

# química nova

NA ESCOLA

Volume 47 • N° 2 • maio 2025



### EDITORES

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

### CONSELHO EDITORIAL

Alice Ribeiro Casimiro Lopes (FE-UERJ - Rio de Janeiro, RJ - Brasil)  
Antônio 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)  
Gisela Hernández (UNAM - Cidade do México, México)  
Julio Cezar Foschini Lisbôa (GEPEQ-USP - São Paulo, SP - Brasil)  
Lenir Basso Zanon (UNIJUÍ - Ijuí, RS - Brasil)  
Marcelo Giordan (FE-USP - São Paulo, SP - Brasil)  
Otávio Aloísio Maldaner (UNIJUÍ - Ijuí, RS - Brasil)  
Roberto Ribeiro da Silva (UnB - Brasília, DF - Brasil)  
Roseli Pacheco Schnetzler (UNIMEP - Piracicaba, SP - Brasil)

### ASSISTENTE EDITORIAL

Nássara Bárbara Mendes Tanabe

*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,  
E-mail: qnesc@sbq.org.br

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

Indexada no: *Chemical Abstracts*, *DOAJ*, *Latindex*, *EDUBASE*, *CCN/IBICT*,  
*Portal de Periódicos da CAPES*, *Portal do Professor MEC*,  
*Google Acadêmico* e *Unilibweb*

### Copyright © 2025 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. Conseqüentemente, a SBQ, o Conselho Editorial, os Editores e respectivos funcionários, diretores e agentes isentam-se, totalmente, de qualquer responsabilidade pelas conseqüências de quaisquer tais dados, opiniões ou afirmativas erradas ou enganosas.

### Licenças Creative Commons

Artigos de acesso aberto nas revistas da SBQ são publicados sob licenças *Creative Commons*. Essas licenças proveem um arranjo padrão do setor para apoiar o fácil reuso de material de acesso aberto.

Artigos na QNEsc são publicados sob uma licença CC BY-NC-ND (licença de Atribuição *Creative Commons* Não Comercial-Sem Derivações 4.0 Internacional). A licença CC BY-NC-ND é uma licença restrita. Esta licença permite aos leitores copiar e redistribuir o material em qualquer meio ou formato, sob condição de atribuir crédito ao autor original. Contudo, o material não pode ser usado para fins comerciais. Além disso, ao alterar, transformar, ou incrementar o material, os leitores não podem distribuir o material modificado.

[https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.pt\\_BR](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.pt_BR)



### diagramação/capa

Hermano Serviços de Editoração

# Sumário/Contents

## Química e Sociedade / Chemistry and Society

- 99 Ferramenta digital para o ensino de Química: uma tabela periódica etnociência  
*Digital tool for teaching Chemistry: an ethnoscientific periodic table*  
Miguel Ângelo A. R. Gonçalves, Guilherme Frederico Marranghelo e Elisabete de Avila da Silva

## Educação em Química e Multimídia / Chemical Education and Multimedia

- 106 Computadores em educação química: um relato de 25 anos de prática com o desenvolvimento de jogos educacionais digitais  
*Computers in chemical education: a report of 25 years of practical experience in developing digital educational games*  
Marcelo Leandro Eichler

## Conceitos Científicos em Destaque / Scientific Concepts Highlighted

- 116 O modelo atômico de Thomson em livros de Química: desafios e perspectivas  
*Thomson's atomic model in Chemistry textbooks: challenges and perspectives*  
Lucas Menhô Dias, Valéria Pereira Soares e Evelyn Jeniffer de Lima Toledo
- 126 Revisitando o cotidiano no ensino de Química: um conceito mal compreendido  
*Revisiting everyday life in Chemistry teaching: a poorly understood concept*  
Edson José Wartha, Eriivanildo Lopes da Silva e Mansur Lutfi

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

- 136 *Flash cards* da tabela periódica  
*Flash cards of the periodic table*  
Rodrigo Alves de Souza
- 145 A Química das Abelhas: uma proposta para abordar tópicos da Química Orgânica  
*The Chemistry of Bees: a proposal to address topics in Organic Chemistry*  
Maurício Rodrigues do Nascimento, Caroline Sabrina Batista Weber, Camila Ramos Ávila, Webyster Geremias, Mateus Aguiar Ferreira e Nathália Marcolin Simon

- 156 Atividades experimentais problematizadas sobre redes metalorgânicas: introduzindo a Química Reticular no Ensino Médio  
*Problematized experimental activities on metal-organic frameworks: introducing reticular chemistry in High School*  
Caroline Batistin da Cruz Almeida, Paulo Rogério Garcez de Moura e Priscilla Paiva Luz

## O Aluno em Foco / The Student in Focus

- 167 Aplicação de sequência didática no ensino de química orgânica através de oficina temática com plantas medicinais em uma escola pública: uma pesquisa-ação  
*Application of a didactic sequence in the teaching of organic chemistry through a thematic workshop with medicinal plants in a public school: an action research*  
Jacqueslayne de Oliveira Chaves, Bruna Rodrigues Soares e Lúcia Meirelles Lobão Protti
- 175 Investigação do percurso formativo de estudantes do curso técnico em Química integrado a partir dos estágios  
*Investigation of the training of students in the integrated Chemistry technical course through internships*  
Camila Ottonelli Calgaro e Nei Jairo Fonseca dos Santos Junior

## Experimentação no Ensino de Química / Practical Chemistry Experiments

- 185 Luz, cor e reação! A fotossíntese como base para discussão de conceitos químicos  
*Light, color and reaction! Photosynthesis as a basis for discussing chemical concepts*  
Douglas Costa da Silva e Gabriel José Soares Coura
- 189 Indicadores ácido-base de extratos naturais: uma proposta experimental para o ensino de Química  
*Acid-base indicators of natural extracts: an experimental proposal for Chemistry teaching*  
Paulo Cardoso Gomes-Junior e Renata Martins dos Santos Paro

## Cadernos de Pesquisa / Research Letters

- 195 Educação inclusiva com estudantes no espectro autista: o uso de organizadores visuais em aulas de ciências  
*Inclusive education with students on the autistic spectrum: the use of visual organizers in science classes*  
Joanna de Paoli e Patrícia Fernandes Lootens Machado

# Conflitos crescem no mundo e vivemos em tempos de insegurança



Na tarde de 8 de maio, uma fumaça branca foi expelida da chaminé da Capela Sistina, na cidade do Vaticano, indicando que havia sido escolhido o novo líder da Igreja Católica. Com influência sobre cerca de 1,4 bilhões de fiéis, a escolha do Cardeal Robert Prevost, agora Papa Leão XIV, tem impacto não só religioso, mas também político e social. A capacidade do papa recém-eleito de lidar com os desafios atuais e de conferir protagonismo à tradição diplomática do Vaticano pode contribuir para minimizar as dores vividas em tempos de tanta insegurança, com o número de conflitos – armados ou não – crescendo no mundo. De fato, além da continuação das guerras entre Rússia e Ucrânia e na Palestina, várias outras tensões persistem ou emergem com recorrência preocupante, como entre Paquistão e Índia, países com arsenal nuclear. No início de seu segundo mandato na presidência dos EUA, Donald Trump deflagrou uma “guerra de tarifas”, aumentando as taxas de importação de produtos de todos os países, especialmente da China. Embora depois tenha recuado em relação aos valores iniciais, as declarações agressivas do mandatário estadunidense (possibilidade de anexar o Canadá e a Groenlândia, retomar o Canal do Panamá) alimentam a insegurança em relação ao entendimento entre povos e nações.

Na esperança de que a justiça e a paz prevaleçam nestes tempos de incertezas, esta edição de *Química Nova na Escola* chega às mãos dos leitores com artigos distribuídos nas seguintes seções: *Química e Sociedade*, *Educação em Química e Multimídia*, *Conceitos Científicos em Destaque*, *Relatos de Sala de Aula*, *O Aluno em Foco*, *Experimentação no Ensino de Química* e *Cadernos de Pesquisa*.

As ferramentas digitais são abordadas nas seções *Química e Sociedade* e *Educação em Química e Multimídia*. Na primeira, consta o artigo “Ferramenta digital para o ensino de química: uma tabela periódica etnocientífica”, que se destina ao estudo da química orgânica, contemplando os saberes de povos tradicionais e colocando também em pauta como são afetados pela mineração, extração e resíduos químicos em seus territórios. Na segunda seção, encontra-se artigo de autoria do Professor Marcelo Leandro Eichler (Universidade Federal do Rio Grande do Sul), “Computadores em educação química: um relato de 25 anos

de prática com o desenvolvimento de jogos educacionais digitais”, no qual destaca sua experiência com a produção de jogos digitais e resgata os estudos de modelagem, implementação e avaliação do *software* educativo *Carbópolis*, um dos primeiros a ser desenvolvido em ambientes de ensino de química no Brasil.

A seção *Conceitos Científicos em Destaque* fornece subsídios para que a compreensão sobre o modelo atômico de Thomson seja ampliada, a partir da apreciação dos resultados de uma investigação sobre a sua apresentação em livros didáticos, conforme discutido no artigo “O modelo atômico de Thomson em livros de química: desafios e perspectivas”. O ensaio intitulado “Revisitando o cotidiano no ensino de química: um conceito mal compreendido” também compõe a referida seção, e traz reflexões sobre os sentidos conferidos ao conceito de cotidiano na perspectiva do ensino de química.

Na seção *Relatos de Sala de Aula*, mais um artigo nesta edição, “Flash cards da tabela periódica”, chama a atenção para a tabela periódica, assunto recorrente em *Química Nova na Escola*. Os autores tratam da ferramenta pedagógica *flash card*, planejada para favorecer múltiplas representações no campo semiótico, que concilia o analógico e o digital, associando materiais acessíveis com pesquisas na internet. Os artigos “Atividades experimentais problematizadas sobre redes metalorgânicas: introduzindo a química reticular no ensino médio” e “A química das abelhas: uma proposta para abordar tópicos da química orgânica” completam a seção. Conforme sugerem os títulos, em ambos são delineadas estratégias para a abordagem na educação básica de tópicos específicos: a química reticular e a química orgânica. A química reticular é estudada a partir de atividades de pesquisa em textos científicos e experimentos de síntese de redes metalorgânicas, enquanto a química das abelhas é discutida em uma oficina temática, que abarca a problematização inicial do tema, organização e aplicação do conhecimento.

Uma segunda oficina temática é relatada na seção *O Aluno em Foco*, no artigo “Aplicação de sequência didática no ensino de química orgânica através de oficina temática com plantas medicinais em uma escola pública: uma pesquisa-ação”, na qual os estudantes tiveram a oportunidade de identificar compostos orgânicos presentes nas plantas,

preparar extratos e discutir sobre suas propriedades medicinais. Na mesma seção, o artigo “Investigação do percurso formativo de estudantes do curso técnico em química integrado a partir dos estágios” toma como objeto de estudo um curso técnico em química de um Instituto Federal da região sul do Brasil.

As atividades didáticas propostas na seção *Experimentação no Ensino de Química* dizem respeito aos processos de fotossíntese e respiração celular e à elaboração de uma escala de pH baseada em cores, utilizando extratos de tecidos vegetais nativos da região amazônica, discutidas, respectivamente, nos artigos “Luz, cor e reação! A fotossíntese como base para discussão de conceitos químicos” e “Indicadores ácido-base de extratos naturais: uma proposta experimental para o ensino de química”.

A seção *Cadernos de Pesquisa* encerra este número, trazendo o artigo “Educação inclusiva com estudantes no espectro autista: o uso de organizadores visuais em aulas de ciências”, que lança luz sobre atividades pedagógicas, tendo em vista o ensino inclusivo de estudantes com autismo.

Desejamos uma ótima leitura a todos!

**Paulo Alves Porto** 

*Instituto de Química,  
Universidade de São Paulo (USP)  
São Paulo-SP, Brasil*

**Saete Linhares Queiroz** 

*Instituto de Química de São Carlos,  
Universidade de São Paulo (USP)  
São Carlos-SP, Brasil*

*Editores de QNEsc*



## Ferramenta digital para o ensino de Química: uma tabela periódica etnocientífica

**Miguel Angelo Adrian Ribeiro Gonçalves, Guilherme Frederico Marranghello e  
Elisabete de Avila da Silva**



O presente trabalho teve como objetivo desenvolver uma ferramenta digital, no formato de uma tabela periódica. Esta tabela foi originalmente desenhada para trabalhar conteúdos de química orgânica de forma contextualizada, não apenas com os saberes de povos tradicionais, mas com as diferentes formas com as quais estes povos são afetados pela mineração, extração ou resíduos químicos presentes em territórios indígenas. A ferramenta, desenvolvida no âmbito de um Mestrado Profissional em Ensino de Ciências, utilizou ferramentas livres como Canva, Genially e Google Sites, sendo denominada de Tabela Periódica Etnocientífica.

► etnoquímica, ferramenta digital, tabela periódica ◀

Recebido em 21/05/2024; aceito em 26/09/2024

### Introdução

Surge, ao longo dos últimos anos, uma preocupação cada vez maior de integrar conhecimentos e saberes de povos tradicionais, de forma transversal, no currículo da Educação Básica. Pesquisadores do Ensino de Ciências se unem àqueles das áreas de Educação e Antropologia com o intuito de promover uma mudança no Ensino de Ciências, a partir dos avanços na área de pesquisa denominada Etnociência, a qual tem suas raízes fundamentadas em propostas científicas no século XIX, “[...] que procuravam registrar uma ampla variedade da utilização de plantas e animais pelos membros de diferentes grupos culturais”. Porém, foi somente nas décadas de 50 e 60 do século XX que as etnociências firmaram-se enquanto campos do conhecimento, vinculadas à etnobiologia e à etnoecologia (Rosa e Orey, 2014, p. 02).

Segundo Bastos (2013), o ramo das etnociências teve como premissa o objetivo de compreender e analisar a complexidade das inter-relações existentes entre os seres vivos, por meio desses processos de interação entre os seres e as distintas culturas existentes, e, a partir daí, foram gerados novos campos de pesquisa, como a etnoecologia, etnobotânica, entre outros. A etnociência pode ser definida como

**Uma alternativa para inovar o ensino de química e os métodos dos docentes é o ramo da etnoquímica, uma área que surgiu dentro da área da etnociência, sendo compreendida como uma área que integra conceitos químicos aos saberes populares.**

um enfoque do conhecimento científico contribuindo para as pesquisas em processos naturais, os saberes vivenciados no cotidiano, e principalmente dando ênfase às comunidades tradicionais, que disseminam esses conhecimentos (Vieira e Maimon, 1993).

O ensino de Química, com o avançar dos anos, foi sendo reestruturado, tendo em vista a alta demanda por métodos inovadores e uso mais recorrente de ferramentas que possibilitem uma aprendizagem mais compatível com a realidade dos indivíduos, ou seja, contextualizando e exemplificando com as vivências atuais da sociedade. Segundo Arroio *et al.* (2006), o professor será a peça fundamental para a construção dessas novas estruturas de ensino, nas quais, ao assumir uma postura crítica, poderá promover em seus alunos ações colaborativas e participativas, tanto na sociedade quanto em sua aprendizagem.

