesquisada a degradação do PVOH em experimentos seguindo a metodologia original (usando o periodato de potássio como agente oxidante), e constatou-se que uma perda de massa comparável é obtida (Gonzalez e Jiou, 2016).

Vale destacar que esta importante redução da massa molar não está associada a alguma ação mecânica promovida pelas minhocas. Na verdade, o intestino das minhocas é um verdadeiro biorreator, onde o bolo alimentar é digerido por proteases, lipases, amilases, celulasas e quitinases. Também são ingeridas bactérias, actinomicetos e fungos, que se proliferam em seu intestino e são excretadas junto com o vermicomposto (Sinha, 2010) – são estes microorganismos que aceleram a degradação do PVOH.

Os valores de viscosidade intrínseca permitiram uma discussão muito interessante com os alunos sobre tamanho da cadeia polimérica antes e depois da vermicompostagem, sabendo que a viscosidade intrínseca está intimamente associada com o volume hidrodinâmico das moléculas, ou seja, o volume ocupado com cada molécula em solução. A diminuição expressiva de $[\eta]$ evidencia, portanto, a redução

Tabela 1: Resultados obtidos de viscosidade intrínseca e massa molar viscosimétrica média após a degradação

Parâmetro	Resultado	
	Antes	Depois
$[\eta]$	1,0994 dL g ⁻¹	0,3008 dL g ⁻¹
$\bar{M}_v$	83.409 g mol ⁻¹	15.156 g mol ⁻¹

do tamanho da cadeia polimérica, e, portanto, da massa molar média.

Conclusões

A degradação parcial do poli(álcool vinílico) através da vermicompostagem se mostrou bastante próxima à degradação preconizada no experimento original, utilizando o periodato de potássio – o que corrobora a viabilidade da adaptação proposta neste artigo.

O experimento teve êxito na abordagem teórica da viscosidade de fluidos e sua correlação com a massa molar média da solução de polímero em análise, haja vista que os alunos chegaram a um alto valor de coeficiente de correlação (R^2) no gráfico de viscosidade intrínseca e concentração das soluções.

O experimento, que tipicamente tem duração de três horas, acabou se transformando em um projeto de Físico-Química associada à Química Ambiental de um bimestre para os alunos, tendo bastante sucesso nesta nova frente de trabalho: eles dedicaram tempo para o estudo do cenário atual da gestão dos resíduos sólidos urbanos, obtenção das minhocas, construção e estabilização do minhocário, preparação das amostras de PVOH, acondicionamento das mesmas junto com outros resíduos orgânicos (obtidos no restaurante da Faculdade), para só então realizar o procedimento experimental como descrito na literatura (Shoemaker *et al.*, 2009).

João de Araújo Junior (joaoaraujo1976@hotmail.com) é mestre em Físico-Química e doutor em Engenharia de Materiais pela Universidade de São Paulo, professor titular nas Faculdades Oswaldo Cruz em São Paulo, São Paulo, SP – BR. **Sidnei Silva Santos Junior** (sidnei_junior@aedu.com) é graduando em Engenharia Química pela Faculdade Anhanguera de Educação, Ciências e Tecnologia de Sorocaba, Sorocaba, SP – BR.

Referências

- ARAÚJO JUNIOR, J. Estudo da degradação parcial de filmes de blendas de poli(terefalato de butileno-co-adipato de butileno) e poli(ácido láctico) no processo de compostagem doméstica. Tese (Doutorado em Engenharia Metalúrgica e de Materiais). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, p. 20, 2014.
- ARAÚJO JUNIOR, J.; MAGALHÃES, D.; DE OLIVEIRA, N. A.; WIEBECK, H. e MATOS, J. R. Thermal degradation and kinetic parameters of polyester and poly(lactic acid) blends used in shopping bags in Brazil. *J. Polym. Environ.*, v. 22, p. 52-57, 2014.

ARAÚJO JUNIOR, J.; SANTOS JUNIOR, S. S.; SANTOS, L. C.; LIMA, J. G. A.; BENEVIDES, R. M. L. e MELATI, K. R. M. Vermicompostagem de baixo custo – uma alternativa para a redução dos resíduos sólidos nos assentamentos humanos. *Assentamentos Humanos*, v. 1, n. 1, 2016.

BARREIRA, L. P.; PHILIPPI JUNIOR, A. e RODRIGUES, M. S. Usinas de compostagem do estado de São Paulo: qualidade dos compostos e processos de produção. *Eng. Sanit. Ambient.*, v. 11, n. 4, p. 385-393, 2006.

FLORY, P. J. e LEUTNER, F. S. Occurrence of head-to-head arrangements of structural units in polyvinyl alcohol. *Polymer Chemistry*, v. 3, n. 6, p. 880-890, 1948.

GONZALEZ, D. e JIOU, J. *Determination of chain linkage in polyvinyl alcohol*. Technical Report. Disponível em <https://pt.scribd.com/document/312641074/PVOH-Chain-Linkage>, acessado em Abril 2018.

MILANEZ, B. e MASSUKADO, L. M. *Diagnóstico dos resíduos sólidos urbanos*. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA: Brasília, 2012.

SANTOS JUNIOR, S. S.; SANTOS, L. C.; LIMA, J. G. A.; BENEVIDES, R. M. L. e MELATI, K. R. M. *Vermicompostagem*

de baixo custo - uma alternativa para resíduos orgânicos e polímeros biodegradáveis. Disponível em <http://www.uniara.com.br/arquivos/file/cic/publicacoes/anais/2016-anais-XI-congresso-iniciacao-cientifica.pdf>, acessado em Abril 2018.

SINHA, R. K.; AGARWAL, S.; CHAUHAN, K.; CHANDRAN, V. e SONI, B. K. Vermiculture technology: reviving the dreams of Sir Charles Darwin for scientific use of earthworms in sustainable development programs. *Technology and Investment*, v. 1, p. 155-172, 2010.

SHOEMAKER D. P.; GARLAND C. W. e NIBLER, J. W. *Experiments in physical chemistry*. 8th ed. Toronto: McGraw-Hill Publishing Company, 2009.

SOLUBLON. Disponível em http://www.solublon.com/water_soluble_packaging.htm, acessado em Abril 2018.

ZANON, L. G; *Filmes biodegradáveis de zeína e poli (álcool vinílico) utilizando ácido cítrico como compatibilizante*. Trabalho de Conclusão de Curso. Departamento Acadêmico de Engenharia de Materiais, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, p. 5, 2016. Disponível em http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/6201/1/LD_COEMA_2016_1_05.pdf, acessado em Abril 2018.

Abstract: *Revisiting the Intrinsic Viscosity Experiment from Shoemaker and Garland: An Environmental Approach.* A classical experiment in Physical Chemistry is Garland and Shoemaker's determination of viscosity-average molar mass of polyvinyl alcohol (PVOH), measuring the time of flow of aqueous solutions using an Ostwald Viscosimeter. Two solutions of same concentration are provided, having potassium periodate (KIO_4) in one of them to highlight the molar mass reduction by the action of this oxidant. In this article, we worked with the students in the concept of Vermicomposting (composting with worms) as a way to accelerate the degradation of biodegradable polymers instead of the KIO_4 – a viable solution for Urban Solid Wastes Management in major cities. The students not only learned the technique for determining polymeric molar masses, but also developed and maintained a worm farm to verify the high efficiency of vermicomposting for processing solid wastes, including biodegradable polymers such as PVOH and ultimately learned about the importance of Solid Wastes Management.

Keywords: vermicomposting, biodegradable polymers, viscosimetry

O envolvimento dos estudantes em aulas de Ciências por meio da linguagem narrativa das histórias em quadrinhos

The involvement of students in science classes through the narrative language of comics

Adriana A. D. Rodrigues e Ana L. de Quadros

126

Resumo: A busca por estratégias que atraíam a atenção dos estudantes para o conteúdo desenvolvido em sala de aula e que os envolvam com a Ciência tem sido um desafio para professores. Neste trabalho planejamos e desenvolvemos um conjunto de atividades relacionadas a uma história em quadrinhos (HQ) autoral, envolvendo o conceito de densidade. O objetivo foi investigar como a linguagem narrativa ilustrada pode contribuir no envolvimento dos estudantes com o conhecimento científico desenvolvido nas aulas de Ciências/Química e, assim, contribuir para a aprendizagem. Para tal, as aulas foram filmadas e duas questões problema foram propostas aos estudantes, uma logo após a leitura da HQ e outra aproximadamente três meses depois. A análise se pautou nos estudos de Jerome Bruner e foi realizada considerando tanto o envolvimento dos estudantes com a narrativa presente na HQ quanto as proposições feitas para a resolução das questões-problema. Observamos estudantes interessados nas aulas e percebemos que elementos presentes na história se mantiveram na memória durante todo o processo da pesquisa. Argumentamos que histórias em quadrinhos são instrumentos eficazes para interessar os estudantes na discussão de um conceito, auxiliando-os a fazer relações desse conceito com o contexto em que estão inseridos e, assim, facilitar a aprendizagem.

Palavras-chave: Histórias em Quadrinhos. Narrativa. Ensino de Química.

Abstract: The motivation underlying this study was to look for strategies that attracted the students' attention to the content taught in the classroom and to engage them in science. In this work we planned and developed a set of activities related to a comic (HQ) involving the concept of density. The objective was to investigate how illustrated narrative language can contribute to student involvement with Science/Chemistry classes. For this, the classes were filmed and two problem questions were proposed to the students, one after reading the comic and another about 3 months after. The analysis was performed considering the students' involvement with the narrative present in the HQ and the propositions made to solve the problem questions. We observed students interested in class and we realized that the elements in the story were kept in students' memory throughout the research process. We argue that comics are effective tools to give students an interest in discussing a concept, helping them to relate concept to context and thus facilitate learning.

Keywords: Comics. Narrative. Chemistry Teaching.

Adriana Araújo Dutra Rodrigues (adrianaadrodriques@gmail.com) é professora de Química da rede pública de Minas Gerais. Mestre em Educação pela UFMG e Licenciada em Química pela UFMG. Atua na produção de tirinhas e HQs, como as disponíveis em <http://bramevlad.blogspot.com.br/>. Belo Horizonte, MG – BR. **Ana Luiza de Quadros** (aquadros@qui.ufmg.br) é professora Adjunta de Ensino de Química no Departamento de Química/ICEX, da Universidade Federal de Minas Gerais e do Programa de Pós-Graduação em Educação da Faculdade de Educação da UFMG. Doutora em Educação pela UFMG, Mestre em Educação nas Ciências pela UNIJUÍ, Licenciada em Química pela UNIJUÍ. Belo Horizonte, MG – BR.
Recebido em 23/08/2017, aceito em 01/03/2018

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.