Neste contexto, torna-se necessário que o professor/mediador procure abordar em suas aulas temáticas sociais e atuais, fazendo uso de tecnologias e novas metodologias de ensino. Uma alternativa para inovar o ensino de química e os métodos dos docentes é o ramo da etnoquímica, uma área que surgiu dentro da área da etnociência, sendo compreendida como uma área que integra conceitos químicos aos saberes

populares. Um dos grandes disseminadores da etnoquímica no país foi o Professor e Doutor em Ciências Humanas Attico Chassot, responsável pela produção de artigos que abordam a importância e relevância dos saberes populares de determinada região alinhados aos conhecimentos científicos de química. Segundo Chassot (2008), a escola precisa ser uma das peças fundamentais para que ocorra a inserção desta área em salas de aula, pois traz à tona temas da atualidade, podendo contribuir para disseminar, valorizar e, sobretudo, aprender sobre os conhecimentos populares e suas vivências culturais contextualizados com compostos, nomenclaturas e estruturas, conceitos principais do ramo da química.

Este conhecimento está apresentado em uma ferramenta digital que intitulamos Tabela Periódica Etnocientífica. Segundo Farias e Cardoso (2022), há uma infinidade de ferramentas digitais que podem auxiliar na aprendizagem e também contribuem para a elaborar materiais para os professores utilizarem com os seus alunos. Essas plataformas permitem a exploração dos conceitos científicos de forma dinâmica e contextualizada. Lopes *et al.* (2014) destacam que ao fazer uso desses recursos interativos em salas de aula, o professor pode proporcionar um maior dinamismo e melhor aprendizagem na construção dos conhecimentos.

Com base nessa perspectiva, que busca integrar um ensino de química orgânica tradicional, não apenas com conhecimentos de povos tradicionais, mas também com a dura relação que estes possuem com a sociedade que extrai e polui, este artigo buscou como objetivos desenvolver um material didático que fosse ao encontro do referencial teórico proposto, seguindo os preceitos da etnoquímica. Em um passo indispensável para a modernização da sala de aula, uma tabela periódica<sup>i</sup> digital foi confeccionada na plataforma Genially, contendo conceitos da química orgânica alinhados à cultura dos povos originários da América Latina, permitindo não apenas um dinamismo na sala de aula, mas também no conteúdo da própria tabela.

### Materiais e métodos

Para elaborar esse produto educacional interativo, que teve como embasamento a etnoquímica, foram utilizados, principalmente, o Canva e o Genially. O Canva<sup>ii</sup> constitui uma ferramenta de criação visual enquanto o Genially<sup>iii</sup> se apresenta como uma ferramenta de conteúdo interativo.

Estas ferramentas foram utilizadas em diferentes etapas, como mostra a Tabela 1.

Conforme mostrado na Tabela 1, as plataformas digitais são a base dessa produção e foram essenciais para confecção deste material inédito, desenvolvido para o programa de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências. A seguir, conforme a numeração da tabela de materiais e métodos, apresenta-se os materiais desenvolvidos nas plataformas digitais utilizando o elemento Carbono como demonstração, tendo sido escolhido por ser o elemento mais importante da química orgânica, com a abordagem dos principais conceitos científicos.

#### *Etapa 1: plataforma Canva e os cards dos elementos químicos*

Como cada um dos elementos químicos possui uma identificação por meio de seus símbolos, nomenclaturas e propriedades periódicas, foram elaborados *cards* na plataforma Canva para eles, com as respectivas cores que representam os seus grupos. Os *cards* confeccionados possuem o símbolo, número atômico, nomenclatura e massa atômica de cada um dos elementos, pois essas são as principais características abordadas quando se inicia a aprendizagem da tabela periódica em sala de aula (Figura 1), e por isso, considerou-se a escolha desse molde como a mais adequada ao público-alvo da pesquisa.

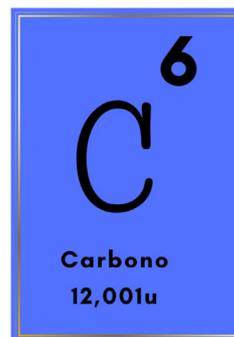


Figura 1: Card do elemento Carbono.

#### *Etapa 2: plataforma Genially e o molde tabela periódica*

Após a elaboração dos *cards* para todos os elementos químicos presentes na tabela periódica foi confeccionado o molde de uma tabela periódica na plataforma Genially, como mostra a Figura 2. O produto foi elaborado com base em um material universal e, por isso, a organização foi feita

Tabela 1: Materiais utilizados na confecção da tabela periódica etnocientífica.

Plataforma digital	Material desenvolvido	Descrição
1. Canva	Cards dos elementos	Identificação dos elementos (símbolos e propriedades periódicas)
2. Genially	Tabela Periódica	Molde padrão da tabela periódica atual, com todos os elementos e legendas
3. Canva	Logo Química com Cultura	Imagens distintas com o mesmo logo em todos os elementos
4. Genially	Imagens interativas	Imagens com hiperlinks, que contêm conceitos químicos e saberes indígenas
5. Google Sites	Repositório do produto	Página contendo acesso e informações dos autores e do material

segundo os padrões tradicionais de uma tabela usual. Porém, mudando os formatos dos elementos, utilizando forma geométrica circular e uma paleta de cores atrativas para chamar a atenção do leitor.

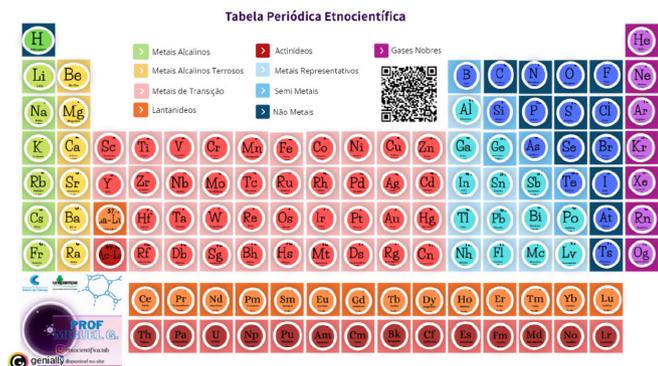


Figura 2: Interface da Tabela Periódica Etnocientífica.

*Etapa 3: plataforma Canva e o logo Química com cultura*

Com a base do produto finalizada, o foco foi direcionado à construção das imagens interativas, sendo esses os principais materiais que contêm os conceitos científicos e populares. A ideia inicial foi elaborar um logo que fosse utilizado de forma padronizada em todos os elementos químicos, no intuito de organizar e facilitar a visualização do material, e que fosse compreendido de forma imediata a divisão dos saberes populares e científicos durante a leitura do produto.

Nesse contexto, na plataforma Canva foi elaborado o logo denominado “Química com Cultura”, fazendo uso de cores contrastantes (preto, amarelo e branco), e fontes em caixa alta para melhor visualização. Outro ponto importante nessa produção, são as imagens de fundo, as quais abordam alguma exemplificação do elemento no cotidiano, que também vai integrar os conceitos utilizados no material, conforme podemos observar na Figura 3.



Figura 3: Logo padrão das imagens interativas.

*Etapa 4: plataforma Genially e as imagens interativas*

Após a finalização das etapas anteriores iniciou-se a elaboração das imagens interativas na plataforma Genially.

Na Figura 4, observa-se o uso de setas, itens circulares ao redor do logo padrão. A descrição desses complementos da imagem consta a seguir:

- **Setas ao redor do logo padrão** - Indicam o sentido da leitura na qual os indivíduos expostos ao material devem seguir;
- **Itens circulares ao redor do logo padrão** - Nesses itens está contida a fundamentação teórica, tanto na parte química quanto na parte cultural, e foram inseridos textos, imagens, vídeos e atividades lúdicas;
- **Item circular vermelho** - Nele estão contidas todas as referências bibliográficas utilizadas na confecção do material;
- **Legenda na imagem** - Descreve o exemplo utilizado que irá aparecer durante a leitura da fundamentação teórica.



Figura 4: Interface da imagem interativa do carbono.

*Etapa 5: plataforma Google Sites e o repositório do produto*

Finalizando a parte da construção do material, foi utilizada a plataforma Google Sites como repositório, principalmente pela facilidade de acesso. Neste site, encontram-se duas formas para acessar a tabela periódica etnocientífica, sendo eles: *Link do Genially* e *QR CODE*. Ainda no site disponibilizado é possível ter acesso a todas as informações da tabela, dos autores, redes sociais e um espaço para tirar dúvidas, fornecendo o máximo de suporte para os docentes e discentes que fizerem uso desta ferramenta.



Figura 5: Interface do repositório digital.

## Funcionalidade do produto

Ao acessar a tabela periódica é possível selecionar qualquer elemento químico. Exemplificamos, a seguir, os conteúdos apresentados ao selecionar o átomo de carbono, mas salientamos que todos os elementos possuem a mesma estrutura. Conforme mostra a Tabela 2, com os moldes elaborados anteriormente, neste momento vamos conhecer mais sobre suas funcionalidades e os conceitos que estão presentes no elemento Carbono. Veja a Tabela 2.

Destaca-se, na Tabela 2, como é possível visualizar a divisão dos conceitos trabalhados, fazendo um breve resumo dos conceitos abordados e que se complementam. Um exemplo é o uso de carboidratos no ramo da Bioquímica e as suas características empregadas em influências indígenas, como a mandioca/aipim. A seguir, veja as figuras de acordo com a numeração dos itens na Tabela 2, e entenda como estão organizados esses saberes na tabela periódica etnocientífica.

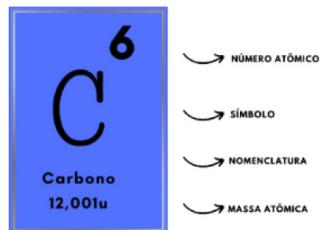
## Informações iniciais

Na figura acima, foram estabelecidas informações básicas a respeito do elemento químico, fornecendo ao leitor uma orientação em relação a sua presença na tabela periódica e algumas aplicações de seus compostos em nosso cotidiano. Ao final da leitura, observa-se que há um link para acessar, como mostra a Figura 6, e é este link que contém a imagem interativa direcionando o leitor a uma outra página online.

## Química Orgânica

A elaboração da imagem criativa do elemento Carbono exigiu um embasamento teórico mais abrangente do que os demais elementos, tendo em vista a sua importância no ramo da química orgânica. Dessa forma, a imagem interativa do carbono foi dividida em três grandes áreas: Química Orgânica, Bioquímica e Química Ambiental, que são as principais áreas de estudo de vestibulares, como o Exame Nacional do

A elaboração da imagem criativa do elemento Carbono exigiu um embasamento teórico mais abrangente do que os demais elementos, tendo em vista a sua importância no ramo da química orgânica. Dessa forma, a imagem interativa do carbono foi dividida em três grandes áreas: Química Orgânica, Bioquímica e Química Ambiental.



- O carbono é um não metal do 2º período do grupo 14, sendo um dos elementos que mais apresentam alotropia e, por isso, pode ser encontrado em diferentes formas, dependendo do alótropo em questão. Entre as formas alotrópicas do carbono, as mais conhecidas são o grafite e o diamante.
- O carbono é o elemento base da Química orgânica, sendo objeto de estudo em diversas pesquisas, e está presente na constituição de compostos orgânicos naturais (como o DNA, as proteínas e os biocombustíveis), e de compostos sintéticos (como nylon, borrachas, plásticos e fármacos).
- O carbono é um composto tetravalente, ou seja, é capaz de realizar quatro ligações químicas covalentes com outros átomos. Por exemplo, no gás metano, o átomo de carbono está ligado a quatro átomos de hidrogênio, resultando na fórmula molecular CH<sub>4</sub>.
- Cerca de 20% da massa do corpo humano são constituídos de carbono.
- O carbono é o quarto elemento mais abundante no Universo.

[Para saber mais sobre o Carbono, clique aqui](#)

Figura 6: Informações iniciais do carbono.

Ensino Médio (ENEM), para ingresso no ensino superior.

No item sobre química orgânica foram conceituados os principais grupos funcionais (Hidrocarbonetos, Oxigenadas, Nitrogenadas e Halogenadas), abordando respectivamente suas estruturas, nomenclaturas e aplicações no cotidiano, utilizando textos, imagens e vídeos como ferramentas. Como mostra a Figura 7, para acessar as informações contidas em cada grupo funcional é só acessar o link e será aberta uma nova página no navegador.

## Produção de perfumes nativos

Como descrito durante a confecção do material, os conceitos abordados devem complementar-se ao longo da leitura, uma forma de fazer isso acontecer foi justamente por meio das aplicações dos elementos no cotidiano. Na produção da parte cultural,

Tabela 2: Saberes Científicos e Populares presentes no elemento carbono.

Química	Descrição Química	Cultura	Descrição Cultura
1. Informações iniciais	Utilizando o card com legenda, encontram-se conceitos iniciais a respeito do elemento	x	Nas informações iniciais constam apenas conceitos do elemento em questão
2. Química Orgânica	Funções Orgânicas (Hidrocarbonetos, Oxigenadas, Nitrogenadas e Halogenadas)	2.1 Produção de perfumes nativos	Uso do extrato de Breu Branco para produzir fragrâncias
3. Bioquímica	Aminoácidos, Carboidratos e Lipídios	3.1 Culinária indígena	Uso do Amido (carboidrato) na alimentação
4. Química Ambiental	Ciclo do Carbono	4.1 Preservação do Meio Ambiente	A importância dos povos indígenas para preservar a natureza
5. Atividade Lúdica	Jogo de Perguntas e Respostas	x	x

## HIDROCARBONETOS

São moléculas apolares, homogêneas e formadas por átomos de carbono e hidrogênio. Podem ser saturados, como no caso dos alcanos e cicloalcanos, nos quais não se tem a presença de duplas ou triplas ligações, ou podem ser insaturados, como alcenos, alcinos, ciclenos, entre outros.

[Para saber mais sobre essa função orgânica, clique aqui](#)

## FUNÇÕES OXIGENADAS

As funções orgânicas oxigenadas são um dos 4 grupos funcionais dos compostos orgânicos. Os compostos que pertencem a essa função apresentam um átomo de oxigênio ligado a um carbono da cadeia carbônica. As funções oxigenadas são: aldeídos, cetonas, ácidos carboxílicos, ésteres, éteres, fenóis e álcoois.

[Para saber mais sobre essa função orgânica, clique aqui](#)

## FUNÇÕES NITROGENADAS

São aquelas que contêm nitrogênio na cadeia carbônica. Existem quatro formas de classificar as funções nitrogenadas: aminas, amidas, nitrilas e nitrocompostos.

[Para saber mais sobre aminas e amidas, clique aqui](#)

[Para saber mais sobre nitrocompostos e nitrilas, clique aqui](#)

## FUNÇÕES HALOGENADAS

As funções halogenadas, mais conhecidas como haletos orgânicos, são compostos que possuem em sua cadeia carbônica ao menos um átomo pertencente ao grupo dos halogênios, tais como o flúor (F), o cloro (Cl), o bromo (Br) e o iodo (I).

[Para saber mais sobre as funções halogenadas, clique aqui](#)

Figura 7: Item interativo sobre química orgânica.

tudo que foi trabalhado nos saberes científicos estava interligado aos conhecimentos indígenas. O elemento Carbono foi organizado em três grandes áreas da química e na parte cultural elas estão presentes nos itens interativos.

A escolha por incluir o breu branco e os seus extratos utilizados na produção de fragrâncias ocorreu devido à interligação da parte conceitual dos ácidos carboxílicos, que são mencionados em perfumes, e os conhecimentos indígenas no uso do breu branco. Nessa conjuntura, é possível compreender os pressupostos da etnoquímica, que visa justamente esse alinhamento entre saberes tradicionais da química interligados aos saberes culturais de um povo ou região, conforme ilustra a Figura 8.

Como visto anteriormente o elemento carbono possui uma expansiva aplicação para produção de materiais e funções extremamente importantes através de suas funções orgânicas, como exemplo, temos a confecção de perfumes como uma das principais aplicações dos ácidos carboxílicos, mas o que isso conversa com comunidades indígenas? Como essa informação é relevante para o estudo desta cultura?

### Perfumes Nativos

Com a proposta de concretizar o sonho da bioeconomia sustentável, nasce a Green Jurua Valley, que em parceria com a JL Paula Jr. Design e quatro comunidades indígenas, quer difundir os conhecimentos e saberes dos povos tradicionais do Acre, expandindo-os para o Brasil e para o mundo em forma de perfumes. Para compreender melhor sobre como foram idealizados e executados, leia a matéria a seguir sobre perfumes nativos desenvolvidos por indígenas do Acre, e posteriormente assista ao vídeo sobre uma das principais plantas utilizadas na confecção desses perfumes.

[Indígenas do Acre vão lançar primeiro perfume nativo do mundo com apoio de iniciativa privada](#)



Figura 8: Item interativo sobre química orgânica e indígenas.

## Bioquímica

Conforme mostra a Figura 9, o padrão seguiu o mesmo dos grupos funcionais, visto anteriormente, trazendo aminoácidos, carboidratos e lipídios, com fórmulas estruturais, nomenclaturas e aplicações no cotidiano. O que mudou nessa produção foi justamente a atenção maior na utilização de

vídeos, por tratar-se de questões mais voltadas à saúde e ao nosso organismo, fazendo uso sempre de fontes de especialistas na hora de abordar os conceitos.

## AMINOÁCIDOS

Os aminoácidos são moléculas que se ligam por meio de ligações peptídicas para a formação das proteínas. Eles são constituídos por cadeias de carbono ligadas a hidrogênio, oxigênio, nitrogênio e enxofre. Apresentam também um grupamento carboxila (COOH) e um grupamento amina (NH<sub>2</sub>), do qual deriva seu nome. São conhecidos 20 aminoácidos presentes nas moléculas de todas as proteínas existentes na natureza, os quais são classificados em: Aminoácidos apolares, ácidos, básicos e polares.

[Para saber sobre os aminoácidos apolares, clique aqui](#)

[Para saber sobre os aminoácidos básicos e ácidos, clique aqui](#)

[Para saber sobre os aminoácidos polares, clique aqui](#)

## CARBOIDRATOS

Os carboidratos são biomoléculas de grande importância biológica e formam a classe de biomoléculas mais abundantes do nosso planeta. Essas moléculas são formadas fundamentalmente por carbono, hidrogênio e oxigênio, daí a denominação de hidratos de carbono. Os carboidratos são as principais fontes de energia de uma célula, além de fazerem parte da composição de ácidos nucleicos e da parede celular. Os carboidratos podem ser classificados em três classes principais, utilizando como critério o tamanho de sua cadeia de carbono: monossacarídeos, dissacarídeos e polissacarídeos.

[Para saber sobre os monossacarídeos, clique aqui](#)

[Para saber sobre os dissacarídeos, clique aqui](#)

[Para saber sobre os polissacarídeos, clique aqui](#)

## LIPÍDIOS

Os lipídios, identificados como gorduras, são moléculas orgânicas geradas a partir da associação entre ácidos graxos e um álcool. Esses compostos são formados, essencialmente, por átomos de hidrogênio, carbono e oxigênio, mas também podem conter fósforo, nitrogênio e enxofre.

Os lipídios também são chamados de lipídios e são de extrema importância para os seres vivos. Entre as suas funções, destacam-se o fornecimento de energia para o corpo e a síntese de hormônios (testosterona, progesterona e estradiol) e sais biliares. Existem vários tipos de lipídios, os mais comuns são:

Carotenoides, Esteroides e Glicerídeos.

[Para saber sobre os carotenoides, clique aqui](#)

[Para saber sobre esteroides, clique aqui](#)

[Para saber sobre glicerídeos, clique aqui](#)

Figura 9: Item interativo sobre bioquímica.

## Culinária indígena

Uma das classes mais estudadas na área da bioquímica é a dos carboidratos, pois são obtidos principalmente pela dieta alimentar. Neste contexto, na parte cultural (Figura 10), foram exploradas as influências indígenas na culinária, discutindo principalmente a mandioca/aipim (entre outros nomes que derivam de região para região), que é uma fonte rica em carboidratos.

Uma das classes dentro do ramo da bioquímica que mais aborda esse assunto são os carboidratos, compostos muito essenciais para o nosso organismo, mas sem grandes exageros em seu consumo. Um dos carboidratos que estão mais presentes na cultura indígena é o polissacarídeo **Amido**, pois os povos originários trazem em sua culinária a Mandioca que conhecemos utilizada de diferentes formas, sendo esse alimento um símbolo para as comunidades indígenas.



Figura 10: Item interativo sobre bioquímica e indígenas.

## Química Ambiental

Finalizando as três grandes áreas exploradas na composição deste elemento, temos o ciclo do carbono representando a Química Ambiental, o qual possui uma enorme relevância para estudo e, principalmente, para a vida na Terra. Nesse item interativo, conforme está demonstrado na Figura 11, ao abrir o link, é possível visualizar o ciclo do carbono e,

principalmente, suas principais funções e atuações em nosso meio ambiente.

Para concluir a extensiva aplicação deste elemento, a seguir será mostrado como o carbono comporta-se na atmosfera, sendo fundamental para sobrevivência das espécies, o que foi denominado como **Ciclo do Carbono**.

O que é o Ciclo do Carbono?

O ciclo do carbono é um ciclo biogeoquímico no qual o elemento carbono sai do meio ambiente para os organismos vivos, retornando, em seguida, ao meio ambiente. O carbono é um elemento que está presente na composição de todas as moléculas orgânicas, essenciais para os seres vivos, além de alguns compostos inorgânicos. Na atmosfera, o carbono está presente na forma de **dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)**.

[Para saber como funciona o ciclo do carbono, clique aqui](#)

Figura 11: Item interativo sobre química ambiental.

### Preservação do meio ambiente

Ao falarmos em preservação ambiental é indiscutível a importância que os povos indígenas possuem, sendo um dos principais responsáveis pela luta e perseverança na preservação dos biomas ao redor do mundo. Nesse sentido, ao abordar química ambiental em sala de aula, torna-se extremamente necessário trazer a luta incessante desses povos para garantir que o planeta não entre em colapso pela redução e/ou extinção de recursos naturais, conforme ilustra a Figura 12.

Para finalizar a importância desse elemento para a vida dos seres na Terra, é indiscutível como o ciclo do carbono está conectado com a luta pela preservação dos biomas pelos povos indígenas, sendo esse um dos principais pontos para a emissão do gás carbônico atmosférico (CO<sub>2</sub>). Para compreender a extrema relevância do ciclo do carbono e da preservação amazônica, leia a matéria a seguir e posteriormente assista ao vídeo anexado.

[A importância dos povos indígenas para a preservação da natureza](#)



Figura 12: Item interativo sobre química ambiental e indígenas.

### Atividade lúdica

Para fixar os conceitos científicos, tendo em vista a grande dificuldade que os alunos da educação básica ainda possuem em química, foi elaborado um quiz de perguntas e respostas, como mostra a Figura 13. Dessa forma, a atividade lúdica tem como principal enfoque revisar os itens interativos que neles estão contidas as informações referentes aos conceitos científicos, relacionados às funções orgânicas, a bioquímica

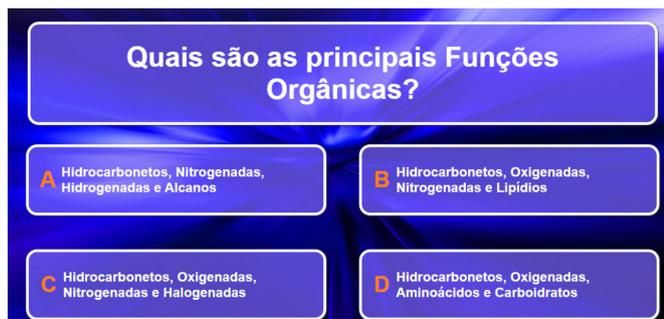


Figura 13: Item interativo da atividade lúdica.

e o ciclo do carbono presente na química ambiental, assim no intuito de obter mais conhecimento acerca da química orgânica.

### Considerações finais

Apresentamos neste artigo uma proposta de ferramenta digital com uma abordagem do conteúdo de química orgânica relacionado à cultura dos povos originários da América, intitulada Tabela Periódica Etnocientífica. O uso de ferramentas tecnológicas tem ganhado cada vez mais destaque na área da educação, por possibilitar aos docentes uma realidade alternativa, em que alguns conceitos abstratos no ramo da química, possam ser compreendidos no meio digital. Dessa forma, Aureliano e Queiroz (2023) também reforçam que o uso dessas ferramentas e recursos digitais no contexto escolar só vão surtir efeitos se os docentes tiverem acesso e disponibilidade de tempo para uma formação e imersão nesse meio digital.

Considerando o principal objeto de estudo, que foi a tabela periódica etnocientífica, entende-se que, por meio desta ferramenta digital, sua utilização visa inicialmente a promoção de interações, diálogos e sobretudo uma aprendizagem cultural e científica. Neste contexto, a tabela periódica digital tem como embasamento teórico o campo da etnoquímica, justamente para intensificar e contextualizar os saberes propostos no material, saindo da zona da exemplificação, no qual muitas aprendizagens são ancoradas.

Algumas observações são importantes para ter conhecimento acerca do material, como o seu acesso ao produto, que depende totalmente de uma rede de internet ativa, pois não é possível visualizar a tabela de forma *offline*. Outro ponto a ser destacado, o uso pelo celular pode desformatar a organização do material, então quando for utilizá-la, dê preferência ao computador/notebook. Além das observações mencionadas, o produto foi desenvolvido com muito cuidado no uso da temática cultural e também na revisão dos conceitos científicos, portanto ao fazer uso de qualquer material da tabela, revise as referências e, principalmente, o público-alvo ao qual será destinada determinada aula. O material possui uma vasta lista de referências que devem ser acessadas pelo professor e aluno com a finalidade de aprofundar o conhecimento sobre a temática cultural, o conteúdo de química orgânica e suas relações.

A utilização da tabela periódica etnocientífica possibilita diversas formas de uso, principalmente por abordar dois contextos, que podem ser trabalhados nos ensinamentos fundamental e médio, adaptando os conceitos presentes na tabela, sendo uma ferramenta de grande utilidade aos docentes e discentes, tanto na educação básica quanto no ensino superior. A tabela etnocientífica aqui apresentada foi utilizada em sala de aula com uma turma de 3º ano do ensino médio regular, em uma escola da rede pública de ensino e, em breve, apresentaremos os resultados dessa aplicação didática-pedagógica, organizada em um formato de sequência didática desenvolvida em seis encontros.

## Notas

<sup>i</sup>Repositório da Tabela Periódica Etnocientífica. Disponível em: <https://sites.google.com/view/tabelaetnocientifica>

<sup>ii</sup>Plataforma Canva. Disponível em: <http://canva.com>

<sup>iii</sup>Plataforma Genially. Disponível em: <http://genially.com>

## Referências

ARROIO, A.; HONÓRIO, K. M.; WEBER, K. C.; HOMEM-DE-MELLO, P.; GAMBARDELLA, M. T. P. e GAMBARDELLA SILVA, A. B. F. O show da química: motivando o interesse científico. *Química Nova*, v. 29, n. 1, p. 173-178, 2006.

AURELIANO, F. E. B. S. e QUEIROZ, D. E. As tecnologias digitais como recursos pedagógicos no ensino remoto: implicações na formação continuada e nas práticas docentes. *Educação em Revista*, v. 39, e. 39080, p. 1-17, 2023.

BASTOS, S. N. D. *Etnociências na sala de aula: uma possibilidade para aprendizagem significativa*. In: Anais do II Congresso nacional de educação e II Seminário Internacional de representações sociais, subjetividade e educação. Curitiba: PUC, 2013.

CHASSOT, A. I. Fazendo educação em ciências em um curso de Pedagogia com inclusão de saberes populares no currículo. *Química Nova na Escola*, v. 27, p. 09-12, 2008.

**Miguel Angelo Adrian Ribeiro Gonçalves** ([goncalvesmyguell@gmail.com](mailto:gonalvesmyguell@gmail.com)) é graduado em Química Licenciatura e mestrando no programa de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências, ambos pela Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA). **Guilherme Frederico Marranghello** ([guilhermefrederico@unipampa.edu.br](mailto:guilhermefrederico@unipampa.edu.br)) é doutor em Física pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Atualmente é docente na Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA). **Elisabete de Avila da Silva** ([elisabetesilva@unipampa.edu.br](mailto:elisabetesilva@unipampa.edu.br)) é doutora em Fármacos e Medicamentos pela Universidade de São Paulo (USP). Atualmente é docente na Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA).

VIEIRA, P. F. e MAIMON, D. *Populações tradicionais em unidades de conservação*. In: DIEGUES, A. C. S. O mito moderno da natureza intocada. Rio de Janeiro: APED/NAEA.UFPA, 1993.

FARIAS, E. F. e CARDOSO, L. A. X. *A influência de softwares educacionais (se) em tempos de pandemia: caso de ensino aprendizagem de alunos do programa de residência pedagógica na Escola Deodoro de Mendonça*. Trabalho de Conclusão de Curso de Licenciatura em Computação, Universidade Federal Rural Da Amazônia, Belém, 2022.

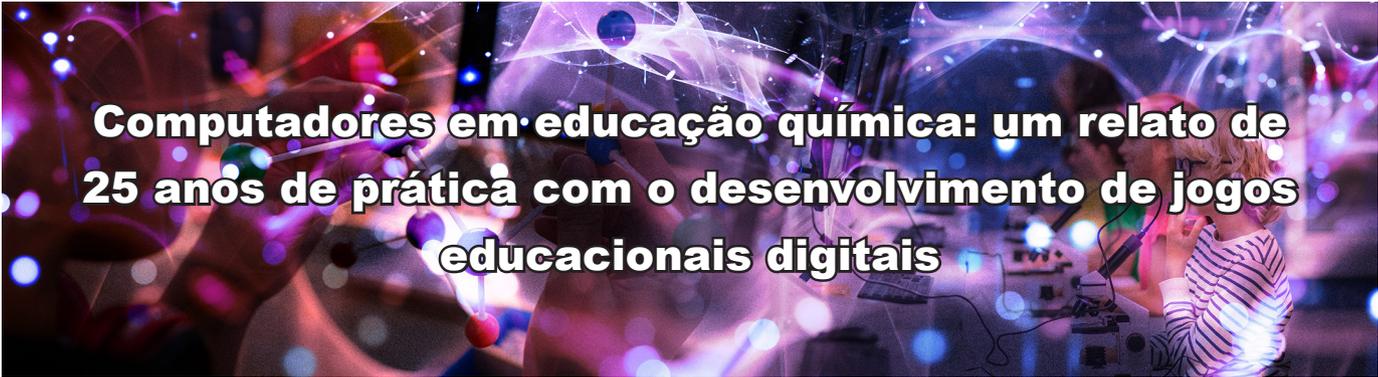
GONÇALVES, M. A. A. R.; MARRANGHELLO, G. F. e AVILA, E. *Tabela Periódica Etnocientífica: Química Orgânica com a cultura dos povos originários*. Bagé: UNIPAMPA, 2024.

LOPES, P. M. A. e MELO, I. M. F. A. Q. O uso das tecnologias digitais em educação: seguindo um fenômeno em construção. *PEPSIC-Periódicos de Psicologia*, v. 38, p. 49-61, 2014.