Publicações em revistas especializadas da área (Chinelli *et al.*, 2010; Malafaia *et al.*, 2010; entre outros) têm alertado para o pouco interesse dos estudantes pelas ciências básicas ensinadas nas escolas. A busca por estratégias que atraíam a atenção dos estudantes para o conteúdo desenvolvido em sala de aula e que os envolvam nas aulas de Ciências é uma constante no trabalho do professor, já que esse envolvimento pode favorecer a aprendizagem. Em uma época de tantos estímulos exteriores – como a *internet* e os artefatos eletrônicos – atrair a atenção dos jovens para a Ciência é um desafio.

Diante das evidências de pouco interesse, um fato merece destaque: grande parte dos jovens aprecia quadrinhos e dedica tempo a essa leitura. Evidência disso é o grande número de publicações do gênero, disponíveis tanto em bancas quanto na *internet*. Essas publicações representam um meio no qual o visual e o literário se tocam, ganhando novas nuances e uma nova forma de expressão.

Experiências anteriores com a produção de quadrinhos em *blog*¹ e em *fanzine*² nos levaram a considerar as histórias em quadrinhos como potenciais atividades de envolvimento de estudantes nas aulas. Nessas experiências os estudantes se mostraram atraídos por esse tipo de atividade. Sendo assim, este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de investigar como a linguagem narrativa ilustrada pode contribuir para o envolvimento dos estudantes com as aulas de Ciências (particularmente, de Química). A partir de uma História em Quadrinhos construída por uma das autoras e utilizada em aulas de Química, nos propusemos a investigar as seguintes questões de pesquisa: a) Qual a contribuição dos quadrinhos para o ensino de conceitos científicos?; b) A inserção de histórias em quadrinhos nas aulas de Química predispõe o estudante a se apropriar de um conceito?; c) A linguagem presente na história em quadrinhos permeia o ensino a ponto de ser lembrada mais tarde, em um contexto avaliativo?

Visitando a Literatura

a) A Ciência escolar e os quadrinhos

Segundo McCloud (1995), uma história em quadrinhos pode ser definida como uma “sequência de imagens pictóricas justapostas em uma ordem deliberada”. Essa definição abrange diversas obras de arte ao longo da história da humanidade, como afrescos egípcios, códices mexicanos e tapeçarias medievais, ao mesmo tempo que diferencia os quadrinhos das ilustrações, charges e cartuns (que não usam imagens justapostas), ou de padrões e mosaicos, nos quais as imagens justapostas podem ter a ordem alterada sem que haja prejuízo à obra. O formato atual dos quadrinhos, entretanto, tem suas raízes no século XIX, com os trabalhos de Töpffer e Agostini (Coupiere *et al.*, 1970).

Inicialmente considerados como diversão para crianças, por meio de pesquisa desenvolvida por Coupiere *et al.* (1970), percebeu-se que parte considerável dos apreciadores de quadrinhos era formada por pessoas em torno dos 30 anos e de

elevada formação intelectual. Mesmo com essa diversidade de apreciadores, até meados dos anos 80, as histórias em quadrinhos dificilmente eram vistas como algo que tivesse um valor educacional relevante (Pizarro, 2009a).

Foi a crescente adoção das histórias em quadrinhos por várias esferas sociais que levou os educadores a refletirem sobre seu uso em sala de aula como instrumento de ensino (Pizarro, 2009a). De maneira geral, o uso de quadrinhos na educação tem sido mais utilizado pelas Ciências Humanas (Vergueiro e Ramos, 2009). Recentemente, entretanto, os bons resultados obtidos nessas áreas do conhecimento têm atraído os professores brasileiros ligados às áreas de Ciências Exatas e da Natureza, que começam a refletir sobre como os quadrinhos podem ser úteis em suas disciplinas (Caruso e Silveira, 2009). Essas reflexões têm sido feitas principalmente nos últimos dez anos, mas ainda há relativamente pouco material disponível em português, para a área de Química (Santos e Aquino, 2010).

b) As HQs no Ensino de Química no Brasil

Vergueiro e Santos (2012) afirmam que a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional foi o marco principal da aceitação dessa mídia no panorama educacional. Inicialmente, as pesquisas a respeito do uso de HQs na educação estiveram mais restritas às Ciências Humanas, especialmente nas áreas de Linguagem e História. Livros como *Quadrinhos na Educação* (Vergueiro e Ramos, 2009), por exemplo, focam mais em discutir adaptações dos clássicos literários para os quadrinhos, utilizando-os para promover a compreensão da linguagem e a interpretação sociocultural.

Fizemos uma busca por trabalhos relacionados ao uso de HQs em sala de aula no Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Portal CAPES), usando as palavras-chave “quadrinhos” e “comics” (o termo em inglês para quadrinhos). Para isso consideramos apenas os trabalhos avaliados por pares e o período de 2009 a 2014. Obtivemos um total de 34 resultados, mas nenhum deles versava sobre o uso de HQs nas salas de aula, como recurso didático.

Optamos, então, pelos anais de dois eventos tradicionais na área do Ensino de Química/Ciências, durante o período de 2009 a 2014. Um dos eventos foi o Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), que engloba pesquisadores da área de ensino de Ciências (Física, Biologia e Química, entre outras) e que ocorre nos anos ímpares. O outro foi o Encontro Nacional do Ensino de Química (ENEQ), que congrega a comunidade de pesquisadores em Ensino de Química e ocorre nos anos pares. Esses eventos têm uma expressiva participação de pesquisadores da área, podendo ser considerado uma representação das pesquisas realizadas na área.

No evento ENPEC, nos anos pesquisados, foram apresentados 20 trabalhos com a temática Quadrinhos (quatro em 2009, seis em 2011 e dez em 2013), sendo que seis deles usaram HQs em salas de aula de Ciências. Notamos, porém, que apenas um deles versava sobre o uso de HQs no Ensino de Química.

Trata-se do planejamento e desenvolvimento de uma sequência didática na qual foi usada uma HQ de Maurício de Sousa sobre reciclagem (Pizarro *et al.*, 2011). Segundo os autores, o trabalho teve repercussões positivas na educação ambiental dos estudantes, que também apresentaram, em sua maioria, bom resultado na avaliação.

Já no Encontro Nacional do Ensino de Química (ENEQ), no período de 2010 a 2016, foram apresentados 35 trabalhos, sendo cinco em 2010, três em 2012, quinze em 2014 e doze em 2016. No ano de 2014 aconteceu, inclusive, uma sessão coordenada sobre HQ, o que mostra um aumento de interesse pela temática. Notamos, no evento ENEQ, um aumento de trabalhos envolvendo HQs produzidas especialmente para o uso em sala de aula (Santos *et al.*, 2010; Uchôa e Francisco Junior, 2012; Gama e Francisco Junior, 2014; Santos *et al.*, 2014; Rodrigues e Quadros, 2014; Miguêz *et al.*, 2016), incluindo uma produção de quadrinhos táteis, para estudantes com deficiência visual (Oliveira *et al.*, 2010). Ao que nos parece, a tendência é de que trabalhos com essa temática se façam mais presentes nos próximos eventos e, talvez, nas publicações em periódicos científicos.

Mesmo considerando o aumento de interesse dos educadores sobre o tema HQ, as pesquisas que avaliam o impacto dessa mídia na escola ainda são poucas. Encontramos, no banco de teses e dissertações da Biblioteca Nacional, duas dissertações envolvendo o tema (Testoni, 2004; Pizarro, 2009a) e na rede mundial de computadores (*internet*) uma terceira, oriunda de Portugal (Soares, 2004). Descrevemos, brevemente, esses três trabalhos.

Soares (2004) investigou como estudantes e professores lidam com as informações contidas nos quadrinhos. Ela forneceu aos estudantes, em aulas de Química, excertos de HQ do Tio Patinhas e do Asterix, que citam conceitos químicos (exemplo na Figura 1). Após lidar com essas HQs, os estudantes responderam questionários que avaliaram como eles lidavam com as informações contidas nos quadrinhos. O mesmo trabalho avaliou se os professores eram capazes de compreender o potencial desses quadrinhos para o ensino.

A pesquisadora afirma que os estudantes têm dificuldades, ao ler uma HQ, de encará-la criticamente, e confiam no que está sendo apresentado, mesmo quando o conteúdo dos quadrinhos contradiga assunto já trabalhado em uma aula. Os argumentos usados pela autora nos levam a perceber que a HQ pode reforçar concepções alternativas ou até mesmo criá-las. Sendo assim, a pesquisadora afirma que discutir quadrinhos com temas científicos em sala de aula não só tem o potencial de detectar e discutir as concepções alternativas dos estudantes, como reforça que a informação científica veiculada em quadrinhos é uma forma poderosa de aprendizagem.

No mesmo ano, no Brasil, Testoni (2004) se apoia na teoria da equilíbrio de Piaget e na mudança conceitual para investigar as HQs. Ele apresenta aos estudantes uma HQ instigadora que propõe uma situação-problema e estuda o impacto da mesma na mudança conceitual dos estudantes em uma aula de Física. Após a leitura e discussão da HQ, os estudantes produziram seus próprios quadrinhos sobre o tema.

Os estudantes foram avaliados por meio das HQs que criaram e de questionários. Testoni (2004) afirma que a HQ representa “a faísca de uma explosão”, ou seja, o fator desencadeador de discussões a respeito de um tema proposto (p. 124). Ele reforça a postura mediadora que o professor deve assumir em sala de aula, mesmo em uma atividade na qual os estudantes costumam se envolver mais. A inserção ou a valorização dos conceitos científicos não ocorre espontaneamente e, nesse sentido, o professor deve estar preparado para fazer a mediação.