ROSA, M. e OREY, D. C. Aproximando diferentes campos de conhecimento em educação: A Etnomatemática, A Etnobiologia e A Etnoecologia. *VIDYA*, v. 34, n. 1, p. 1-14, 2014.

**Abstract:** *Digital tool for teaching Chemistry: an ethnoscientific periodic table.* The objective of this work was to develop a digital tool, in the format of a periodic table. This table was originally designed to work on organic chemistry content in a contextualized way, not only with the knowledge of traditional people, but with the different ways in which these people are affected by mining, extraction or chemical waste present in indigenous territories. The tool, developed as part of a Professional Master's Degree in Science Teaching, used free tools such as Canva, Genially and Google Sites, and was called the Ethnoscientific Periodic Table.

**Keywords:** ethnochemistry, digital tool, periodic table



# Computadores em educação química: um relato de 25 anos de prática com o desenvolvimento de jogos educacionais digitais

**Marcelo Leandro Eichler**

Na virada do milênio se achava que os computadores poderiam mudar a educação ou, pelo menos, as práticas educativas. Nessa época, iniciei meus estudos na área de interface entre a informática educativa e o ensino de química. Neste artigo, reflito sobre minha trajetória de um quarto de século com a produção de jogos educacionais digitais. A lembrança dos estudos de pré-produção e dos desafios de produção dos recursos digitais, talvez, possam inspirar futuros trabalhos para outras tecnologias digitais, como os dispositivos móveis.

► ensino de química, informática educativa, recursos digitais ◀

30  
química nova na escola  
ANOS

106

Recebido em 21/07/2024; aceito em 24/10/2024

## Introdução

A educação química com computadores começou a aparecer na revista *Química Nova na Escola* em seu sexto volume, lançado ao final de 1997. Os primeiros artigos publicados na seção Educação em Química e Multimídia tinham a intenção de apresentar aos professores da Educação Básica a multiplicidade de recursos digitais existentes e indicar possibilidades para sua utilização na aprendizagem e no ensino de química.

Nessa época, a inclusão de computadores na escola passou a fazer parte de diversas políticas públicas educacionais. Por exemplo, Paulo Freire (1997) indica que “enquanto secretário de educação da cidade de São Paulo fiz chegar à rede de escolas municipais o computador”. Havia projetos de criação de laboratórios de informática desde o nível municipal até a esfera federal, através do Programa Nacional de Tecnologia Educacional (ProInfo), também criado no ano de 1997.

Porém, naquele momento se discutia as potencialidades para a mudança educacional trazidas pelas tecnologias digitais. Os computadores poderiam ser instrumentos da mudança de práticas educativas rotineiras, que eram consideradas, entre outras, desinteressantes e ineficientes. Nesse sentido, pode-se destacar a orientação e o incentivo à adoção de perspectivas construtivistas com o uso de computadores, como aquelas defendidas nos materiais didáticos do ProInfo. Por

exemplo, Léa da Cruz Fagundes sugeria a produção de pequenos projetos de aprendizagem como estratégia inovadora para a inclusão digital e a elaboração conceitual no Ensino Fundamental (Fagundes *et al.*, 1999). É nesse contexto que começo a estudar e a produzir tecnologia educacional para o ensino de química.

Neste ano, comemoro 25 anos do lançamento da primeira versão do *software* educativo *Carbópolis*. Os estudos de modelagem, implementação e avaliação desse *software* foram bem documentados e estão publicados em periódicos acadêmicos nacionais e internacionais (Eichler *et al.*, 2005; Eichler e Del Pino, 2000 e 2006; Eichler *et al.*, 2004; Eichler e Fagundes, 2004; Guterres *et al.*, 2004). Por ocasião da efeméride, neste artigo apresento, de forma mais intimista, um relato de minha experiência com a produção de jogos educacionais digitais para o ensino de química.

## Lembrando a pré-produção

Nas décadas finais do século XX, vivíamos um período de crítica à situação da escola pública e de defesa de uma educação escolar comprometida com a transformação social da realidade dos estudantes (Schroeder *et al.*, 1995). Particularmente no ensino de química, havia críticas às apresentações conceituais estereis, descontextualizadas e seguidoras de conteúdos curriculares estanques, muitas vezes, transpostas de livros didáticos (ditos tradicionais)

amplamente distribuídos por grandes editoras. Em abordagens alternativas (ou substitutivas), defendia-se um ensino de química que favorecesse a formação ampla do cidadão, no qual os conceitos químicos emergiriam da problematização da realidade e do debate sobre temas sociocientíficos presentes no dia a dia dos estudantes, naquilo que ficou conhecido sob o rótulo de *Química do Cotidiano*.

Nos anos 1990, as propostas para o ensino de química elaboradas na Área de Educação Química (AEQ) da UFRGS tinham esse viés (Eichler e Del Pino, 2010). Tais propostas foram redigidas, em parcerias diversas, por estudantes de licenciatura em química, por professores de Educação Básica e por professores universitários. No início da década, quando a utilização de computadores pessoais e de programas de computador para a redação de textos ainda não estava amplamente distribuída, muitos desses textos eram datilografados ou redigidos à mão livre (em cadernos ou em folhas pautadas avulsas). Nessa época, no início de minha graduação e como bolsista de extensão, eu era digitador ou diagramador das propostas de ensino de química produzidas pelo grupo de professores. Devido à escrita com as teclas e a leitura nas telas, eu acabei adquirindo um muito bom conhecimento da diversidade de propostas temáticas para o ensino de química na Educação Básica.

No final de minha graduação em licenciatura em química, então como bolsista de iniciação científica da FAPERGS, fui incentivado por um dos professores do grupo de pesquisa para que eu fosse além da análise dos programas de computador para o ensino de química. A indicação era que produzisse algum material didático computacional. Assim, era natural que minhas escolhas fossem baseadas em assuntos com os quais eu tivesse maior proximidade. O tipo ou modelo de programa de computador que eu gostaria de ajudar a produzir foi resultado das análises dos recursos digitais feitas anteriormente.

Os *softwares* educativos de David Melvin Whisnant (1943-2023) *BCTC* e *Study Lake* (Whisnant, 1984, 1992) pareciam ser os recursos digitais mais próximos às propostas de ensino de química que defendíamos na AEQ. O assunto desses *softwares* era a contaminação ambiental das águas internas por poluentes industriais. A partir da utilização dos programas de computador, o usuário/estudante precisaria propor a solução do problema ambiental, levando-o a estudar, entre outros assuntos, conceitos químicos e métodos de análise química (American Chemical Society, 1993). As telas dos programas eram simples, nas quais as interações do usuário eram realizadas com o uso do par *seta/mouse* sobre uma grande ilustração. Em *Study Lake* a ilustração era de um lago, onde o estudante poderia “coletar” amostras de água para depois serem analisadas (simuladas) com diversos parâmetros físicos e químicos em um laboratório, incluindo uma simulação de ecotoxicidade com mortalidade de peixes. Em *BCTC* a ilustração era uma paisagem, com um rio cortando a planície em que se encontravam áreas agrícolas, zonas industriais e uma cidade (metrópole). Nesse *software*, o usuário poderia usar o *mouse* para “coletar” e “analisar”

amostras de água em várias partes do rio (por exemplo, antes e depois da emissão de resíduos líquidos industriais), buscando encontrar a origem da contaminação ambiental pelo cancerígeno BCTC.

Sendo esse o tipo/modelo de *software* que me parecia o mais adequado de ser replicado/ampliado, a decisão seguinte envolveria a reorientação do assunto para tematizar o ensino de química. Embora me parecesse interessante a abordagem da poluição ambiental aquática (eu havia diagramado um material didático com o tema agrotóxicos para o ensino de química), considerei que esse assunto já estava bem apresentado pelos programas originais. Então, pensei em tratar de outra manifestação de poluição. Entre os materiais didáticos produzidos pela AEQ, aquele que eu mais gostava era o livro sobre *Poluição do Ar* (Lopes e Krüger, 1997), pela forma como os conceitos químicos eram apresentados em sintonia com o debate dos problemas ambientais. Entretanto, parecia-me que o tema era enunciado em uma perspectiva muito cidadina. Dessa forma, eu me pus o desafio de encontrar uma abordagem para o tema poluição atmosférica no ensino de química que fosse além da poluição veicular ou industrial.

Nos jornais da época, eventualmente, apareciam notícias sobre a precipitação de chuva ácida em território uruguaio que seria, possivelmente, ocasionada pela emissão de gases poluentes no complexo carboelétrico de Candiota, no sul do estado do Rio Grande do Sul. Esse contexto me soou bastante adequado para ser adaptado na produção de um *software* educativo do tipo/modelo de Whisnant e, também, foi um tema que me despertou muita curiosidade. Foi um assunto que tive interesse de me aprofundar nos estudos em química (e, depois, em outras ciências e técnicas).

Quando comecei a estudar o tema, no final dos anos 1990, a internet não estava amplamente distribuída e seus recursos eram muito menores do que aqueles que se conhecem hoje (vale lembrar que não existiam *Google*, *Wikipédia* ou *YouTube*, por exemplo). Dessa forma, como era o hábito, o estudo do assunto me levou a diversas bibliotecas e livrarias. Devido às múltiplas facetas que podem ajudar na descrição, na justificação e na mitigação dos problemas ambientais, acabei consultando livros e artigos de diversas bibliotecas setoriais de minha universidade, nas faculdades de Direito, de Economia e de Medicina, nos institutos de Biociências, de Geociências, de Química e de Pesquisas Hidráulicas. Também aproveitei a tradicional Feira do Livro de minha cidade para ampliar meu acervo, particularmente no setor de livros estrangeiros, já que na época havia uma boa importadora de livros técnicos e científicos em língua espanhola, principalmente vindos do México.

Enquanto eu realizava a modelagem teórico-temática da base de conhecimento do *software* educativo, também realizava esboços para o desenho visual do programa. Foi durante essa etapa de esboço que surgiu o nome do *software*. O esboço da tela teve ênfase no mapa ilustrativo que permitiria situar o problema ambiental. Conforme se pode ver na Figura 1, cada região do mapa recebeu uma indicação. Nesse primeiro esboço, se pode notar o nome das fazendas Soya (em



ponto zero foi a minha decisão de *não* aprender programação.

Em primeiras leituras na área de informática educativa, Lollini (1991) enfatizava o tripé de conhecimentos relacionados à produção de *softwares* educativos. Para produzir bons recursos digitais, seria necessário o encontro de profissionais especialistas em conteúdo, especialistas em educação e programadores. A partir do aprofundamento de meus estudos em didática das ciências (e depois em psicologia da aprendizagem), eu supunha que poderia dar conta de dois esteios desse tripé.

Porém, eu sabia que, para produzir os *softwares* que estava modelando seria necessária a participação de programadores profissionais. Justamente por isso, no projeto que foi enviado para o CNPq solicitamos recursos para o pagamento de programadores. O projeto foi aprovado, mas antes do repasse dos recursos financeiros houve contingenciamento orçamentário na área de pesquisa e desenvolvimento, devido ao ajuste fiscal (Eichler e Del Pino, 2001). As bolsas de pesquisa do CNPq foram mantidas, mas não teríamos mais os recursos para pagar a programação de *Carbópolis* (e dos demais *softwares* que vínhamos planejando). Seria necessário encontrar parcerias para a produção dos *softwares* educativos.

Caso não fosse encontrada alguma parceria, pensou-se em fazer uma versão bem simples de *Carbópolis*, utilizando algum programa para criação/edição e exibição de apresentações gráficas, como o *Microsoft PowerPoint*. Felizmente conseguimos uma parceria com o Programa de Educação Tutorial no Instituto de Informática (PET/Computação) de nossa universidade.

Na época, o PET/Computação tinha cerca de dez anos de atividades. Os estudantes estavam envolvidos, principalmente, com projetos de bancos de dados, de georreferenciamento e de interface em microeletrônica. A demanda para a produção de um *software* educativo para o ensino de química era uma novidade para o grupo de estudantes e professores. Após a apresentação inicial do modelo para *Carbópolis*, três estudantes de Ciências da Computação foram indicados para trabalhar no projeto. Uma de suas primeiras ações foi interpretar o que havia sido apresentado, assim elaboraram um fluxograma (Figura 2, reescrito a partir do original) com a descrição do funcionamento previsto para o programa de computador.

Posteriormente, escolheram produzir o *software* educativo com a linguagem de programação *Delphi*. Essa linguagem foi uma das pioneiras na utilização de recursos muito usuais: suporte para conexão em banco de dados e paradigma orientado a objetos. A programação ocorreu com consultas constantes entre os programadores e mim, que fazia o papel duplo de especialista de conteúdo e especialista em educação. Na Figura 3, se pode observar o primeiro mapa ilustrativo de *Carbópolis* (desenhado em *CorelDRAW*) com a descrição da orientação de programação da ação “entrevistas” com os personagens, que serviriam para o estudante/usuário situar o problema ambiental. Em verde e vermelho constam as orientações da modelagem. Com lápis preto, no canto superior

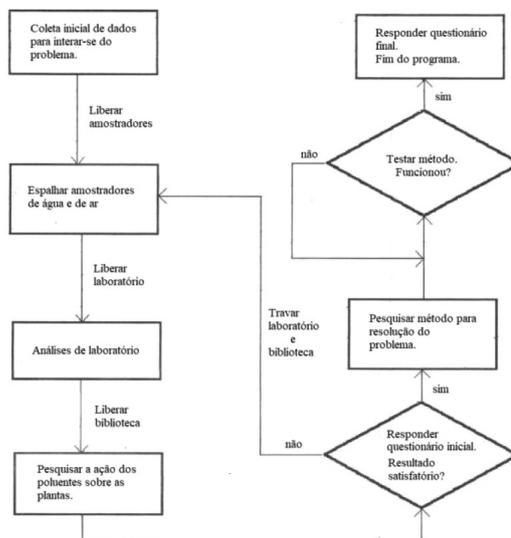


Figura 2: Fluxograma elaborado pelos estudantes PET/Computação (provavelmente primeiro semestre de 1997). Fonte: o autor.

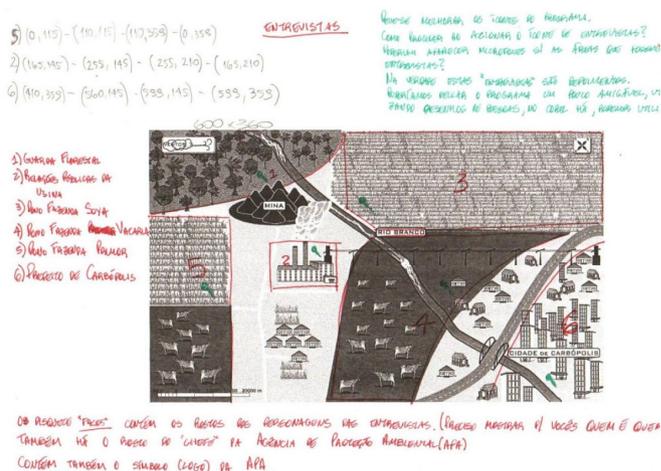


Figura 3: Imagem com orientações no esboço para os programadores (provavelmente segundo semestre de 1997). Fonte: o autor.

esquerdo, pode-se ver o registro feito pelo programador do sistema de coordenadas (com resolução de tela 600 x 360) para a ação “entrevistas”.