Pizarro (2009a) analisa a forma de se utilizar a HQ em sala de aula. Sua pesquisa envolve estudantes da quarta série do Ensino Fundamental usando, em aulas de Ciências, quadrinhos da Turma da Mônica. Os quadrinhos apresentados versavam sobre temas de importância ambiental. Seu objetivo era usar as HQs como fomentadoras de discussões e reflexões sobre esses temas. Segundo ela, o uso das HQs tornou o conteúdo mais próximo e mais interessante aos estudantes, com a ressalva de que, sem o ensino de conteúdos procedimentais tais como ler, redigir, identificar, descrever, relatar oralmente, comparar,



Figura 1: Quadrinhos do “Tio Patinhas”, usados por Soares (2004). Fonte: Soares (2004, p. 171 e 160).

relacionar, classificar, etc., não é possível colher os benefícios da prática.

A pesquisadora é enfática ao alertar sobre a necessidade de se planejar a aula em função do uso da HQ em vez de simplesmente usá-la como um complemento. As aulas envolvendo HQs, segundo Pizarro (2009a), devem ser orientadas por objetivos bem delineados.

Podemos perceber, por meio das pesquisas descritas, que a introdução dos quadrinhos parece ter dinamizado as aulas e enriquecido a experiência dos estudantes, predispondo-os ao aprendizado. Ainda assim, permanecem questões que envolvem a utilização de HQs e a contribuição delas no aprendizado, o que justifica a realização de novas pesquisas.

c) A narrativa e os quadrinhos

Will Eisner, considerado um dos mais importantes quadrinistas dos EUA, em seu livro *Quadrinhos e Arte Sequencial*, define essa forma de arte, dizendo “Quadrinhos se comunicam em uma linguagem que depende de uma experiência visual comum entre o criador e o público” (Eisner, 1985, p. 7). Para ele, a atividade de ler quadrinhos é semelhante à leitura de um texto: as mesmas habilidades de decodificação de símbolos são utilizadas para ambas as tarefas, sendo que os leitores dos quadrinhos ainda trabalham com duas formas de símbolos: as palavras, com todas as convenções do gênero literário (gramática, trama, sintaxe) e as imagens, com todas as convenções do gênero visual (como perspectiva, simetria, imagens que representam movimentos, etc.).

Baseadas em Eisner (1985), julgamos possível lidar com as histórias em quadrinhos de forma semelhante à maneira como se lidaria com uma mídia escrita, do ponto de vista estritamente narrativo. Nesse sentido, nos apropriamos das obras de Bruner (1991, 1997, 2001, 2002 e 2010), por conta de seu extenso tratamento da linguagem narrativa. Bruner (1997 e 2002) trata de dois modos de linguagem: o modo paradigmático e o modo narrativo.

O modo paradigmático se baseia em um sistema de categorias idealizadas, relacionadas umas com as outras em um sistema regido pela lógica matemática. As afirmações feitas nesse modo são claras e livres de subentendidos, alcançando conclusões verificáveis e generalizáveis. As histórias contadas por esse modo tendem a ser pontos de partida ou proposições teóricas, que serão amadurecidas até se tornarem argumentos verificáveis. Aqui, a legitimidade do argumento é alcançada pela consistência do mesmo. Assim, essa linguagem implica a existência de uma verdade universal que pode ser comunicada inequivocamente.

A linguagem paradigmática está, geralmente, presente nos livros didáticos, nos artigos científicos, nos relatórios técnicos e outras publicações de caráter científico. Em função disso, nas salas de aula, particularmente as aulas de Ciências, essa tende a ser a linguagem que os professores buscam utilizar e desenvolver nos estudantes. O modo de linguagem que os estudantes utilizam em suas interações diárias, entretanto, é outro.

O modo narrativo pode ser definido como aquele que lida com as intenções humanas e suas vicissitudes. Em vez de se firmar em argumentos, a narração se preocupa com as condições humanas. Ela se torna legítima não por ser verdadeira, mas por ser verossímil, isto é, por retratar com autenticidade o ser humano e sua consciência. Segundo Bruner, “pode ser que as condições e os estados intencionais descritos em uma ficção ‘bem-sucedida’ nos sensibilizem a experimentar nossa própria vida de maneira semelhante” (Bruner, 1991, p. 12).

Ao comparar os dois modos de pensamento, Bruner (2010) afirma que ambos – narrativo e paradigmático – não só podem conviver em harmonia, como se complementam ativamente. Se, por um lado, o modo paradigmático busca formar teorias que se ajustem a fatos observados, por outro, nós costumamos conceber um mundo no qual caibam as histórias que contamos a seu respeito.

Voltando à linguagem narrativa, esse autor apresenta inúmeras características para ela, das quais destacaremos três, que consideramos úteis para este trabalho: (1) sua sequencialidade – isso é, ser composta de uma sequência intencional de fatos; (2) não necessariamente se prender à realidade do fato narrado (isso é, ser verossímil, mas não necessariamente verdadeira, como já dito) e; (3) sua capacidade de, nas palavras de Bruner (1997, p. 50), “encontrar um estado intencional que atenua ou pelo menos torne compreensível um afastamento de um padrão cultural canônico”. Nesse caso, a narrativa torna possível a explicação de algo que se afasta do esperado pelo interlocutor.

Por conta dessa terceira característica, na linguagem narrativa não só é permitida a subversão dos operadores de lógica da linguagem, como também é, às vezes, esperado que isso aconteça (como no recurso da ironia, em que uma determinada frase, em determinado contexto narrativo, tem significado oposto ao que está expresso nas palavras).

Para Bruner (2010), a narrativa parte de uma situação de estabilidade e, após a frustração das intenções dos personagens, alcança uma situação de crise. O final pode ou não trazer uma nova situação estável. Essas histórias acontecem, basicamente, em dois planos: o panorama da ação (a história propriamente dita, seu contexto, pano de fundo e personagens) e o panorama da consciência (as motivações e os sentimentos dos personagens). Para ele, uma narrativa “bem formada” seria “composta pelo quinteto: um Ator, uma Meta, um Cenário e um Instrumento, além de um Problema” (Bruner, 1997, p. 51). Além disso, ela apresenta uma “paisagem dual”, que é o contraste entre o mundo presumivelmente real onde a narrativa se desenvolve e o mundo mental do protagonista.

Segundo Bruner (2002), a leitura de uma narração é uma atividade imensamente interativa e particular. Ao ler uma narração, o leitor cria em sua mente sua própria versão da história, a que esse autor chama de *texto virtual*. Ele discute outras três características da narração, além das já citadas, para mostrar como elas agem para “alistar” o leitor na escrita de seu texto virtual: a pressuposição, a sujeitificação e a perspectiva múltipla.

Pressuposições são criadas pelo texto com o uso de determinados “gatilhos”, de forma a fazer a narrativa dizer mais com menos palavras. Por exemplo, quando um personagem pergunta a outro “você viu o unicórnio entrar?”, a narrativa parte do pressuposto de que, para aquele personagem, unicórnios existem e são visíveis. Se um personagem pede a outro que apague a luz, pressupõe-se que a luz estava acesa naquele ambiente e assim sucessivamente.

A *sujeitificação* é a apresentação da realidade da narrativa através da lente criada pela consciência do protagonista. Nas narrativas onde ela ocorre, o narrador não se preocupa em estabelecer uma perspectiva imparcial do mundo, mas o apresenta acompanhado das ações e percepções do personagem. Por exemplo, na história de João e Maria, a casa de doces no meio da floresta não é apresentada aos leitores pelo narrador como estranha, não-natural ou suspeita, mas como atraente e irresistível – tal qual os protagonistas, duas crianças, a percebem.

A *perspectiva múltipla* é a capacidade que a narração tem de apresentar o mesmo fato sob vários prismas, para enriquecer seu significado. Um exemplo é a série de livros *Crônicas de Gelo e Fogo*, que deu origem à famosa série de TV *Game of Thrones*. A história dos livros é formada por vários capítulos, e cada um deles é narrado pelo ponto de vista de um personagem. Esses capítulos frequentemente mostram o mesmo acontecimento, mas sob a ótica de pessoas diferentes, mudando a percepção do leitor sobre aquele fato.

Essas três características permitem ao leitor criar sua própria realidade ao ler um relato, levando para ela sua estratégia de leitura e seu repertório de interpretações. Uma história de sucesso seria aquela que contém situações humanas difíceis que engajam o interesse do leitor e permitem que ele possa criar seu texto virtual com alguma liberdade. Afinal, para Bruner, “o ato do autor, ao criar uma narrativa de um determinado tipo e de forma especial não é evocar uma reação padronizada, mas recrutar o que for mais apropriado e emocionalmente vívido no repertório do leitor” (Bruner, 2002, p. 37).

Bruner (2002) relata, ainda, experimentos que o levaram a concluir que o processo de criação de um texto virtual não se restringe ao leitor de histórias ficcionais, mas é parte integrante de como o ser humano reage ao mundo. Quando pessoas estão observando determinada situação, depois de reconhecer certo número de elementos familiares – os gatilhos – elas enquadram essa situação em suas teorias pessoais de mundo.

Para exemplificar, usamos um experimento narrado por Bruner. Ele se constituía de cartas de baralho sendo mostradas a voluntários por alguns milésimos de segundo, dentro de um projetor de imagens. Os voluntários deveriam então dizer qual carta haviam visto. Entre essas cartas havia algumas “cartas impossíveis” (como cartas de paus vermelhas ou cartas de ouros pretas, por exemplo). Em vez de reconhecê-las como tal, os sujeitos submetidos ao experimento tentavam enquadrá-las no padrão conhecido das cartas de baralho. Um desses sujeitos chegou a dizer que um seis de paus vermelho não era *realmente*

vermelho, apenas parecia assim por conta da iluminação do projetor, negando a própria evidência de seus olhos.

Bruner (2002) arremata essa experiência dizendo que:

o que os observadores humanos fazem é apanhar quaisquer fragmentos que possam extrair do input de estímulo e, se estes estiverem de acordo com suas expectativas, ler o resto a partir do modelo que têm em sua cabeça (Bruner, 2002, p. 50).

Por fim, Bruner (1997) também discute a narrativa como forma de organizar a experiência dos seres humanos. Ele busca o trabalho de Jean Mandler (Mandler, 1984, *apud* Bruner, 1997) como evidência de que aquilo que a mente não estrutura narrativamente sofrerá perdas ao ser armazenado na memória. Ele também recorre a Bartlett (Bartlett, 1932, *apud* Bruner, 1997), explicando que a memória é uma reconstrução do passado sobre atitudes de afeto, que busca justificar essas atitudes.