Enquanto os estudantes do PET/Computação trabalhavam na programação do *software* educativo, eu me dedicava à elaboração do hipertexto que acompanharia o recurso digital. O hipertexto era fundamental para a realização dos propósitos didáticos planejados para *Carbópolis*. Na ocasião, devido a um entendimento compartilhado por diversos docentes e formadores de professores de nossa universidade, considerava-se a leitura e a escrita como um compromisso de todas as áreas de conhecimento escolar (Neves *et al.*, 1998). Portanto, a modelagem de *Carbópolis* incluiu uma “biblioteca” com um hipertexto para a leitura de tópicos diversos e relatórios a serem escritos ao final das etapas de identificação e de solução do problema ambiental (vide Figura 2). A elaboração do hipertexto foi realizada com a ferramenta de autoria de ajudas *HelpScribble*. O hipertexto de *Carbópolis* continha 56 tópicos, com aproximadamente 350 ligações ativas (*hiperlinks*) e 27 figuras, com número

de caracteres similar a um livro de cerca de 100 páginas. Os principais tópicos do hipertexto foram: ‘amostragem de poluentes’, ‘análise de amostras’, ‘aspectos econômicos da poluição’, ‘ecologia e ecossistemas’, ‘legislação sobre poluição’ e ‘poluição’.

A versão instalável de *Carbópolis*, produzida com as ferramentas *Delphi* e *HelpScribble*, foi concluída após dois anos de parceria, no início de 1999. Essa primeira versão foi avaliada em minha dissertação de mestrado, como será abordado na próxima seção.

Posteriormente, com o desenvolvimento dos recursos de informática (trazendo novas exigências para o funcionamento dos programas de computador) e com a consolidação de outros padrões de programação, buscou-se produzir nova versão para o programa *Carbópolis*, de forma concomitante à produção de *Cidade do Átomo*. Na ocasião, a partir de financiamento da FAPERGS, alocamos recursos de pesquisa principalmente para a melhoria do *design* do *software* educativo. Ainda assim, fomos buscar mais uma parceria, dessa vez com a Empresa Pública de Tecnologia da Informação e Comunicação da Prefeitura de Porto Alegre (PROCEMPA), para produzir uma versão em código aberto dos recursos educacionais digitais. A PROCEMPA custeou as bolsas de dois estudantes de Ciência da Computação, que trabalharam por cerca de dois anos na programação da versão em *Java* dos dois *softwares* educativos. Em 2005, foi lançada a versão *Java* do *software Carbópolis*, com banco de dados em *MySQL*.

Devido às contínuas mudanças tecnológicas, a versão *Java* começou a apresentar problemas de funcionamento, principalmente devido a sua conexão com o banco de dados. Então, novamente realocamos recursos de pesquisa (dessa vez, com verba do CNPq) para produzir uma versão que considerávamos definitiva, pois ela funcionaria *online*, sem a necessidade de instalações e adaptável às diversas configurações de computadores e navegadores. Assim, a terceira versão de *Carbópolis* foi produzida em *HTML5*, que é uma linguagem que combina três tecnologias web: *HTML*, para

construir a estrutura da página; *CSS*, para melhorar a apresentação; e *JavaScript*, para adicionar funcionalidade aos elementos *HTML*. Uma imagem da mais nova versão pode ser vista na Figura 4. Essa versão foi lançada em 2010, porém, ela não está mais ativa, devido, principalmente, à pouca segurança para os servidores da conexão do programa com o banco de dados (que, entre outras ações, registra a memória de navegação do usuário).

A produção desses recursos educacionais digitais fez com que a AEQ/UFRGS fosse reconhecida por diversos colegas como um local de desenvolvimento tecnológico na interface entre a informática educativa e o ensino de ciências da natureza. Também por isso, fomos procurados por uma pesquisadora na área de *design* e de ergonomia – Gabriela Perry – para auxiliar na avaliação de um objeto de aprendizagem sobre equilíbrio químico, que ela havia produzido com uso da plataforma *Adobe Flash* para sua dissertação de mestrado (Perry *et al.*, 2004).

Minha parceria com Gabriela Perry foi bastante profícua para a produção de jogos educacionais digitais. Seu conhecimento tanto em *design* quanto em programação permitiu o desenvolvimento de produtos tecnológicos que vinham sendo idealizados, mas pareciam ser de difícil realização. O primeiro resultado dessa parceria foi a implementação, com as ferramentas da plataforma *Flash*, do ambiente de aprendizagem *Energos*, que visava o debate escolar acerca dos meios de produção de energia elétrica a partir da discussão sobre seus impactos ambientais e sociais (Eichler *et al.*, 2006).

Posteriormente, trabalhamos no desenvolvimento de um ambiente que possibilitasse a elaboração de objetos de aprendizagem que seguissem o modelo idealizado para *Carbópolis*: a representação de problemas ambientais em mapas ilustrativos, sob os quais seriam inseridas informações textuais e numéricas que poderiam ser descobertas pelos estudantes em atividades didáticas de resolução de problemas. O editor de objetos de aprendizagem foi chamado de *Jigo*, que é uma palavra do esperanto que traz noções de ‘jogo’, ‘quebra-cabeças’, ‘gabarito’, etc. (Eichler *et al.*, 2008). Na



Figura 4: Imagem da última versão de *Carbópolis*, em *HTML5*. Fonte: o autor.

Figura 5, pode-se ver imagens sobrepostas de telas do módulo de edição de novas atividades. O produto desenvolvido em *Flash* foi lançado com duas atividades incorporadas, com representações dos impactos ambientais do florestamento de eucaliptos em pradarias e da carcinicultura em mangues.

Desde outra perspectiva, na década de 2010, as telas dos celulares e dos *tablets* começaram a estar cada vez mais presentes em todos os lugares. Embora a decadência dos computadores ainda não fosse sentida, havia o desafio da produção de recursos didáticos digitais para as ubíquas telas pequenas (Churchill, 2017). Nessa ocasião, a colega Gabriela Perry, já como professora universitária em uma instituição privada, convidou-me a participar da elaboração de um jogo digital para dispositivos móveis. Ela tinha por intenção desenvolver suas habilidades de *design* e de programação de jogos casuais, que são mais simples e rápidos de aprender e, muitas vezes, são utilizados ubiquamente como passatempo. O *briefing* era simples: produzir um jogo casual para alguma disciplina escolar, que pudesse cativar os estudantes de Ensino Médio e ser reconhecido como um recurso adequado para o estudo dessa disciplina. Como químico, obviamente, propus fazer um jogo acerca do assunto mais representativo da química: a tabela periódica.

A classificação das propriedades dos elementos químicos era um assunto recorrente em diversos jogos educacionais,

com algumas propostas adequadas de serem transpostas para o meio digital. Uma proposta recorrente, que me parecia adequada para as telas pequenas, utilizava a dinâmica de jogos de *Super Trunfo*, que também foi um jogo de meu cotidiano infantil e escolar.

Com o financiamento das agências de fomento FAPERGS e CNPq, trabalhamos no desenvolvimento de duas versões de um jogo casual educacional digital para a aprendizagem das tendências periódicas (Figura 6). O aplicativo foi chamado de *Xenubi*, em um jogo de palavras para indicar um “novato” (*noob*) em química (*chemistry*, em inglês, ou em uma abreviação silábica ‘chem’, para nós com o som de ‘xen’). A primeira versão foi realizada de forma híbrida, com um aplicativo para celulares *Android* e *iOS* e uma versão em *Flash*, que utilizamos em pesquisas diversas de avaliação (como será descrito na próxima seção).

Após as pesquisas de usabilidade com o jogo *Xenubi*, decidiu-se incrementar o jogo em nova versão. Com recursos de pesquisa do CNPq, foi contratado um programador de jogos digitais para a elaboração de uma versão que pudesse ser integrada às redes sociais, principalmente ao *Facebook*. Como se pode ver na Figura 6, o *design* mudou bastante de uma versão para outra, inclusive pelo desenvolvimento dos próprios equipamentos móveis. Com a consolidação do uso de *smartphones*, foi possível produzir uma versão, em *Unity*,

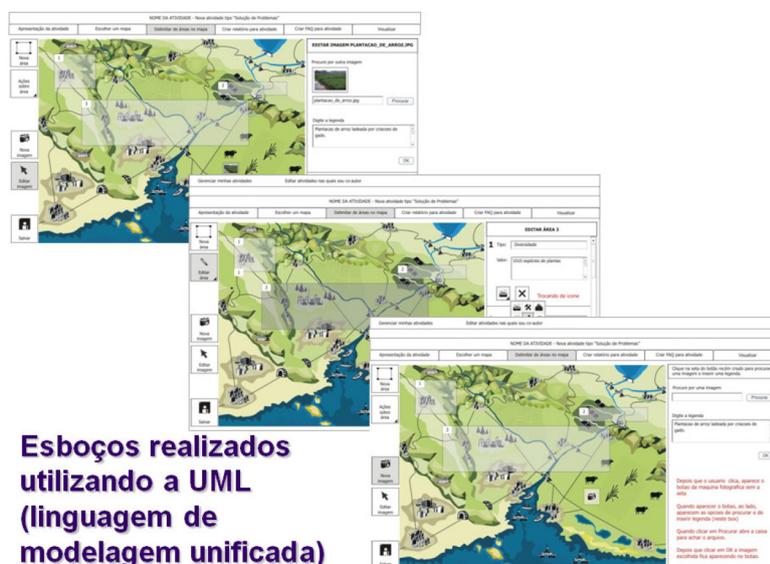


Figura 5: Telas do módulo de edição de novas atividades. Fonte: o autor.



Figura 6: Imagens das duas versões do jogo *Xenubi*, sobre propriedades dos elementos químicos. Fonte: o autor.

que seria jogada com o celular em modo paisagem (a versão inicial era com a tela em modo retrato).

Além disso, o programador incluiu novos elementos ao jogo, melhorando sua jogabilidade. Na nova versão, havia um tutorial no início do jogo e um sistema de pontuação com temporizador. Também foram acrescentados diversos elementos de juicidade (anglicismo, do original 'juicy'), ou seja, um conjunto de elementos gráficos que melhoram a experiência de utilização do jogo digital, como, por exemplo: cores fortes, efeitos sonoros, movimentos dos elementos gráficos, etc.

O sucesso com a produção do jogo casual *Xenubi* com a engine *Unity* nos instigou a produzir um jogo digital mais elaborado. A ideia inicial foi produzir um jogo de aventura que fosse baseado em algum evento ou elementos de história da química. Com essa ideia difusa, busquei financiamento da FAPERGS para o projeto de desenvolvimento tecnológico.

A produção desse jogo contou com a parceria do Núcleo de Apoio Pedagógico à Educação a Distância (NAPEAD), que foi criado em 2009 para dar suporte às ações de ensino a distância na UFRGS. Quando começamos a trabalhar no desenvolvimento do jogo de aventura, Gabriela Perry, agora como professora da UFRGS, era uma das coordenadoras do NAPEAD. A equipe demorou um pouco para ser formada; no início, houve muitas trocas de bolsistas de iniciação científica e de programadores. Também não havíamos encontrado uma narrativa adequada para o jogo de aventura.

Em busca de uma boa narrativa para o jogo digital, fiz leitura fluante em diversos livros de história da química. Encontrei inspiração no livro *Ferreiros e Alquimistas* (Eliade, 1979) e sugeri que poderíamos desenvolver o jogo de aventura com uma narrativa de raptos e fugas de um aprendiz de ferreiro, que em cada etapa do jogo aprenderia a dominar técnicas de forja e de ligas metálicas. Começamos, assim, a trabalhar no desenvolvimento de um jogo homônimo. A equipe de desenvolvimento envolveu, por fim, um programador *Unity* e dois *designers* (um *game designer* e outro de experiência do usuário – UI/UX), estudantes de graduação da UFRGS como bolsistas de desenvolvimento tecnológico.

Em nosso livro de referência, Eliade (1979) apresenta os mitos ancestrais dos ferreiros como antecedentes do saber alquímico. O primeiro capítulo do livro é dedicado à produção de punhais e adagas cerimoniais no Egito antigo, forjadas com o ferro encontrado em meteoritos, os sideritos. Os demais capítulos apresentam elementos mitológicos e de

arqueometalurgia de diversas partes do planeta, mas com pouca presença das tradições pré-colombianas. Assim, decidimos criar uma fase zero, onde ensaiaríamos soluções de desenvolvimento para a jogabilidade e para o *design* do jogo.

O tema para essa fase foi encontrado em minhas lembranças de uma visita ao Museu do Ouro, em Bogotá (Colômbia). Durante a visita ao museu, conheci a tecnologia de produção de artefatos dourados pelo povo Tairona, em época pré-colombiana. Eles produziam espelhos, colares e artefatos diversos com uma liga metálica com muito cobre (normalmente mais de 85%) e pouco ouro (por vezes apenas 5%). Com técnicas de sucessivas infusões em solução oxidante e posterior polimento, os taironas obtinham ornamentos dourados que reluziam como ouro. O elemento fundamental para essa técnica era uma planta nativa da região, chamada de *chulco*, cujo gênero posteriormente foi chamado por Lineu de *Oxalis*, ou seja, é uma planta rica em ácido oxálico. Descrevendo a técnica: o ácido oxálico contido na infusão provoca oxidação do cobre presente na superfície do ornamento, mas a reação é inerte com o ouro; retirada da infusão, a lavagem da peça desloca o cobre oxidado e o polimento deixa o ornamento dourado reluzente. Os taironas sabiam que não se tratava de ouro, tanto que eles chamavam essa liga de *tumbaga*. Porém, inicialmente, os conquistadores espanhóis achavam que os ornamentos eram mesmo de ouro, o que levou a saques e assassinatos.

Após cerca de dois anos de desenvolvimento, ao final de 2017, a fase *Tumbaga* do jogo *Ferreiros e Alquimistas* foi concluída. Na Figura 7, pode-se ver duas capturas de tela do jogo de aventura, que permitem observar a ótima qualidade dos recursos gráficos, o que é muito pouco usual em projetos acadêmicos de jogos digitais realizados como pesquisa de desenvolvimento tecnológico.

Infelizmente, os problemas de segurança dos servidores da universidade, a extinção em massa provocada pela terminação do *Adobe Flash* e a falta de continuidade das parcerias para o desenvolvimento tecnológico levaram à descontinuidade ou à paralisação de minha produção de recursos didáticos digitais.

### Refletindo sobre a pós-produção

As ações de pós-produção envolvem, entre outras, a divulgação dos recursos educacionais digitais, as avaliações em diversas realidades didáticas ou escolares e a reelaboração dos recursos, quando necessário.

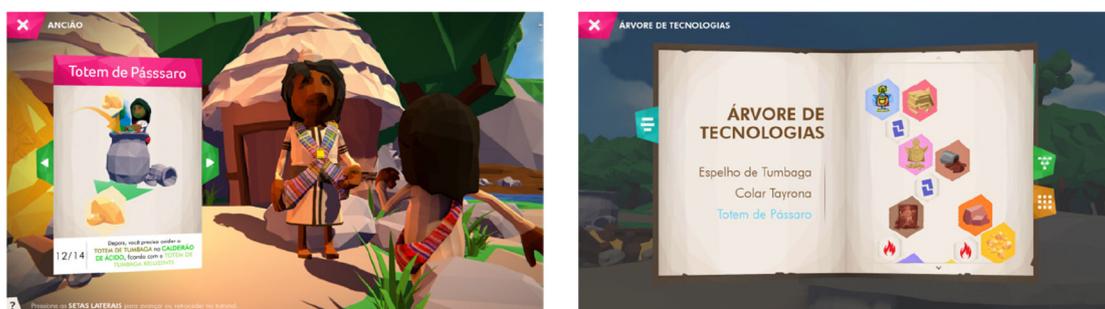


Figura 7: Prints de tela do jogo *Ferreiros e Alquimistas*, fase *Tumbaga*. Fonte: o autor.

Como os produtos aqui descritos foram elaborados, principalmente, por motivos acadêmicos e não comerciais, a divulgação foi feita em eventos e publicações acadêmicas no Brasil e, algumas vezes, no exterior. Eventualmente, foram elaboradas páginas na internet ou em redes sociais para bem divulgar e dar acesso aos recursos digitais, mas essa divulgação nunca foi publicitária. Nesse sentido, por exemplo, Silva e Soares (2023) reconhecem a publicação do artigo de divulgação de *Carbópolis* na revista *Química Nova na Escola* (Eichler e Del Pino, 2000) como um dos primeiros que abordam o uso de jogos ou atividades lúdicas para o ensino de química.

A avaliação de *Carbópolis* foi tema de minha dissertação de mestrado em Psicologia, sob orientação de Léa da Cruz Fagundes. Na pesquisa de mestrado, busquei analisar como sujeitos adolescentes, que não haviam sido apresentados formalmente à disciplina química, compreendiam a análise ambiental e reconstruíram onexo causal do problema simulado no computador. Esse estudo foi publicado em importantes revistas acadêmicas internacionais (Eichler e Fagundes, 2004; Eichler *et al.*, 2004).

Com relação aos estudos de avaliação com professores, as pesquisas foram realizadas com enfoque na usabilidade. Nesse sentido, procurou-se compreender como professores de Educação Básica, eventualmente, utilizavam o *software Carbópolis* em suas realidades de escola e como professores de ensino superior apresentavam o programa em atividades de formação de professores (Guterres *et al.*, 2004).

O jogo educacional *Xenubi* foi outro recurso digital manuseado em várias pesquisas. Diferente de *Carbópolis*, que exigia várias sessões (ou aulas) para a conclusão de sua utilização, o jogo casual *Xenubi* facilmente poderia fazer parte das práticas escolares, pois o tempo de sua utilização era razoavelmente curto. Por isso, foram realizadas diversas análises com a utilização escolar do jogo educacional, principalmente em comparação com duas versões do jogo, uma em formato digital (a versão em *Flash* instalada em computadores do laboratório de informática da escola) e outra em formato de cartões de papel tipo *Super Trunfo*. Nesse caso, as avaliações de lápis e papel com pré e pós-testes não mostraram diferenças significativas entre as duas versões do jogo (Perry *et al.*, 2018), enfatizando que a estratégia didática é mais importante do que o suporte de sua distribuição.

Além disso, foi elaborado outro desenho de pesquisa, para comparar o uso educacional do jogo casual *Xenubi* com a estratégia didática de exploração dirigida de uma tabela periódica dinâmica (Costa, 2016). O desenho de pesquisa foi um pouco mais elaborado, apesar do uso de pré e pós-testes com 10 questões de múltipla escolha. Separamos em dois grupos os estudantes de primeiro ano de Ensino Médio de uma escola pública, durante suas aulas em laboratório de informática. Ambos os grupos realizaram os mesmos pré-teste e pós-testes, que foram três, um após cada intervenção pedagógica e outro depois de um mês, visando perceber a eventual consolidação da aprendizagem. O Grupo A teve

como primeira intervenção pedagógica a navegação dirigida no site *Ptable.com* e depois utilizou o jogo *Xenubi* de forma livre. O Grupo B teve as intervenções pedagógicas ao inverso.

Conforme a Figura 8, a interpretação dos dados permite mostrar que entre os testes houve progressos significativos enquanto os estudantes participavam das atividades didáticas. Ao comparar os dados dos dois grupos, verificou-se que os alunos que jogaram *Xenubi* antes de realizar o estudo dirigido com a tabela periódica dinâmica tiveram resultados melhores na avaliação e apresentaram maior solidez na aprendizagem quando cessada a intervenção.

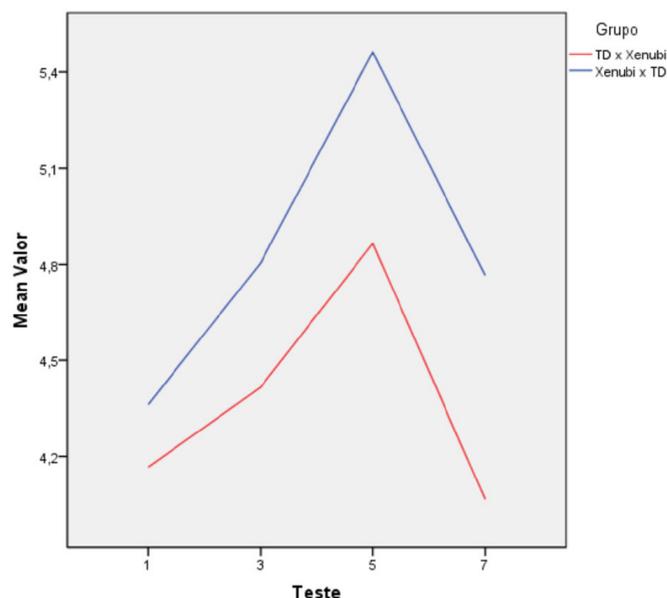


Figura 8: Gráfico de desempenho de dois grupos com a utilização de diferentes estratégias didáticas para o ensino de Tabela Periódica. Fonte: o autor.

De forma relativamente surpreendente no âmbito de nossa revisão de literatura, os resultados dessa pesquisa indicam que a estratégia didática que envolve os jogos educacionais digitais é mais eficiente para o ensino de tabela periódica do que outras estratégias didáticas que fazem uso de mídias eletrônicas, como os vídeos ou a tabela periódica dinâmica *Ptable.com*, por exemplo. Nesse sentido, seria interessante que estudos como esse fossem realizados com outros temas ou conceitos fundamentais da química.

Ainda não foram realizadas pesquisas acadêmicas com o jogo digital *Ferreiros e Alquimistas*, o que espero poder realizar proximamente.

### Considerações finais

Nos espaços escolares, a era do computador parece ter refluído e se chega a dizer que os laboratórios de informática não são mais necessários, ou que eles não fazem mais parte das rotinas educativas. Os desafios atuais são em relação aos dispositivos móveis, principalmente com os *smartphones*, e em muitas redes de educação não parece haver muita simpatia com esses equipamentos.

As mudanças tecnológicas são implacáveis. Diferente de um livro que está à disposição em bibliotecas mesmo séculos após ser escrito e editado, um programa de computador necessita de alguma tecnologia específica para que possa funcionar. Uma vez que os recursos de informática mudam muito e rápido, os produtos podem, muitas vezes, tornarem-se obsoletos e inacessíveis. As tecnologias que permitiram uma inovação no passado podem ser substituídas por motivos diversos, fazendo com que os *softwares* não mais funcionem. Nesse quarto de século dedicado à produção de recursos educacionais digitais, é desapontador verificar que a maior parte dos projetos tecnológicos em que me envolvi resultou em produtos que não estão mais acessíveis, como é o caso de *Carbópolis*.

Se, por um lado, o modelo de *Carbópolis* parece não funcionar com telas pequenas (como as dos *smartphones*), por outro lado tem havido dificuldade em levantar recursos públicos para a produção de conteúdos digitais educacionais. Nos últimos anos não obtive sucesso em conseguir financiamento das agências de fomento FAPERGS e CNPq para produção de recursos digitais, que anteriormente apoiaram bastante a produção dos jogos educacionais digitais. Não tenho certeza dos motivos do insucesso, mas desconfio que a substituição (ou refluxo) do discurso dos *softwares livres* pelo padrão de empreendedorismo associado às *startups* pode ser uma forte indicação. Em relação às tecnologias digitais (inclusive nos espaços escolares), parece que houve uma mudança de

paradigmas: substitui-se a orientação para a gratuidade pela lógica da produção comercializável e monetizada, trazendo graves consequências para o desenvolvimento de tecnologias educacionais sem fins lucrativos.

Em esperanças sempre adiadas, talvez eu ainda consiga engendrar o reúso dos recursos educacionais digitais inacessíveis que foram descritos neste artigo. Entretanto, para finalizar, gostaria de lembrar uma fala de minha orientadora de pós-graduação na última vez que eu a encontrei. Em 2016, eu estava participando da avaliação de uma qualificação de doutorado em Informática na Educação sob sua orientação, quando ela contou que havia sido recentemente homenageada em Congresso da Sociedade Brasileira de Computação. No momento em que ela foi receber o prêmio, em seus agradecimentos, disse que viu muitos projetos e produtos interessantes no congresso, como diversos *softwares* e aplicativos educativos. Porém, justamente devido a sua trajetória de pesquisa e de docência, ela ponderou que não parecia ser mais necessária a produção de recursos educacionais digitais, o que era preciso mesmo era “estudar como mudar a escola!”. Desejamos que isso ainda seja possível.

---

**Marcelo Leandro Eichler** (exlerbr@gmail.com) é licenciado em Química, mestre em Psicologia e doutor em Psicologia do Desenvolvimento pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Atualmente é professor adjunto do Departamento de Química Inorgânica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre-RS.

## Referências

AMERICAN CHEMICAL SOCIETY *Chemistry in the community*. 2<sup>nd</sup> ed. Iowa: Kendall/Hunt, 1993.

CHURCHILL, D. *Digital Resources for Learning*. Singapura: Springer Nature Singapore, 2017.

COSTA, L. T. *Abordagens lúdicas e digitais para o ensino da classificação periódica dos elementos químicos*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2016.

EICHLER, M. L. e DEL PINO, J. C. Carbópolis, um *software* para educação química. *Química Nova na Escola*, v. 11, p. 10-12, 2000.

EICHLER, M. L. e DEL PINO, J. C. Algumas reflexões sobre o desenvolvimento de um projeto de informática educativa, em época de ajuste fiscal. *Tecnologia Educacional*, v. 30, n. 154, p. 57-69, 2001.

EICHLER, M. L. e DEL PINO, J. C. A produção de material didático como estratégia de formação permanente de professores de ciências. *REEC - Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 9, n. 3, p. 633-656, 2010.

EICHLER, M. L. e DEL PINO, J. C. *Ambientes Virtuais de Aprendizagem: desenvolvimento e avaliação de um projeto em educação ambiental*. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2006.

EICHLER, M. L.; DEL PINO, J. C. e FAGUNDES, L. C. Development of cognitive conducts during a computer simulated environmental analysis. *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, v. 5, n. 2, p. 157-174, 2004.

EICHLER, M. L. e FAGUNDES, L. C. Conductas cognitivas relacionadas con el análisis de problemas ambientales. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 22, n. 2, p. 287-298, 2004.

EICHLER, M. L.; JUNGES, F. e DEL PINO, J. C. Cidade do Átomo, um *software* para o debate escolar sobre energia nuclear. *A Física na Escola*, v. 7, n. 1, p. 17-22, 2006.

EICHLER, M. L.; PERRY, G. T. e DEL PINO, J. C. Jigo: um editor de objetos de aprendizagem de segunda geração. *RENOTE - Revista Novas Tecnologias na Educação*, v. 6, n. 1, p. 1-13, 2008.

EICHLER, M. L.; PERRY, G. T.; GONÇALVES, M. R. e DEL PINO, J. C. Energias, um objeto de aprendizagem para o debate escolar sobre os meios de produção de energia elétrica. *RENOTE - Revista Novas Tecnologias na Educação*, v. 4, n. 2, 2006.

EICHLER, M. L.; XAVIER, P. R.; ARAÚJO, R. C.; FORTE, R. C. e DEL PINO, J. C. Carbópolis: A Java Technology-Based Free Software for Environmental Education. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, v. 24, n. 1, p. 43-72, 2005.

ELIADE, M. *Ferreiros e Alquimistas*. Rio de Janeiro: Zahar, 1979.

FAGUNDES, L. C.; SATO, L. S. e MAÇADA, D. L. *Aprendizes do Futuro: as inovações começaram*. Brasília: PROINFO/SEED/MEC, 1999.

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

FREIRE, P. *Educar com a mídia: novos diálogos sobre educação*. São Paulo: Paz e Terra, 2016.

GUTERRES, J. O.; EICHLER, M. L. e DEL PINO, J. C. A usabilidade de Carbópolis, um *software* livre para a educação ambiental. *Tecnologia Educacional*, v. 166, p. 69-82, 2004.

LOLLINI, P. *Didática e Computador* - quando e como a informática na escola. São Paulo: Edições Loyola, 1991.

LOPES, C. V. M. e KRÜGER, V. (Orgs.) *Propostas para o ensino de química: poluição do ar e lixo*. Porto Alegre: SE-RS, 1997.

NEVES, I. C.; SOUZA, J.; GUEDES, P.; SCHAFFER, N. e KLUSENER, R. *Ler e Escrever: compromisso de todas as áreas*. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 1998.

PERRY, G. T.; ANDRADE NETO, A. S. e AMARAL, F. G. Relato da construção do Colisões: problematização da interface. *RENOTE - Revista Novas Tecnologias na Educação*, v. 2, n. 2, 2004.

PERRY, G. T.; EICHLER, M. L. e MARCONDES FILHO, D. Design and evaluation of a game for mobile platforms about periodic properties of the chemical elements. *Revista Acta*

*Scientiae*, v. 20, n. 5, p. 863-884, 2018.

SCHROEDER, E. O.; DEL PINO, J. C.; SALGADO, T. D. M. e KRÜGER, V. Proposta de ensino de química compatível com as características das cidades periféricas da grande Porto Alegre. *Série Documental: Relatos de Pesquisa*, v. 26, p. 9-21, 1995.

SILVA, C. S. e SOARES, M. H. F. B. Estudo bibliográfico sobre conceito de jogo, cultura lúdica e abordagem de pesquisa em um periódico científico de Ensino de Química. *Ciência & Educação*, v. 29, p. e23003, 2023.

WHISNANT, D. M. Scientific exploration with a microcomputer: simulations for nonscientists. *Journal of Chemical Education*, v. 61, n. 7, p. 627-629, 1984.

WHISNANT, D. M. A role-playing exercise using a computer simulation. *Journal of Chemical Education*, v. 69, n. 1, p. 42-43, 1992.

**Abstract:** *Computers in chemical education: a report of 25 years of practical experience in developing digital educational games.* At the turn of the millennium it was said that computers could change education, or at least the educational practices of teachers. At that time, I began my research into the interface area between educational technology and chemistry teaching. In this article I reflect on my quarter-century journey with the production of digital educational games. The memory of pre-production studies and the challenges of producing digital resources can perhaps inspire future work on other digital technologies, such as mobile devices.

**Keywords:** chemistry teaching, educational technology, digital resources

# O modelo atômico de Thomson em livros de Química: desafios e perspectivas

Lucas Menhô Dias, Valéria Pereira Soares e Evelyn Jeniffer de Lima Toledo

A Química é uma ciência abstrata e o professor tem o papel de transpor seus modelos e teorias. Essa transposição pode ser feita usando diferentes recursos, dentre eles o livro didático. Reconhecendo a importância desse recurso e a dificuldade de apropriação dos modelos atômicos, nesta pesquisa foi investigada se a apresentação do modelo de Thomson nos livros de Química do PNLD 2018, Ciências da Natureza e suas tecnologias do PNLD 2021 e em livros utilizados no ensino superior é efetivamente coerente com o originalmente proposto pelo cientista. A pesquisa foi feita de forma qualitativa, utilizando como técnica a análise de conteúdo de Bardin. Como resultado, foram observadas incoerências entre o modelo proposto por Thomson e o apresentado nos livros. As principais incoerências são: massa do átomo, posição dos elétrons e uso de analogias. Espera-se, com esta pesquisa, contribuir para a disseminação do modelo conforme proposto pelo cientista.