Ampliando a ideia para levar em conta a construção social da memória em vez de uma visão mais individualista, Bruner (1997) conclui que a reconstrução da memória é também dialógica: quando uma pessoa vocaliza a memória, seu interlocutor (real ou abstrato) faz uma pressão sutil, de forma que as memórias relatadas façam sentido para os dois participantes do diálogo.

Bruner (2001) fornece subsídios que nos permitem trazer essa discussão para o ensino das Ciências. Segundo ele:

dedicamos uma quantidade enorme de esforço pedagógico para ensinar os métodos da ciência e o pensamento racional: o que está envolvido na verificação, o que constitui contradição, como transformar meros enunciados em proposições testáveis, e assim por diante (Bruner, 2001, p. 141).

Em outras palavras, o ensino de Ciências está preocupado em ensinar aos estudantes os fundamentos do modo paradigmático. Porém, as narrativas são parte de como o ser humano experimenta a vida e como ele mantém essa experiência para si. Sendo assim, o ensino de Ciências poderia se beneficiar de narrativas que insiram essa realidade científica na narrativa de vida do estudante, para só então buscar outros modos de linguagem. Consideramos que é essa a função das HQs, já que são primariamente um meio narrativo.

Portanto, as HQs não são simplesmente um meio mais atrativo de apresentar os conceitos científicos, mas uma oportunidade de auxiliar os estudantes na criação de uma narrativa interior que acomode melhor esses conceitos, facilitando a compreensão e a memória dessa experiência de aprendizado. Quando os estudantes são apresentados a uma narrativa, é esperado que se identifiquem com as vicissitudes dos personagens e proponham estratégias para a resolução do problema proposto. Ao associarmos essas vicissitudes a

um conceito científico, o estudante buscará compreender o conceito não para seu ganho pessoal, mas para que a solução da história seja aceitável a seus olhos e o conflito humano seja satisfatoriamente resolvido. Ao terminar de ler a narrativa, na pior das hipóteses, ele terá respondida a eterna pergunta de “por que estou estudando esses conceitos novos?”.

Outro ponto interessante diz respeito à forma como a narração ajuda as pessoas a, nas palavras de Bruner (2010), “domesticar o imprevisito”. Consideramos que a necessidade de explicar o imprevisito ou aquilo que foge do canônico pode se configurar em uma boa possibilidade de se apropriar de conceitos científicos, de maneira mais natural, diminuindo as dificuldades que o estudante possa ter ao se confrontar pela primeira vez com um conceito para ele abstrato e desconhecido. Se estiver engajado na história, acreditamos que esse estudante poderá mais facilmente acomodar determinado conceito à sua própria experiência de mundo, abrindo caminho para um aprendizado mais significativo.

Partimos da hipótese de que a HQ, como uma forma de narrativa, pode auxiliar no envolvimento do estudante com os conceitos científicos geralmente desenvolvidos nas aulas de Ciências. Com isso, organizamos os passos metodológicos que nos auxiliaram a investigar essa hipótese.

Metodologia

Desenvolvemos esta investigação com os objetivos de investigar o impacto dos quadrinhos para o ensino e aprendizagem de conceitos químicos, e se a trama de uma HQ permanece na memória dos estudantes a ponto de ser lembrada em um processo avaliativo formal da escola.

A pesquisa realizada tem características de pesquisa qualitativa, já que investiga um fenômeno que não é passível de ser medido quantitativamente, como é o caso de uma crença, uma representação, um estilo pessoal de relação com o outro, uma estratégia em face de um problema, um procedimento de decisão, entre outros. Os métodos qualitativos de pesquisa são descritos, portanto, como modelos diferenciados de abordagem empírica e são voltados especificamente para os chamados “fenômenos humanos” (Mucchielli, 1991). Porém, como o termo “qualitativo” é muito amplo e genérico, é conveniente usar denominações mais precisas. Assim, dentre os principais tipos de pesquisa qualitativa, esta assume características de estudo de caso. Segundo Lüdke e André (1986, p. 17), o estudo de caso é usado quando o pesquisador tem interesse em pesquisar um fenômeno particular. Sobre esse método, elas afirmam que “o caso é sempre bem delimitado, devendo ter seus contornos claramente definidos no desenvolver do estudo”. Yin (2005) alerta que, mesmo se tratando de um caso único, é possível se fazer generalizações.

Inicialmente produzimos uma HQ especificamente para esse fim, como problematizadora de uma unidade de conteúdo.³ Essa história envolveu o conceito de densidade, que orienta a

narrativa na forma de quadrinhos. Nessa história, duas meninas são visitadas por uma amiga, que tem um problema: ela tem uma pequena estátua de ouro, que pode ter sido falsificada. As meninas (que têm 13 anos) invadem o laboratório particular do pai de uma delas, com o desafio de descobrir se a estátua é ou não de ouro. Porém, elas não têm acesso à maior parte dos equipamentos.

Elas resolvem a situação utilizando algumas moedas de ouro da coleção do pai, medindo a massa das mesmas e acrescentando novas moedas à pilha até que tenham massa de ouro semelhante à massa da estátua. Então, elas mergulham a estátua e as moedas em frascos semelhantes a uma proveta, mas não volumétricos. Os frascos possuem o mesmo volume de água, para que as meninas pudessem comparar o volume de água deslocado pelas moedas e pela estátua. Com essa estratégia elas foram capazes de solucionar o problema.

Os desenhos foram feitos a mão e receberam um contorno com caneta nanquim descartável. A colorização (em escalas de cinza) e o letreiramento foram feitos no programa de edição de imagens GIMP®. A validação do roteiro foi realizada com uma turma de estudantes de uma escola diferente daquela em que foram desenvolvidas as aulas, com a intenção de verificar a compreensão da história e do conceito a ser explorado. Somente após a validação, a HQ foi usada na pesquisa aqui relatada.

Esse trabalho envolveu uma turma de 25 estudantes do primeiro ano do Ensino Médio de uma escola pública de Belo Horizonte, MG. A faixa etária desses estudantes variava entre 14 a 18 anos. Tanto nas aulas de Química como em outras disciplinas do currículo escolar, esses estudantes eram considerados pouco participativos nas aulas. Essa “pouca participação” foi pontuada em conversas com todos os professores que são responsáveis por alguma disciplina do currículo e que tinham contato frequente com esses estudantes por meio de aulas. Embora tenha um caráter totalmente subjetivo, levamos em consideração por ser a mesma opinião relatada por todos os professores que, no semestre em que foi realizada essa investigação, ministravam aulas para essa turma de estudantes.

A atividade aconteceu nas seguintes etapas:

- 1) Desenvolvimento da HQ, na turma selecionada, seguida de uma situação-problema;
- 2) Avaliação escrita com uma questão remetendo ao tema da HQ;
- 3) Reconstrução da resposta fornecida na avaliação escrita, em grupo.

As aulas foram gravadas em vídeo e os episódios relevantes foram transcritos. Optamos, ao transcrever algumas respostas, por identificar os estudantes por letras, com a intenção de preservar suas identidades. Para diminuir a influência da câmera na participação dos estudantes, duas aulas anteriores ao processo também foram filmadas. Com isso, esperávamos criar um ambiente em que a filmadora tivesse uma interferência mínima, familiarizando os estudantes com essa presença.

A análise dessas atividades foi feita considerando tanto o envolvimento dos estudantes com a narrativa presente na HQ quanto as proposições feitas para a resolução da questão-problema principal, nos dois momentos em que se realizou. As categorias usadas nessa análise surgiram a partir dos dados. Isso significa que agrupamos as respostas por semelhança e construímos categorias que pudessem englobar essas respostas. Essas categorias foram, portanto, fundamentada nos dados (Glaser e Strauss, 1967). Os 25 estudantes foram identificados por letras e, quando fizemos transcrições de falas ou de texto escrito, a identificação foi feita usando a palavra Estudante seguida da letra que o identificou (por exemplo: Estudante A).

Resultados e Discussão

A História em Quadrinhos produzida foi apresentada aos estudantes em uma aula de Química, ao final do segundo bimestre letivo. No **primeiro momento** da aula foi feita a leitura da HQ, individualmente ou em duplas. Após a leitura, a professora levou os estudantes a retomarem a história instigando-os com perguntas, com a intenção de sondar elementos do “texto virtual” criado por eles a partir da leitura da HQ, se baseando em estratégia usada por Bruner (2002). Em seguida, foi apresentada aos estudantes uma situação-problema semelhante à encontrada pelos personagens da história: tratava-se de eles proporem um método para identificar se um objeto era de ouro, nesse caso usando apenas materiais disponíveis no laboratório de Química da escola. Essa etapa teve como objetivo estabelecer a conexão entre o conceito químico e a narrativa da história. A determinação da massa do objeto foi logo sugerida e aceita por praticamente todos eles. No entanto, por várias vezes, os estudantes sugeriram o uso de moedas de ouro. Nesses momentos, eram lembrados, pela professora ou por um colega, que o laboratório da escola não tinha esse material. A atividade foi encerrada quando uma estudante, ao final da aula, apontou que poderia ser usada uma proveta volumétrica para determinação do volume do objeto, uma vez que a massa do mesmo já havia sido mensurada em uma balança semianalítica e a densidade do ouro era conhecida.

Ao longo de toda a discussão, a presença da HQ foi muito marcante, o que pôde ser evidenciado pelo fato de que os estudantes se reportaram insistentemente ao uso de moedas de ouro. Quando solicitados a considerar os conceitos químicos, eles se reportaram a dados incluídos na história, conforme excerto da HQ contido na Figura 2, mesmo sem mostrar um entendimento de como esses conceitos se relacionavam com o enredo ou com a solução da situação-problema.

Transcrevemos pequenos fragmentos de diálogo, para dar uma ideia do que os estudantes estavam propondo como possibilidade de identificar se a estátua em questão era de ouro usando apenas os materiais presentes no laboratório de Química da escola. Logo que foi proposto o problema, acontece o seguinte diálogo:

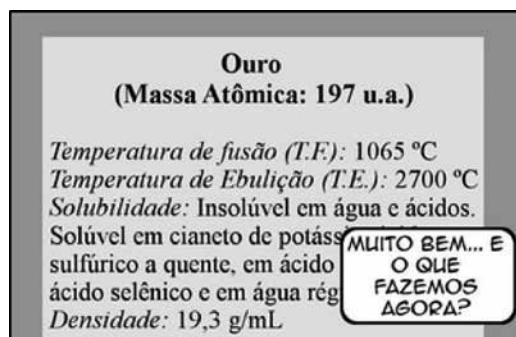


Figura 2: Excerto da HQ que continha os conceitos científicos. Fonte: <http://bramevlad.blogspot.com.br/2017/06/alice-e-estatuamisteriosa.html>

Estudante K: *A gente pode fazer a mesma coisa que elas.*

Professora: *E vocês têm moedas de ouro?*

Estudante K: *Eu tenho na bolsa (risadas).*

Professora: *No laboratório não tem!*

Estudante B: *Mas nós também não temos uma estátua!*

Sabemos que a linguagem paradigmática busca formar teorias que se ajustem aos fatos. O Estudante B mostra que situou o problema lançado pela professora na história que havia lido. Quando a professora mostra a impossibilidade da solução pensada por ele, rapidamente ele mostra que a situação proposta também não é possível, por não ser real. Nesse caso, ele concebeu um mundo a partir da história lida e uma solução para o problema, oriunda desse mundo imaginado. Uma solução real, que o tirava do mundo que havia construído, foi imediatamente vinculada a um problema que deveria ser real, na perspectiva dele.

Passados cerca de 8 minutos após a intervenção da professora à proposta da Estudante K e a afirmação do Estudante B de que também não tinham a estátua, o Estudante M volta à questão das moedas, indagando *Mas não tem moeda de ouro?*. Ao que nos parece, ele criou um pressuposto (Bruner, 2002) de que as moedas de ouro sempre estarão presentes, já que as considera como condição indispensável para solucionar um problema real.

Selecionamos outros fragmentos da discussão ocorrida nesse momento da aula, em que uma solução para o problema era pensada coletivamente.

Estudante K: *Professora olha! O ouro tem massa atômica 197. A gente não tinha que pegar alguma coisa que tem a massa atômica...*

Professora: *E como isso vai ajudar? De que adianta saber essa massa nesse momento?*

[...]

Estudante W: *A gente pode usar a solubilidade.*

Estudante R: *É..... e derreter a estátua para saber o volume!*

Estudante L: *E se usar essa densidade? A densidade é 19,3. Aí divide os 200 g por esse aí.*

Estudante S: *Divide 200 g por 19,3.*

Professora: *Mas você não sabe se a estátua é de ouro mesmo. Esse é o problema!*

As possíveis “soluções” apontadas pelos estudantes estão sempre ancoradas na HQ. Eles apanham um fragmento da história e o usam para buscar uma solução para o problema. Nas palavras de Bruner (2002), eles leem o restante do problema a partir do modelo que constroem a partir da HQ. No momento em que o Estudante P sugeriu o cálculo para encontrar o volume, a professora já havia escrito a fórmula matemática da densidade no quadro, o que deve ter contribuído para que esse estudante pensasse em uma solução usando aquela fórmula. A professora encaminha novamente a discussão, ao falar:

Professora: *Agora pensem comigo: o que falta aqui (aponta para a fórmula matemática), para a gente descobrir se a densidade da estátua é realmente 19,5?*

Estudante B: *Fazer o que as meninas fizeram mesmo. Pegar moedas que têm a mesma massa.*

Inúmeras vezes tanto a professora quanto os próprios estudantes haviam ressaltado o fato de não haver moedas de ouro no laboratório de Química da escola. No entanto, essa alternativa voltava à cena sempre que os estudantes tinham dificuldade em pensar uma solução própria. Isso confirma as afirmações de Bruner (2002) sobre como as pessoas estruturam sua visão de mundo ancoradas na narrativa, e sobre como há uma resistência adicional em abandonar esse modelo, como no caso dos voluntários que insistiam que estavam enxergando errado as “cartas impossíveis” do experimento do pesquisador.

Os conceitos citados durante essa discussão foram solubilidade, temperatura de fusão e de ebulição, massa atômica e densidade. Citaram, inclusive, uma solução sugerida por uma personagem, a título de brincadeira (transformar a estátua em um cubo para medir o volume).

Ao analisarmos o vídeo dessa aula, percebemos que, ainda que a resolução do problema tenha ocupado um tempo limitado da aula, 15 dos 25 estudantes ofereceram contribuições, sempre se baseando na HQ. Esse era um comportamento pouco usual para essa turma que, segundo os professores, não costumava demonstrar esse nível de envolvimento nas aulas. Uchôa, Francisco Junior e Francisco (2012), que produziram e usaram em aula uma HQ tratando do acidente com Césio 137 ocorrido em Goiânia, na década de 1980, argumentam que o envolvimento dos estudantes ao lidarem com HQ é promovido pela *linguagem diferenciada, com imagens e diálogos* (p. 11). Porém, eles também ressaltam a relação direta que a HQ deve ter com os conceitos químicos que se pretende explorar.

Em nosso trabalho, acreditamos que o fato de os estudantes

terem se remetido à solução proposta pelos personagens da história demonstra o quanto a narrativa presente na HQ impactou o imaginário. Apenas ao final da aula, quando a professora encaminhou a discussão relembrando os estudantes sobre o tipo de vidraria encontrada no laboratório da escola, é que a Estudante L diz: “Mas peraí, professora, o negócio da parada é de medida, não é?”, enquanto gesticulava apontando para a graduação de uma proveta volumétrica. A partir dessa afirmação e da colaboração de outros dois colegas, uma solução possível foi proposta usando um frasco graduado, disponível no laboratório, para identificar o volume da estátua.

Cerca de três semanas depois da leitura e discussão da HQ, foi realizada a **segunda etapa**. Junto à avaliação formal da disciplina de Química (prova escrita) foi acrescentada uma questão que continha elementos semelhantes à situação-problema da aula em que a HQ foi apresentada, com uma estátua que deveria ser de ouro, mas que poderia ter sido falsificada e, assim, ser de latão. Nessa questão estava explícito que não poderiam destruir a estátua e que poderiam usar apenas materiais disponíveis no laboratório da escola. As respostas a essa questão foram agrupadas por semelhança, as quais chamamos de categorias, resumidas no Quadro 1.

Quadro 1: Categorias de respostas dos estudantes na questão da prova

Categorias gerais	Categorias específicas	Número de respostas
Violam uma das condições do problema	Destroem a estátua	2
	Usam as moedas	6
Usam o conceito chave	Líquido intermediário	13
	Usam medida de massa e volume	1
Sem sentido		3

Selecionamos duas respostas que violam uma das condições do problema, ou seja, as respostas da Estudante L e do Estudante M, que estão transcritas a seguir.

“Posso colocar a estátua em um recipiente com ácido nítrico concentrado. Se ela derreter é latão e se não derreter é ouro” (Estudante L).

“Poderia fazer como foi feito na história em que lemos nas aulas anteriores: medir na balança e fazer uma comparação com algo de ouro que eu tenha no laboratório, depois comparar a densidade para descobrir, usando o tubo de ensaio e a água” (Estudante M).

Essas duas respostas são representativas das expostas pelos demais estudantes que foram classificadas nesse grupo. Dois deles utilizaram caminhos que destroem a estátua e outros seis usaram as moedas de ouro presentes na HQ, mas não

disponíveis no laboratório da escola. Novamente os estudantes usam um fragmento da HQ e descrevem a realidade (a solução para o problema) a partir dele. Ao afirmar “algo de ouro que eu tenho no laboratório” pode-se imaginar que estão se referindo às moedas de ouro, já que os estudantes pressupõem que elas são parte integrante do problema e devem necessariamente estar disponíveis para que ele seja solucionado, ainda que não mencionadas no enunciado. É o que Bruner (2002) aponta como pressuposição a partir da narrativa.

Um grupo significativo de estudantes propôs a utilização de um líquido que tivesse densidade intermediária entre o latão e o ouro, para poder reconhecer se o material era de latão. Nesse caso, se o material testado flutuasse não seria ouro, e se afundasse, provavelmente seria. Essa categoria específica teve o maior número de respostas para a questão problema. Nenhum deles forneceu qualquer indicação de qual líquido poderia ser usado, ou se seria possível encontrá-lo na escola. A resposta do Estudante A é um exemplo dessa subcategoria.

“No laboratório, eu iria encher um tubo com um líquido entre a densidade de 9,0 g/mL e 19,2 g/mL, se o objeto por um tempo afunda é porque supostamente pode ser ouro, se flutuar é porque supostamente é latão” (Estudante A).

Apenas um estudante se utiliza das medidas de massa e volume para encontrar a densidade. Sua solução atende às duas condições propostas pelo problema, de maneira completa. A resposta do Estudante B está transcrita a seguir:

“Primeiro eu colocaria o objeto na balança para ver a massa, depois colocaria em um tubo com água para ver o volume, e usaria a fórmula $d = m/v$. Se a densidade der 19,3 g/L é ouro, se der 8,6 g/mL é latão” (Estudante B).

Notamos que o Estudante B produziu um erro conceitual referente à unidade. Acreditamos se tratar de um descuido de escrita, e que isso não reflete no entendimento sobre o que foi solicitado.

Outras três respostas, embora trouxessem conceitos científicos, eram incompletas ou faziam pouco sentido do ponto de vista da ciência Química. Com elas não foi possível perceber se os estudantes compreenderam o problema ou se não tinham conhecimento suficiente para construir uma solução. Seleccionamos uma dessas respostas, que é representativa das demais que estão nessa categoria:

“Descobrimos a densidade, a massa. Acho que você balanceava, colocando em tubos de ensaio colocando em ácido e descobrimos o volume e a massa, aí você faz a regra de 3” (Estudante N).

Apesar do envolvimento dos estudantes com a HQ ser maior do que o envolvimento com as demais aulas de Química, percebemos que, ao propor uma solução para o problema presente na prova, muitos deles violaram uma das condições presentes na questão e um número expressivo usou o líquido intermediário. O conceito de densidade, que foi chave na resolução da HQ, foi apropriado por um único estudante, mas não pelos demais.