► transposição didática, analogias, elétrons ◀

Recebido em 18/01/2024; aceito em 04/09/2024



116

## Introdução

Historicamente, livros didáticos apresentam um papel fundamental na educação. Contudo, a forma como o conteúdo é apresentado nesses materiais pode contribuir para aumentar as dificuldades dos estudantes. Dentre as dificuldades mais frequentes na literatura acadêmica, destacam-se a compreensão de conceitos, modelos e teorias em nível submicroscópico. Para tentar facilitar o entendimento dos estudantes, os livros didáticos recorrentemente se utilizam de analogias (Teixeira e Santos, 2023; Oliveira e Mozzer, 2023).

Muitas das vezes, os livros, servindo-se de analogias, são os únicos recursos utilizados pelos professores, mas, em geral, não apresentam os Modelos Atômicos como construções científicas. O uso de analogias é vastamente desaprovado pela literatura acadêmica quando não empregado de maneira crítica (Teixeira e Santos, 2023; Oliveira e Mozzer, 2023). Embora os modelos

sejam fundamentais para a Química, alunos e professores frequentemente possuem concepções limitadas sobre esse conceito, como apontam Melo e Lima Neto (2013).

Quanto a essa temática, destacamos o modelo atômico de Thomson, por ser esse o primeiro modelo famoso a reconhecer a divisibilidade do átomo e possibilitar a explicação de fenômenos elétricos. No contexto do ensino regular, é um dos primeiros a ser apresentado aos estudantes, já nos anos finais do Ensino Fundamental (Teixeira e Santos, 2023).

Nessa perspectiva, discutir como o modelo atômico de Thomson é apresentado nos livros didáticos se torna essencial, principalmente nos livros oriundos de uma política pública como o Plano Nacional do Livro Didático (PNLD) e os que fazem parte da formação geral de futuros professores de química. Diante do exposto, foi objetivo desta pesquisa analisar se o modelo atômico de

Thomson apresentado nos livros de Química do PNLD 2018, Ciências da Natureza e suas tecnologias do PNLD 2021, e

[...] foi objetivo desta pesquisa analisar se o modelo atômico de Thomson apresentado nos livros de Química do PNLD 2018, Ciências da Natureza e suas tecnologias do PNLD 2021, e em livros utilizados no ensino superior (Brown *et al.*, 2016 e Atkins *et al.*, 2018), é efetivamente coerente com o originalmente proposto pelo cientista: uma esfera com eletricidade positiva em que corpúsculos negativos estão imersos em posições matematicamente calculadas.

em livros utilizados no ensino superior (Brown *et al.*, 2016 e Atkins *et al.*, 2018), é efetivamente coerente com o originalmente proposto pelo cientista: uma esfera com eletricidade positiva em que corpúsculos negativos estão imersos em posições matematicamente calculadas. Assim, acreditamos poder contribuir com as próximas gerações de livros e com a formação dos professores, ao compararmos o modelo do cientista com as explicações textuais e imagéticas dos livros supracitados, a fim de verificar a conformidade do modelo científico apresentado.

### Transposição didática

A principal função da escola é a disseminação de conhecimento, que podemos caracterizar como saber. Segundo Chevallard e Joshua (1982), o termo “saber” refere-se a um objeto suscetível a transformações, sendo essas alterações denominadas de transposição didática, que pode ser categorizada em três níveis: saber sábio; saber a ensinar e saber ensinado.

O saber sábio é resultado da compreensão humana diante dos fenômenos naturais, sendo construído por meio de diálogos e trabalhos que buscam respostas para explicar observações. Esse processo culmina na publicação, transformando-o em um produto da ciência com linguagem própria. O saber sábio deve ser reconhecido e transmitido para futuras gerações por meio da transposição didática, gerando um novo tipo de saber, o “saber a ensinar” (Alves Filho, 2000).

O saber a ensinar é o conhecimento voltado ao ensino, apresentado em livros e manuais educacionais. No ambiente escolar, o saber a ensinar torna-se uma ferramenta de trabalho para os educadores, que o utilizam como base para o planejamento de suas aulas. A partir desse contexto, surge um novo cenário em que, por meio de uma transposição didática, o saber a ensinar transforma-se no “saber ensinado” (Alves Filho, 2000).

O saber ensinado é o mais suscetível a mudanças, uma vez que ocorre no ambiente escolar. Envolve pais, diretores e demais responsáveis pela instituição. Enquanto o saber sábio e o saber a ensinar são caracterizados como transposições externas, sem interferência externa significativa, o saber ensinado é classificado como uma transposição interna devido às possíveis pressões e influências provenientes desse contexto (Alves Filho, 2000).

Durante a transformação dos saberes, pode acontecer uma completa distorção do conceito científico culminando na divulgação de um erro conceitual, tanto a partir dos discursos linguísticos como extralinguísticos (dos Santos e Meloni, 2023). Erros esses que vêm sendo percebidos, inclusive, em obras aprovadas pelo PNL (Silva e Chagas, 2017; Oliveira e Siqueira, 2023) e livros do Ensino Superior (Silva e Chagas, 2017).

Martinand (1986), citado por Astolfi e Develay (1995, p.53), destaca um elemento crucial no saber ensinado, denominado “prática social de referência”. Esse conceito ressalta a importância de relacionar os conteúdos a serem ensinados

com a cultura dos alunos. As analogias representam exemplos de como conectar a realidade diária dos estudantes com os fenômenos a serem estudados, constituindo, assim, uma forma de transposição didática.

Analogias são “comparações de estruturas entre dois domínios” (Duit, 1991). Podem ser apresentadas em dois formatos: um verbal, que apresenta apenas palavras, e outro pictórico-verbal, no qual as palavras são conectadas com figuras. Para compreender as analogias verbais, o estudante deve criar sua própria imagem (Curtis e Reigeluth, 1984). Entre os modelos atômicos famosos, por causa de uma analogia associada, está o modelo atômico de Thomson.

### O modelo atômico de Joseph John Thomson

Joseph John Thomson foi um físico britânico que viveu entre 1856 e 1940. Seu interesse pela física começou aos 14 anos, quando iniciou seus estudos em engenharia no *Owens College*. Ele se destacou na área de teorias atômicas e combinações químicas, influenciado por John Dalton. Thomson sucedeu Lorde Rayleigh no Laboratório Cavendish, onde desenvolveu suas pesquisas sobre a natureza elétrica da matéria e a teoria atômica (Lopes e Martins, 2009).

Entre as pesquisas de Thomson, destacam-se sua investigação sobre a estrutura dos átomos e a distribuição dos elétrons, que culminaram na elaboração de uma teoria atômica. Segundo essa teoria, o átomo neutro é descrito como constituído por eletricidade positiva e corpúsculos negativamente carregados que se repelem mutuamente. Devido à incerteza sobre a natureza exata da eletricidade positiva no átomo, o cientista optou por descrevê-la como uma esfera de densidade uniforme – uma abordagem mais conveniente do ponto de vista matemático (Thomson, 1907).

Inicialmente, Thomson propôs arranjos poligonais para distribuir os corpúsculos nos átomos, variando de 3 a 6 corpúsculos. No entanto, a impossibilidade matemática de organizar tridimensionalmente os corpúsculos em um átomo esférico de forma a garantir o equilíbrio levou-o a considerar um caso especial. Nesse caso, os corpúsculos são confinados a um plano que passa pelo centro da esfera e, assim, em posições de equilíbrio, eles se localizam em anéis: um único anel para átomos com até cinco corpúsculos e dois ou mais anéis para átomos com mais de cinco corpúsculos. Portanto, o posicionamento dos corpúsculos dado por Thomson refere-se a esse caso especial em que todos os corpúsculos estão em um plano que passa pelo centro do átomo esférico, por ter sido essa a condição suscetível a modelagem matemática, que foi a que originou os anéis (Thomson, 1907).

É importante destacar que, por estarem em um mesmo plano, os elétrons podem estar em equilíbrio sem a necessidade de estar se movimentando. Além disso, em seu trabalho, Thomson cita um método experimental para investigar o equilíbrio dos corpúsculos em um plano. Nesse experimento, foram utilizadas pequenas agulhas magnéticas fixadas em rolhas que flutuavam em água sob a influência de um ímã forte. Essas agulhas também se posicionaram naturalmente

em anéis concêntricos, ilustrando a configuração dos corpúsculos em um átomo de acordo com sua teoria dos anéis (Thomson, 1907).

Os corpúsculos negativos, posteriormente denominados elétrons, são constituintes do átomo e possuem sempre o mesmo tamanho e quantidade de carga elétrica. Eles foram identificados nos tubos de raios catódicos (Figura 1), nos quais a passagem de descargas elétricas produzia uma luz verde fluorescente (Thomson, 1907).

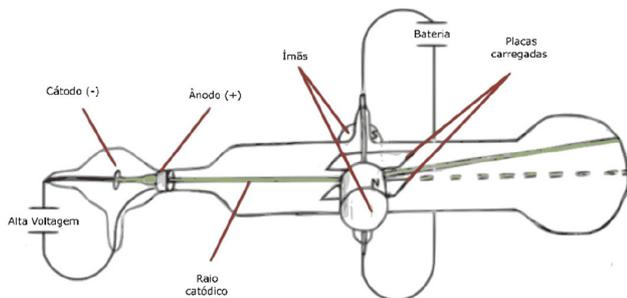


Figura 1: Representação do Tubo de Raios Catódicos

Thomson (1907) evidenciou que esses raios sempre apresentavam a mesma relação entre carga/massa, independentemente do tipo de eletrodo ou de gás utilizados. Com isso, ele compreendeu que o átomo possuía em sua constituição corpúsculos de carga negativa. Assim, demonstrou experimentalmente a existência de partículas menores que o átomo, contradizendo a sua indivisibilidade postulada pela teoria de Dalton.

Como esses corpúsculos são eletricamente negativos e os átomos são neutros em seu estado fundamental, eles deveriam estar equilibrados com uma quantidade equivalente de carga positiva. Assim, considerando o caso especial em que os corpúsculos estão confinados a um plano que passa pelo centro da esfera, o átomo seria uma esfera com eletricidade positiva distribuída de maneira uniforme, com os corpúsculos distribuídos em anéis concêntricos de modo que a atração pela eletricidade positiva fosse equilibrada pela repulsão dos outros corpúsculos (Thomson, 1907). A quantidade de anéis e a quantidade de elétrons em cada um deles foi calculada: no caso de átomos com até 100 partículas, seriam até sete anéis (Tabela 1).

O anel mais externo em todos os átomos, neste trabalho, é denominado a.1. À medida que mais anéis são necessários para garantir a estabilidade, eles são acrescentados internamente a esse anel. Portanto, átomos com número total de elétrons (CT) variando de 1 a 5 terão um único anel (a.1), átomos com CT variando de 6 a 16 terão dois anéis (a.1 e a.2), de 17 a 31 terão três anéis (a.1, a.2 e a.3), de 32 a 48 terão quatro anéis, de 49 a 69 terão cinco anéis, de 70 a 93 terão seis anéis, de 94 a 100 terão sete anéis.

Exemplificando, um átomo com CT igual a 12 terá dois anéis, sendo que 9 elétrons estarão no anel externo (a.1) e 3 no anel interno (a.2); um átomo com CT igual a 23 terá três anéis, sendo que 13 elétrons estarão no anel externo (a.1), 8 no segundo anel (a.2) e 2 no anel interno (a.3); um átomo

com CT igual a 38 terá quatro anéis, sendo que 16 elétrons estarão no anel externo (a.1), 12 no segundo anel (a.2), 8 no terceiro anel (a.3) e dois no anel interno (a.4), conforme representado na Figura 2.

Thomson (1907) apresenta um modelo puramente matemático em seu livro, desprovido de qualquer recurso imagético; porém, muitos autores de livros, ao realizarem a transposição didática, utilizaram figuras. No entanto, um recurso que poderia funcionar como um facilitador pode se tornar mais um problema, a depender da forma como é apresentado.

Diante do exposto, o objetivo desta pesquisa foi analisar se o modelo atômico de Thomson, apresentado nos livros de Química do PNL D 2018, Ciências da Natureza e suas tecnologias do PNL D 2021 e do Ensino Superior (Brown *et al.*, 2016; Atkins *et al.*, 2018) é efetivamente coerente com o originalmente proposto pelo cientista.

## Metodologia

Foram analisados os livros de Química do PNL D de 2018, de Ciências da Natureza e suas tecnologias do PNL D 2021, além de dois livros comumente utilizados no ensino superior de Química: *Química - A Ciência Central* (Brown *et al.*, 2016) e *Princípios de Química - Questionando a Vida Moderna e o Meio Ambiente* (Atkins *et al.*, 2018).

A avaliação dos livros foi feita de forma qualitativa, dividida em três etapas conforme a abordagem da análise de conteúdo proposta por Bardin (1977): pré-análise, exploração do material e interpretação/inferências. A pré-análise foi iniciada com a definição de um código (C) (Quadro 1) para cada coleção.

Na versão digital dos livros, utilizamos a ferramenta de busca “(Ctrl + F)” para encontrar a palavra-chave “Thomson”. Em seguida, iniciamos a exploração do material através de uma leitura flutuante para selecionar os trechos pertinentes para a análise, identificando assim as unidades de registro. Posteriormente, realizamos uma leitura mais detalhada para formular hipóteses e desenvolver identificadores que auxiliassem na interpretação do material.

Assim, as unidades de registros foram agrupadas de acordo com as categorias identificadas para realizarmos a terceira etapa, que consistiu em uma leitura exaustiva das unidades de registro. O objetivo dessa fase foi posicioná-las nas categorias construídas, envolvendo interpretação e inferências à luz do referencial teórico. O propósito era responder à seguinte questão: o modelo atômico de Thomson, apresentado nos livros de Química do PNL D 2018, Ciências da Natureza e suas tecnologias do PNL D 2021, e nos livros do Ensino Superior (Brown *et al.*, 2016; Atkins *et al.*, 2018) é efetivamente coerente com o originalmente proposto pelo cientista?

## Resultados e discussão

A busca pela palavra-chave “Thomson” permitiu identificar os livros pertinentes à nossa questão de pesquisa.