Por causa da mudança do calendário, ocorrida em função da Copa do Mundo de futebol,⁴ a **terceira etapa** foi realizada cerca de três meses depois. Para essa atividade, os estudantes foram reunidos em seis grupos, de acordo com as categorias (Quadro 1) de suas respostas na questão de prova. Os estudantes pertencentes à categoria de líquido intermediário foram divididos em dois grupos. Em grupos, eles foram instruídos a pensar novamente na situação-problema, a partir do *feedback* dado pela professora às respostas e a apresentar uma resposta adequada ao que foi solicitado. O Quadro 2 retrata os grupos, a quantidade de estudantes em cada um dos grupos, as categorias em que classificamos as respostas dadas à questão da prova, e a resposta que apresentaram ao fim da discussão nos grupos.

Dois desses grupos, os de número 2 e 4, usaram os conceitos de massa e volume adequadamente e, assim, demonstraram domínio no uso do conceito de densidade. Os grupos 1 e 3, durante a realização da atividade discutiram com a professora e entre si, demonstrando interesse. Porém, ao que nos parece, faltaram elementos que permitissem a eles chegar a uma explicação consensual que atendesse aos requisitos da questão, o

Quadro 2: Síntese das respostas fornecidas nas diferentes etapas do trabalho

Grupo	Nº. de Estudantes	Categoria das respostas da prova escrita	Categoria das respostas durante a conclusão da atividade
1	2	Destroem a estátua	Usam moedas (solução da HQ)
2	6	Usam moedas	Medida de massa e volume
3	6	Líquido intermediário (a)	Semelhante à das moedas (solução da HQ), mas com um bloco de cobre.
4	7	Líquido intermediário (b)	Medida de massa e volume
5	1	Medida de massa e volume	-----
6	3	Sem sentido	Duas soluções: uma que compara dois objetos e uma que usa um líquido de densidade intermediária.

que, ao final, os levou a optar pelo procedimento que lhes era familiar: o da HQ. Novamente descrevem a realidade a partir da consciência do protagonista da HQ, mostrando que estão se utilizando da estrutura narrativa criada anteriormente (Bruner, 1991). O grupo 6 mostrou pouco entendimento sobre o problema proposto e, assim, não foi capaz de propor uma solução. Para esses três estudantes provavelmente seria necessária a retomada do processo de ensino.

O fato de 14 dos 25 estudantes terem se apropriado do conceito de densidade para resolver um problema que lhes foi proposto nos fez acreditar que a HQ teve uma contribuição importante. A resolução dessa situação-problema exigia mais do que uma memorização de conceitos. Esses estudantes, cada um a seu tempo, propuseram as medidas de massa e de volume e com elas o cálculo da densidade do material. De posse do valor da densidade desse material, eles poderiam comparar com os valores de densidade do ouro e do latão, presentes na questão proposta.

A presença constante da solução apresentada na HQ mais uma vez mostra como a narrativa ajudou a construir a memória dos estudantes quanto ao conceito de “densidade”, fornecendo a eles conhecimentos básicos que posteriormente foram usados na resolução de problemas. Os outros onze estudantes, porém, quando confrontados com objeções às teorias próprias que haviam desenvolvido, retornavam àquilo que estava narrativamente estruturado em suas mentes (isso é, a solução das moedas), em vez de melhorarem suas teorias. O fato de retornarem ao procedimento presente na HQ evidencia duas coisas:

- 1) Os estudantes ainda não tinham seu conhecimento consolidado o bastante para se apoiarem nele, o que é sinal de que seu processo de aprendizagem ainda estava ocorrendo e que precisavam de mais tempo do que lhes havia sido dado até aquele momento. A atividade de retomada da prova não foi, para esses estudantes, simples aferição do que já sabiam, mas parte do processo de aprendizagem; e
- 2) A narrativa funcionou como âncora para os estudantes que estavam inseguros de sua posição, reforçando o importante papel que uma HQ pode ter no processo da aprendizagem. Eles não recorreram às informações que lhes foram dadas no modo paradigmático, mas sim à narrativa que leram.

À luz de nossos resultados, acreditamos que os estudantes incorporam a narrativa presente na HQ à sua visão de mundo muito mais facilmente do que costumam incorporar uma informação científica apresentada paradigmaticamente. Como já ressaltado por Soares (2004), o estudante que não aprende, durante as aulas, os conceitos científicos envolvidos na história, provavelmente terá grandes dificuldades de questionar esse conteúdo. Considerando nossos resultados, temos a convicção de que, para surtir um efeito positivo em termos de apropriação de um conceito científico, esse deve ser central na narrativa. No caso da HQ usada nesse trabalho, o conceito estava presente na narrativa, mas a resolução do problema usou elementos que não faziam parte do contexto dos estudantes (as moedas de ouro).

Percebemos que, ao não conseguir organizar narrativamente a sua própria “história”, os estudantes recorreram à solução presente na HQ.

Bruner (2001) defende que todo encontro de ensino-aprendizagem é centrado no processo de permitir ao estudante aprender a pensar a partir do que ele já sabe. Sob essa perspectiva, podemos dizer que a experiência com a HQ teve um impacto positivo junto aos estudantes investigados neste trabalho. Ao final da terceira etapa, três dos seis grupos de estudantes (cada um a seu tempo) haviam fornecido uma solução para o problema proposto pela professora, ou seja, 56% da turma. Consideramos esse resultado bastante expressivo. Para esses 14 estudantes, o conhecimento estruturado pela HQ e pela discussão dessa história durante todo o processo foi suficiente para darem um “passo além” na solução da situação-problema, caracterizando essa atividade como um encontro de ensino-aprendizado (Bruner, 2001).

As aulas relatadas atuaram positivamente na participação dos estudantes, conforme já dito, e alguns casos foram particularmente interessantes. Um deles é o do Estudante P, que normalmente não participava verbalmente das aulas, mas demonstrou interesse e participou em várias oportunidades durante toda a pesquisa, a ponto de pedir silêncio aos colegas durante sua fala. Outro caso que merece ser mencionado é o do Estudante W, que é portador de uma grave deficiência visual. Ele participou ativamente de todos os momentos da atividade. Uma colega leu a HQ para ele e as manifestações que fez ao longo das aulas investigadas nos faz argumentar que ele não só entendeu o enredo, como também entendeu a Ciência presente nesse enredo. Isso constitui uma evidência de que, apesar de a leitura dos quadrinhos ser uma atividade visual, a inclusão acontece se a leitura desperta o interesse do leitor. Pizarro *et al.* (2011), ao trabalharem com uma HQ intitulada “Jogo do Lixo”, já haviam destacado o potencial das HQs para promover o debate em sala de aula. Em nosso trabalho esse potencial ficou evidente, com a participação de estudantes como aconteceu nos casos de P e W.

Considerações Finais

De maneira geral, pudemos perceber que, durante todas as etapas da pesquisa, os estudantes espontaneamente se remeteram à solução proposta pelos personagens da história, sempre que se deparavam com um problema semelhante. Isso aconteceu tanto na primeira situação-problema, proposta no dia da leitura da HQ, quanto três meses depois, durante a retomada da questão problema na atividade avaliativa. O fato de que a HQ ficou presente na memória desses estudantes pode ser atribuído à natureza narrativa das HQs, que as aproxima da linguagem comum das interações humanas. Além disso, há a possibilidade de que os próprios elementos da narrativa podem levar esse estudante a prestar mais atenção a elementos-chave de um problema, investindo-os de valor emocional e, portanto, retendo-os de forma mais duradoura na memória (Bruner, 2002).

Portanto, argumentamos que a HQ não representou, para esse grupo de estudantes, simplesmente um meio mais atrativo de inserir os conceitos científicos, mas uma oportunidade de auxiliar na criação de uma narrativa interior, que “acomodou” esses conceitos. Embora as propostas iniciais de resolução de um problema fossem construídas com elementos presentes na HQ e que não estavam disponíveis no mundo real, ou seja, no laboratório da escola, ao serem questionados sobre isso os estudantes foram, aos poucos, se apropriando de um novo modo de pensar uma solução. Ao que nos parece, a HQ facilitou a memória de um procedimento usado pelos personagens e auxiliou na construção de um novo procedimento, para a maior parte dos estudantes. Mesmo aqueles estudantes que tiveram dificuldade em transcender a situação da história e que, por isso, se fixaram no uso das moedas de ouro, são exemplos de como a estrutura narrativa é poderosa na formação de memórias e, nesse sentido, merece a atenção de pesquisadores.

Os resultados aqui encontrados nos levam a crer que as HQs são instrumentos eficazes para auxiliar na aprendizagem, engajando os estudantes na discussão de um conceito e ajudando-os a fazer relações desse conceito com um contexto que, embora guarde algumas semelhanças, traz diferenças significativas.

Em todos os trabalhos já relatados envolvendo HQ no ensino de Ciências, os autores argumentam sobre resultados positivos em termos de aprendizagem quando as HQs foram usadas para trabalhar temas científicos com os estudantes. Pelos dados encontrados em nosso trabalho, sabemos que o entendimento de um conceito exige bem mais que uma HQ. É preciso que o professor use de estratégias específicas para que os estudantes percebam a relação dos conceitos científicos tanto com a história narrada quanto com o contexto.

HQs comerciais, como os quadrinhos *Disney* ou da Turma da Mônica, são comumente usadas para discutir algum fenômeno químico que esteja presente nessas HQs. Certamente esses quadrinhos comerciais possuem o benefício de envolver os estudantes na atividade. No entanto, consideramos ser importante uma atenção à forma como o conceito científico é apresentado nessas HQs. A formação de concepções alternativas ou de um entendimento equivocado do fato ou fenômeno apresentado na HQ pode se mostrar como um obstáculo para a construção de uma ideia científica. Além disso, caso o conceito não seja importante para a narrativa da história, provavelmente não gerará um interesse emocional no estudante.

A primeira questão que intencionávamos responder com este trabalho se refere ao impacto dos quadrinhos para o ensino de conceitos da Química. Entendemos, agora, que esse impacto foi significativo. Ficou visível que os estudantes se apegaram a elementos que foram investidos de forte valor sentimental na história, e esses elementos eram justamente aqueles que ajudariam os estudantes a compreender o procedimento experimental e o conceito de densidade (como as moedas de ouro, por exemplo). Se a história não dispensasse carga emocional a esses elementos, os estudantes poderiam não os lembrar mais tarde, não

alcançando o mesmo nível de impacto em aulas subsequentes. O desafio trazido por esse apego aos elementos marcantes está no fato de que, caso os estudantes não sejam capazes de articular seus próprios recursos para construir sua solução para o problema, eles terminarão resgatando o que lembrarem da história em vez de buscar transcender esses elementos.

A segunda questão referia-se à contribuição desse impacto na apropriação de um conceito científico. Vimos que três grupos de estudantes foram capazes – cada um em seu tempo – de usar o conceito adequadamente na resolução da situação-problema. Portanto, a nosso ver, há uma contribuição significativa na aprendizagem.

Na terceira questão tínhamos a intenção de verificar se os elementos presentes na HQ seriam lembrados pelos estudantes, em atividade posterior. Para essa questão podemos afirmar categoricamente que sim. O grupo de estudantes participantes recorreu inúmeras vezes aos elementos presentes na HQ para tentar encontrar uma solução adequada para a situação-problema, tanto durante a prova quanto no momento em que ela foi retomada, praticamente três meses depois.

Percebemos que as vantagens e desvantagens dos quadinhos vão muito além da trama da história, do interesse que geram e da arte dos mesmos. Acreditamos que quadrinistas interessados em contribuir com o ensino de Ciências poderão utilizar os resultados aqui apresentados para a criação de materiais cada vez mais adequados a esse objetivo, inclusive a autora da HQ em questão e os autores Gama e Francisco Junior (2014), que já se iniciaram nessa tarefa. Temos claro, porém, a necessidade de ampliar essa pesquisa, aprofundando a respeito de narrativas a serem usadas em sala de aula, dos elementos que devem ou não figurar nelas e sobre o alcance do texto e da imagem presente em uma HQ, por exemplo.

Com isso, somos favoráveis ao uso de HQs em aulas de Ciências, já que a HQ utilizada se mostrou como uma aliada ao trabalho docente, principalmente por ter engajado os estudantes nas aulas e na discussão de situações-problema que envolviam conceitos químicos. Ressaltamos, no entanto, que uma atenção maior deve ser dada à seleção da história e da atividade a ser desenvolvida pelo professor para transformar uma história “fictícia” em ferramenta de aprendizagem em sala de aula. Temos a expectativa que, no futuro, a mídia dos quadrinhos seja aperfeiçoada para ter uma presença maior nas aulas de Ciências, contribuindo não só com o interesse e a motivação dos estudantes quanto ao assunto tratado, mas também com o processo de aprendizagem em si.

Notas

1. Blog de tirinhas Bram & Vlad. Disponível em <http://bramevlad.blogspot.com.br/>, acessada em Março 2018.
2. Publicação de imprensa alternativa, geralmente produzida por e para fãs, dedicada a manifestações culturais, como é o caso dos quadrinhos.

3. A História em Quadrinhos usada nesse trabalho está disponível em <http://bramevlad.blogspot.com/2017/06/alice-e-estatua-misteriosa.html>, acessada em Março 2018.

4. A Copa do Mundo de futebol de 2014 foi realizada no Brasil e, em função dos jogos realizados na cidade de Belo Horizonte, o calendário escolar sofreu alterações.

Referências

- BARTLETT, F. *Remembering: a study in experimental and social psychology*. Cambridge: Cambridge University Press, 1932.
- BRUNER, J. *A cultura da educação*. Porto Alegre: Artes Médicas, 2001.
- _____. *Atos de significação*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.
- _____. *Fabricando histórias: direito, literatura, vida*. São Paulo: Letra e Voz, 2010.
- _____. *Realidade mental, mundos possíveis*. Porto Alegre: Artes Médicas, 2002.
- _____. The narrative construction of reality. *Critical Inquiry*, v. 18, n. 1, p. 1-12, 1991.
- CARUSO, F. e SILVEIRA, C. Quadrinhos para a cidadania. *História, Ciências, Saúde - Manguinhos*, v. 16, n. 1, p. 217-236, 2009.
- CHINELLI, M. V.; FERREIRA, M. V. S. e AGUIAR, L. E. V. Epistemologia em sala de aula: a natureza da ciência e da atividade científica na prática profissional de professores de ciências. *Ciência & Educação*, v. 16, n. 1, p. 17-35, 2010.
- COUPIERE, P.; DESTEFANIS, P.; FRANÇOIS, E.; HORN, M.; MOLITERNI, C. e TALABOT, G. G. *Histórias em quadrinhos e comunicação de massa*. São Paulo: MASP, 1970.
- EISNER, W. *Quadrinhos e arte sequencial*. São Paulo: Martins Fontes, 1989.
- GAMA, E. J. S. e FRANCISCO JUNIOR, W. E. Avaliando uma história em quadrinhos produzida para o ensino de química e educação ambiental. In: *Anais do XVII Encontro Nacional de Ensino de Química*. Ouro Preto, MG, 2014.
- GLASER, B. G. e STRAUSS, A. L. *The discovery of grounded theory: strategies for qualitative research*. New York: Aldine de Gruyter, 1967.
- LÜDKE, M. e ANDRÉ, M. E. D. A. *Pesquisa em educação: abordagens qualitativas*. São Paulo: EPU, 1986.
- MANDLER, J. *Stories, scripts and scenes: aspects of schema theory*. Hillsdale: L. Erlbaum Associates, 1984.
- MALAFIA, G.; BÁRBARA, V. F. e RODRIGUES, A. S. L. Análise das concepções e opiniões de discentes sobre o ensino da biologia. *Revista Eletrônica de Educação*, v. 4, n. 2, nov. 2010.
- MCCLOUD, S. *Desvendando os quadrinhos*. São Paulo: Makron Books, 1995.
- MIGUÊZ, L. S.; CASTRO, L. M. F. e ARAUJO, G. C. Uma história em quadrinhos - as aventuras de Hélio em: estudando o ciclo do nitrogênio e o princípio de Le Chatelier. In: *Anais do XVII Encontro Nacional de Ensino de Química*. Florianópolis, SC, 2016.
- MUCCHIELLI, R. *Les méthodes qualitatives*. Paris: Presses Universitaires de France, 1991.
- OLIVEIRA, R. D. V. L.; DELOU, C. M. C. e CÔRTEZ, C. E. S. O ensino de estrutura atômica usando uma história em quadrinhos. In: *Anais do XV Encontro Nacional de Ensino de Química*. Brasília, DF, 2010.
- PIZARRO, M. V. *Histórias em quadrinhos e o ensino de ciências nas séries iniciais: estabelecendo relações para o ensino de conteúdos curriculares procedimentais*. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência). Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2009a.
- _____. As histórias em quadrinhos como linguagem e recurso didático no ensino de ciências. In: *Atas do VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (VII ENPEC)*. Florianópolis, SC, 2009b.
- PIZARRO, M. V.; IACHEL, G. e SANCHES, I. A. S. Discussões sobre a seleção de lixo reciclável nos anos iniciais: uma proposta em alfabetização científica a partir do trabalho com histórias em quadrinhos no 2º ano do ensino fundamental. In: *Atas do VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (VIII ENPEC)*. Campinas, SP, 2011.
- RODRIGUES, A. A. D. e QUADROS, A. L. O uso de histórias em quadrinhos no ensino de química: relatando uma experiência. In: *Anais do XVII Encontro Nacional de Ensino de Química*. Ouro Preto, MG, 2014.
- SANTOS, P. N. e AQUINO, K. A. S. Produção de histórias em quadrinhos no ensino de química orgânica: a química dos perfumes como temática. In: *Anais do XV Encontro Nacional de Ensino de Química*. Brasília, DF, 2010.
- SANTOS, D. O.; LIMA, J. P. M. e SILVA FILHO, J. C. A. Química do ovo: uma HQ para o ensino de Química. In: *Anais do XV Encontro Nacional de Ensino de Química*. Brasília, DF, 2010.
- SANTOS, J. S.; GUEDES, J. T.; OLIVEIRA, F. S.; SANTOS, L. D. e CRUZ, M. C. Abordagem do comportamento ácido e básico nas frutas através das histórias em quadrinhos (HQs). In: *Anais do XVII Encontro Nacional de Ensino de Química*. Ouro Preto, MG, 2014.
- SOARES, A. H. M. *A química e a imagem da ciência e dos cientistas na banda desenhada: uma análise de livros de B. D. e de opiniões e interpretações de investigadores, professores de C. F. Q. e estudantes do 3º ciclo*. Dissertação (Mestrado em Química – Especialização em Ensino). Universidade do Minho, Braga, Portugal, 2004. Disponível em <<http://hdl.handle.net/1822/590>>, acessada em Março 2018.
- TESTONI, L. A. *Um corpo que cai: histórias em quadrinhos no ensino de física*. Dissertação (Mestrado em Educação). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.
- UCHÔA, A. M.; FRANCISCO JUNIOR, W. E. e FRANCISCO, W. Produção e avaliação de uma história em quadrinhos para o ensino de química. In: *Anais do XVI Encontro Nacional de Ensino de Química*. Salvador, BA, 2012.
- VERGUEIRO, W. e RAMOS, P. *Quadrinhos na educação*. São Paulo: Editora Contexto, 2009.
- VERGUEIRO, W. e SANTOS, R. E. Histórias em quadrinhos no processo de aprendizado: da teoria à prática. *EccoS Revista Científica*, n. 27, p. 81-95, jan./abr. 2012.
- YIN, R. K. *Estudo de caso: planejamento e métodos*. 3ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

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. - (Ambrogio et al., 1987).

KOTZ, J.C. e TREICHEL Jr., P. *Química e reações químicas*. Trad. J.R.P. Bonapace. 4ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2002. v. 1. - (Kotz e Treichel Jr., 2002).

- **Para periódicos** referência completa (citação no texto entre parênteses):

TOMA, H.E. A nanotecnologia das moléculas. *Química Nova na Escola*, n. 21, p. 3-9, 2005. - (Toma, 2005).

ROSINI, F.; NASCENTES, C.C. E NÓBREGA, J.A. Experimentos didáticos envolvendo radiação microondas. *Química Nova*, v. 26, p. 1012-1015, 2004. - (Rosini et al., 2004).

- **Para páginas internet** referência completa (citação no texto entre parênteses):

<http://qnesc.sbq.org.br>, acessada em Março 2008. - (Revista Química Nova na Escola, 2008).

Para outros exemplos, consulte-se número recente da revista.

Os autores devem, sempre que possível, sugerir outras leituras ou acessos a informações e reflexões a respeito dos temas abordados no texto, para serem incluídos em "Para Saber Mais".

As legendas das figuras devem ser colocadas em página à parte, ao final, separadas das figuras. A seguir devem ser colocadas as figuras, os gráficos, as tabelas e os quadros. No texto, apenas deve ser indicado o ponto de inserção de cada um(a).

Os autores devem procurar seguir, no possível, as normas recomendadas pela IUPAC, inclusive o Sistema Internacional de Unidades.

Condições para Submissão dos Artigos

- 1) Os manuscritos submetidos não devem estar sendo analisados por outros periódicos.
- 2) Os autores são responsáveis pela veracidade das informações prestadas e responsáveis sobre o conteúdo dos artigos.
- 3) Os autores devem seguir as recomendações das Normas de Ética e Más Condutas constantes na página da revista <http://qnesc.sbq.org.br/pagina.php?idPagina=17>.
- 4) Os autores declaram que no caso de resultados de pesquisas 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.sbq.org.br>) usando a opção Novo Usuário. Usuários das plataformas do JBCS e QN já estão cadastrados na base, devendo utilizar o mesmo Login e Senha. Após estar cadastrado no sistema, o autor pode facilmente seguir as instruções fornecidas na tela. Será solicitada a submissão de um único arquivo do manuscrito completo, em formato PDF. Está disponível uma ferramenta para gerar o arquivo .pdf, a partir de arquivo .doc ou .rtf, com envio automático para o endereço eletrônico do autor. Tão logo seja completada a submissão, o sistema informará automaticamente, por correio eletrônico, o código temporário de referência do manuscrito, até que este seja verificado pela editoria. Então será enviada mensagem com o número de referência do trabalho.

Se a mensagem com código temporário de submissão não for recebida, por algum motivo, a submissão não foi completada e o autor terá prazo máximo de 5 (cinco) dias para completá-la. Depois desse prazo, o sistema não permite o envio, devendo ser feita nova submissão. O autor poderá acompanhar, diretamente pelo sistema, a situação de seu manuscrito.

Ao fazer a submissão, solicita-se uma carta de apresentação, indicando a seção na qual o artigo se enquadra, que deverá ser digitada no local indicado, sendo obrigatória a apresentação dos endereços eletrônicos de todos os autores.

Manuscritos revisados

Manuscritos enviados aos autores para revisão devem retornar à Editoria dentro do prazo de 30 dias ou serão considerados como retirados. A editoria de Química Nova na Escola reserva-se o direito de efetuar, quando necessário, pequenas alterações nos manuscritos aceitos, de modo a adequá-los às normas da revista e da IUPAC, bem como tornar o estilo mais claro - respeitando, naturalmente, o conteúdo do trabalho. Sempre que possível, provas são enviadas aos autores, antes da publicação final do artigo.

Todos os textos submetidos são avaliados no processo de duplo-cego por ao menos dois assessores. Os Editores se reservam o direito de julgar e decidir sobre argumentos divergentes durante o processo editorial.

Seções / Linha Editorial

Química Nova na Escola (Impresso)

Serão considerados, para publicação na revista Química Nova na Escola (impresso), artigos originais (em Português) que focalizem a área de ensino de Química nos níveis fundamental, médio ou superior, bem como artigos de História da Química, de pesquisa em ensino e de atualização científica que possam contribuir para o aprimoramento do trabalho docente e para o aprofundamento das discussões da área.

Química Nova na Escola (On-line)

Serão considerados, para publicação na revista Química Nova na Escola (on-line), além dos artigos com o perfil da revista impressa, artigos inéditos (empíricos, de revisão ou teóricos) em Português, Espanhol ou Inglês que apresentem profundidade teórico-metodológica, gerem conhecimentos novos para a área e contribuições para o avanço da pesquisa em Ensino de Química. Estes artigos deverão atender aos critérios da seção “Cadernos de Pesquisa”.

Os artigos são aceitos para publicação nas seguintes seções:

● QUÍMICA E SOCIEDADE

Responsável: Roberto Ribeiro da Silva (UnB)

Aspectos importantes da interface química/sociedade, procurando analisar as maneiras como o conhecimento químico pode ser usado - bem como as limitações de seu uso - na solução de problemas sociais, visando a uma educação para a cidadania. Deve-se abordar os principais aspectos químicos relacionados à temática e evidenciar as principais dificuldades e alternativas para o seu ensino.

Limite de páginas: 20

● EDUCAÇÃO EM QUÍMICA E MULTIMÍDIA

Responsável: Marcelo Giordan (USP)

Visa a aproximar o leitor das aplicações das tecnologias da informação e comunicação no contexto do ensino-aprendizado de Química, publicando resenhas de produtos e artigos/notas teóricos e técnicos. Deve-se explicitar contribuições para o processo de ensino-aprendizagem.

Limite de páginas: 15

● ESPAÇO ABERTO

Responsável: Otavio Aloísio Maldaner (Unijuí)

Divulgação de temas que igualmente se situam dentro da área de interesse dos educadores em Química, de forma a incorporar a diversidade temática existente hoje na pesquisa e na prática pedagógica da área de ensino de Química, bem como desenvolver a interface com a pesquisa educacional mais geral. Deve-se explicitar contribuições para o processo de ensino-aprendizagem.

Limite de páginas: 20

● CONCEITOS CIENTÍFICOS EM DESTAQUE

Responsável: José Luís de Paula Barros Silva (UFBA)

Discussão de conceitos básicos da Química, procurando evidenciar sua relação com a estrutura conceitual da Ciência, seu desenvolvimento histórico e/ou as principais dificuldades e alternativas para o ensino.

Limite de páginas: 20

● HISTÓRIA DA QUÍMICA

Responsável: Paulo Porto (USP)

Esta seção contempla a História da Química como parte da História da Ciência, buscando ressaltar como o conhecimento científico é construído. Deve-se apresentar dados históricos, preferencialmente, de fontes primárias e explicitar o contexto sociocultural do processo de construção histórica.

Limite de páginas: 15

● ATUALIDADES EM QUÍMICA

Responsável: Edvaldo Sabadini (Unicamp)

Procura apresentar assuntos que mostrem como a Química é uma ciência viva, seja com relação a novas descobertas, seja no que diz respeito à sempre necessária redefinição de conceitos. Deve-se explicitar contribuições para o ensino da Química.

Limite de páginas: 15

● RELATOS DE SALA DE AULA

Responsável: Nyuara Araújo da Silva Mesquita (UFG)

Divulgação das experiências dos professores de Química, com o propósito de socializá-las junto à comunidade que faz educação por meio da Química, bem como refletir sobre elas. Deve-se explicitar contribuições da experiência vivenciada e indicadores dos resultados obtidos.

Limite de páginas: 20

● ENSINO DE QUÍMICA EM FOCO

Responsável: Ana Luiza de Quadros (UFMG)

Investigações sobre problemas no ensino da Química, explicitando os fundamentos teóricos, o problema, as questões ou hipóteses de investigação e procedimentos metodológicos adotados na pesquisa, bem como analisando criticamente seus resultados.

Limite de páginas: 25

● O ALUNO EM FOCO

Responsável: Edênia Maria Ribeiro do Amaral (UFRPE)

Divulgação dos resultados das pesquisas sobre concepções de alunos e alunas, sugerindo formas de lidar com elas no processo ensino-aprendizagem, explicitando os fundamentos teóricos, o problema, as questões ou hipóteses de investigação e procedimentos metodológicos adotados na pesquisa, bem como analisando criticamente seus resultados.

Limite de páginas: 25

● EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE QUÍMICA

Responsável: Moisés Alves de Oliveira (UEL)

Divulgação de experimentos que contribuam para o tratamento de conceitos químicos no Ensino Médio e Fundamental e que utilizem materiais de fácil aquisição, permitindo sua realização em qualquer das diversas condições das escolas brasileiras. Deve-se explicitar contribuições do experimento para a aprendizagem de conceitos químicos e apresentar recomendações de segurança e de redução na produção de resíduos, sempre que for recomendável.

Limite de páginas: 10

● CADERNOS DE PESQUISA

Responsável: Editoria

Esta seção é um espaço dedicado exclusivamente para artigos inéditos (empíricos, de revisão ou teóricos) que apresentem profundidade teórico-metodológica, gerem conhecimentos novos para a área e contribuições para o avanço da pesquisa em Ensino de Química. Os artigos empíricos deverão conter revisão consistente de literatura nacional e internacional, explicitação clara e contextualização das questões de pesquisa, detalhamento e discussão dos procedimentos metodológicos, apresentação de resultados e com conclusões que explicitem contribuições, implicações e limitações para área de pesquisa em Ensino de Química. Os artigos de revisão deverão introduzir novidades em um campo de conhecimento específico de pesquisa em Ensino de Química, em um período de tempo não inferior a dez anos, abrangendo os principais periódicos nacionais e internacionais e apresentando profundidade na análise crítica da literatura, bem como rigor acadêmico nas argumentações desenvolvidas. Os artigos teóricos deverão envolver referenciais ainda não amplamente difundidos na área e trazer conclusões e implicações para a pesquisa e a prática educativa no campo do Ensino de Química, apresentando profundidade teórica, bem como rigor acadêmico nas argumentações desenvolvidas. Para esta seção, o resumo do artigo deverá conter de 1000 a 2000 caracteres (espaços inclusos), explicitando com clareza o objetivo do trabalho e informações sobre os tópicos requeridos para o tipo de artigo. Poderão ser indicadas até seis palavras-chaves.

Limite de páginas: 30 a 40.

A Divisão de Ensino da Sociedade Brasileira de Química tem o prazer de anunciar mais um produto,
Programas de TV Química Nova na Escola no formato DVD.

Nesta edição dos **Programas de TV QNEsc**, você encontrará:

- Visualização Molecular
- Nanotecnologia
- Hidrosfera
- Espectroscopia
- A Química da Atmosfera
- A Química dos Fármacos.
- Polímeros Sintéticos
- As Águas do Planeta Terra
- Papel: origem, aplicações e processos.
- Vidros: evolução, aplicações e reciclagem.
- Vidros: origem, arte e aplicações.
- Látex: a camisinha na sala de aula.

São **12 títulos temáticos** em formato digital que totalizam cerca de 4 horas de programação.

Para outras informações e aquisição, acesse www.s bq.org.br em Produtos da SBQ.