Tabela 1: Relação entre corpúsculos e anéis para o átomo de Thomson

CT	1	2	3	4	5																			
a.1	1	2	3	4	5																			
CT	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16													
a.1	5	6	7	8	8	8	9	10	10	10	11													
a.2	1	1	1	1	2	3	3	3	4	5	5													
CT	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31									
a.1	11	11	11	12	12	12	13	13	13	13	13	13	14	15	15									
a.2	5	6	7	7	8	8	8	8	9	10	10	10	10	10	11									
a.3	1	1	1	1	1	2	2	3	3	3	4	4	5	5	5									
CT	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48							
a.1	15	15	15	16	16	16	16	16	16	16	17	17	17	17	17	17	17							
a.2	11	11	11	11	12	12	12	13	13	13	13	13	13	14	14	15	15							
a.3	5	6	7	7	7	8	8	8	8	9	9	10	10	10	10	10	11							
a.4	1	1	1	1	1	1	2	2	3	3	3	3	4	4	5	5	5							
CT	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69			
a.1	17	18	18	18	18	18	19	19	19	19	20	20	20	20	20	20	20	20	20	21	21			
a.2	15	15	15	15	16	16	16	16	16	16	16	16	16	17	17	17	17	17	17	17	17			
a.3	11	11	11	11	11	12	12	12	12	13	13	13	13	13	13	14	14	15	15	15				
a.4	5	5	6	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	9	9	10	10	10	10	10	11			
a.5	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	3	3	3	3	4	4	5	5	5	5			
CT	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93
a.1	21	21	21	21	21	21	21	21	22	22	22	22	22	22	22	22	23	23	23	23	23	23	23	24
a.2	17	18	18	18	18	18	19	19	19	19	19	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	21	21	21
a.3	15	15	15	15	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
a.4	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	13	13	13	13	13	13	13	14	14	15	15	15	15	15
a.5	5	5	6	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	9	9	10	10	10	10	10	10	11	11	11
a.6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	3	3	3	3	4	4	5	5	5	5	5	5
CT	94	95	96	97	98	99	100																	
a.1	24	24	24	24	24	24	24																	
a.2	21	21	21	21	21	21	21																	
a.3	17	18	18	18	18	18	19																	
a.4	15	15	15	15	16	16	16																	
a.5	11	11	11	11	11	12	12																	
a.6	5	5	6	7	7	7	7																	
a.7	1	1	1	1	1	1	1																	

Fonte: adaptado de Thomson, 1907. p.109-110. CT: número total de elétrons no átomo, a.x (x=1-7): número do anel

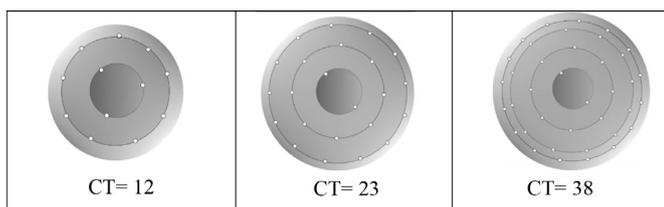


Figura 2: Representações do modelo de Thomson para átomos com 12, 23 e 38 elétrons. Fonte: autores (cores fantasia e o tamanho das partículas e da esfera fora de escala)

O resultado obtido pode ser verificado no Quadro 2 e nos permite visualizar que todas as coleções abordam o conteúdo ao menos uma vez. É interessante observar que o modelo atômico de Thomson é predominantemente apresentado no primeiro volume, mas em coleções como MP21, SP18, MEV21 e QC18, ele é abordado em dois volumes, enquanto em CN21 é citado nos três volumes. Assim, dos 62 volumes

analisados, 21 volumes abordaram o modelo.

A retomada desse conteúdo em mais do que um único volume, portanto série, pode proporcionar vantagens, pois o estudante, agora mais amadurecido, terá a oportunidade de perceber elementos que talvez não tenham sido assimilados no primeiro momento, dependendo da abordagem do material.

Após a seleção, realizou-se uma leitura aprofundada das unidades de registro para formular hipóteses e desenvolver identificadores que facilitassem a interpretação do material. A seguir, as categorias e subcategorias construídas serão marcadas em negrito a fim de facilitar a identificação delas ao longo do texto, evitando assim a repetição de ter que anunciar a todo momento se tratar de uma categoria/subcategoria e não o uso comum do termo.

A primeira categoria de análise estabelecida foi intitulada **Explicação**. Dentro dessa, foi avaliado se as coleções

Quadro 1: Livros analisados e seus respectivos códigos

	CÓDIGO (C)	TÍTULO	AUTOR (ES)
PNLD 2018	QC18	Química Cidadã – V. 1-3	W. Santos e G. Mól (org)
	V18	Química Viva – V. 1-3	V. L. D. de Novais e M. T. Antunes
	MM18	Química – V. 1-3	E. F. Mortimer e A. H. Machado
	SP18	Química – Ser Protagonista – V. 1-3	J. C. F. Lisboa <i>et al.</i>
	MR18	Química – V. 1-3	M. Reis
	C18	Química – V. 1-3	C. A. M. Ciscato <i>et al.</i>
PNLD 2021	CN21	Ciências da Natureza – V. 1-6	S. Lopes e S. Rosso
	C21	Conexões – V. 1-6	M. Thompson <i>et al.</i>
	D21	Diálogo – V. 1-6	K. C. dos Santos
	SP21	Ser Protagonista – V. 1-6	A. Fukui <i>et al.</i>
	MEV21	Matéria Energia e Vida – V. 1-6	E. Mortimer <i>et al.</i>
	MP21	Moderna Plus – V. 1-6	J. M. Amabis <i>et al.</i>
Ensino Superior	M21	Multiversos – V. 1-3	L. P. de Godoy, R. M. D. Agnolo e W. C. de Melo
	PQ18	Princípios de Química – Questionando a Vida Moderna e o Meio Ambiente	P. Atkins, L. Jones e L. Laverman
	QCC16	Química - A Ciência Central	T. L. Brown <i>et al.</i>

apresentam ou não uma explicação do modelo mencionado. Assim, as coleções foram separadas entre aquelas que simplesmente mencionam o modelo e aquelas que tentam realizar uma transposição do conceito científico para o livro didático. Consequentemente, a categoria foi subdividida em duas subcategorias: **Explica** e **Não explica**.

A subcategoria **Explica** engloba todas as coleções que oferecem alguma explicação sobre o modelo de Thomson, sem considerar se essa explicação está correta ou não, aspecto que será analisado na próxima categoria. Do mesmo modo, a subcategoria **Não explica** refere-se às coleções que não oferecem explicação sobre o modelo de Thomson.

Assim, observou-se que, dentre as 15 coleções analisadas, apenas CN21 não fornece uma explicação. Nesse caso, embora Thomson seja mencionado, não há uma descrição da concepção do átomo pelo cientista. A coleção se limita a relatar a contribuição para fenômenos elétricos, a natureza

Quadro 2: Volumes que abordam o modelo atômico de Thomson

LIVROS	ABORDA	NÃO ABORDA
MR18	Volume 1	Volumes 2 e 3
SP18	Volumes 1 e 2	Volumes 3
V18	Volume 1	Volumes 2 e 3
QC18	Volumes 1 e 3	Volume 2
C18	Volume 1	Volumes 2 e 3
MM18	Volume 1	Volumes 2 e 3
CN21	Volumes 1, 2 e 5	Volumes 3, 4 e 6
C21	Volume 1	Volumes 2, 3, 4, 5 e 6
D21	Volume 1	Volumes 2, 3, 4, 5 e 6
MEV21	Volumes 3 e 6	Volumes 1 e 2, 4 e 5
MP21	Volumes 1 e 6	Volumes 2, 3, 4 e 5
M21	Volume 1	Volumes 2, 3, 4, 5 e 6
SP21	Volume 1	Volumes 2, 3, 4, 5 e 6
PQ18	Volume Único	Não se aplica
QCC16	Volume Único	Não se aplica

dos raios catódicos e a identificação e caracterização dos elétrons. Mesmo no tópico denominado “constituição atômica” (Figura 3), não é descrito ou exibido o modelo. Portanto, essa coleção foi removida das demais análises.

### Constituição atômica

Os átomos são constituídos de partículas subatômicas, como prótons, nêutrons e elétrons. Os prótons foram identificados nos estudos do físico neozelandês Ernest Rutherford (1871-1937), publicados em 1919. Os nêutrons, embora previstos em diversas pesquisas e trabalhos experimentais desenvolvidos por tantos outros cientistas da época, foram identificados pelo físico britânico James Chadwick (1891-1972), em 1932. Os elétrons foram identificados e caracterizados graças aos trabalhos do físico inglês Joseph John Thomson (1856-1940) de 1904 e do físico estadunidense Robert Millikan (1868-1953) de 1909.

Figura 3: Descrição do átomo para CN21. Fonte: CN21

Cientes de que todas as demais 14 coleções foram enquadradas em **Explica**, o próximo passo foi analisar se a explicação é coerente com o modelo proposto por Thomson. Para isso, foi construída uma nova categoria, denominada **Transposição**. Essa categoria foi dividida em **Massa** e **Posição**, visando analisar individualmente cada um desses fatores.

No que diz respeito à **Massa** do átomo, as coleções MM18, MEV21, MP21, SP21, SP18, C18 e D21 afirmam que é maciça, para V18 e C21 a massa é sólida e para PQ18 é gelatinosa. Thomson não descreveu o átomo como sólido, maciço ou gelatinoso, ele apenas especificou que a esfera seria constituída de eletricidade positiva, como descrevem MR18 (Figura 4), QC18, QCC16 e M21.

Em relação à **Posição** dos elétrons, as coleções MR18, MM18, MEV21, MP21, PQ18, SP21, QCC16 e SP18

O átomo é uma esfera de carga elétrica positiva, não maciça, incrustada de elétrons (negativos), de modo que sua carga elétrica total é nula.

Figura 4: O átomo de Thomson em MR18/. Fonte: MR18

representam os corpúsculos de forma aleatória, sem mencionar como eles se organizam para gerar estabilidade ao átomo. As coleções QC18, M21, C18 e D21 (Figura 5) apresentam a informação correta, informando ao leitor que os elétrons estão dispostos em anéis concêntricos no átomo, conforme o caso especial apontado por Thomson, embora não explicitando ser esse um caso especial devido à sua suscetibilidade a tratamento matemático, enquanto V18 e C21 omitem essa informação.

Sabendo que explicações verbais podem ser complementadas por recursos imagéticos, foi estabelecida uma nova categoria denominada **Recurso Visual**. Esta categoria trata da presença ou ausência de imagens que representam o modelo atômico de Thomson. Portanto, a categoria foi subdividida em duas subcategorias: **Presença** ou **Ausência** de imagem.

A subcategoria **Presença** de imagem abrange as coleções nas quais são utilizadas imagens como forma de complementar a parte textual da explicação. Entre as 13 coleções que explicam o modelo de Thomson, as imagens estavam presentes em oito (MR18, SP18, V18, QC18, D21, MEV 21, QCC16 e SP21), sendo que apenas a QC18 (Figura 6a) apresenta uma figura adequada à descrição feita por Thomson.

Na Figura 6a é possível observar um átomo com sete elétrons, sendo seis dispostos de forma organizada em um anel concêntrico e o sétimo no centro da esfera. Essa representação está alinhada com o calculado por Thomson. As demais coleções (MR18, SP18, V18, D21, MEV21, QCC16 e SP21) apresentam em suas imagens corpúsculos dispostos de forma desorganizada e aleatória pelo átomo, como é possível observar na Figura 6b. Portanto, esta imagem não condiz com nenhuma das possibilidades apresentada pelo

cientista, logo esse modelo representado no livro é instável de acordo com os cálculos de Thomson (1907).

A representação visual no livro D21 (Figura 6b) chama a atenção, pois, embora a descrição em relação à posição dos elétrons estivesse correta (Figura 5), a representação gráfica não se coadunou com a textual.

Ainda em relação ao **Recurso Visual**, foram analisadas as legendas a fim de verificar se havia indicação ao leitor de que a representação estava fora de escala e que as cores eram fictícias. Essa subcategoria, denominada **Cores e Escala**, estava inadequada nas coleções QC18, QCC16 e MEV21. Por outro lado, as coleções MR18, SP18, V18, SP21 e D21 alertam o leitor sobre essas questões.

Reconhecemos esse alerta como significativo, pois, além de Thomson (1907) não ter utilizado nenhuma imagem que representasse seu modelo, os átomos não possuem cores, uma vez que o modelo é menor do que o comprimento de luz visível. Portanto, é fundamental que os autores estejam atentos à explicação para evitar a propagação de concepções alternativas.

Um resumo das informações referentes às categorias **Transposição** e **Recurso Visual** pode ser visualizado no Quadro 3. Nele estão destacadas em vermelho as informações apresentadas de forma errada pelos livros e em verde as informações adequadas. Como é possível observar, QC18 e M21 foram os livros que melhor atenderam aos critérios estabelecidos nesta pesquisa.

É importante destacar que as explicações fornecidas pelos dois livros de Ensino Superior analisados (QCC16 e PQ18) são tão equivocadas quanto a maioria dos livros do Ensino Médio presentes nesta pesquisa, como pode ser observado nas discussões e no Quadro 3. É possível ressaltar que esse não é um problema novo, pois Lima *et al.* (2017) e Mendes *et al.* (2023) já tinham observado situação semelhante. Uma possível explicação, segundo Lima *et al.* (2017), é que os autores dos livros do PNLD apenas simplificam o formalismo matemático do que estudaram em sua graduação, o que, segundo os autores, configura uma espécie de colonialismo

Em 1903, para abranger suas observações, Thomson propôs um novo modelo de átomo, que consistia em uma esfera maciça e com carga positiva, na qual pequenas partículas negativas, os elétrons, estavam distribuídas em circunferências concêntricas.

Figura 5: Disposição dos elétrons em D21 segundo o modelo de Thomson. Fonte: D21 p.51

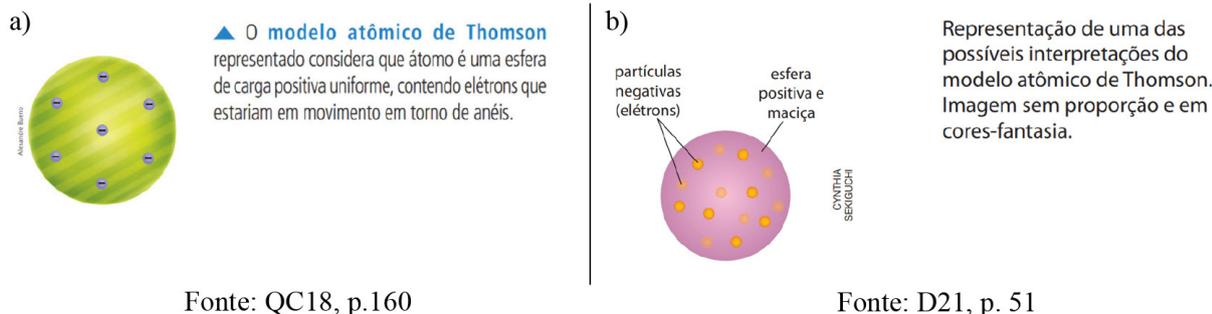


Figura 6: Imagem da coleção QC18

Quadro 3: Resultados da análise das categorias Transposição e Recurso Visual nos livros didáticos

Livros	Transposição		Recurso Visual		
	Massa	Posição	Presença	Posição	Cores e Escala
MR18	correta	aleatório	X	aleatório	adequada
SP18	maciça	aleatório	X	aleatório	adequada
V18	sólida	omite	X	aleatório	adequada
QC18	correta	anéis	X	anéis	não explica
C18	maciça	anéis	-	-	-
MM18	maciça	aleatório	-	-	-
C21	sólida	omite	-	-	-
D21	maciça	anéis	X	aleatório	adequada
MEV21	maciça	aleatório	X	aleatório	não explica
MP21	maciça	aleatório	-	-	-
M21	correta	anéis	-	-	-
SP21	maciça	aleatório	X	aleatório	adequada
PQ18	gelatinosa	aleatório	-	-	-
QCC16	correta	aleatório	-	aleatório	não explica

didático culminando na subordinação do Ensino Básico.

Chamamos atenção para esse fato através da pesquisa realizada por Silva e Chagas (2017), que, ao investigarem a transposição didática do conteúdo de Química Quântica nos livros do Ensino Médio, definiram como “saber sábio” o presente no QCC16. De acordo com os autores, “essa obra mesmo tendo passado pela transposição didática apresenta elos que remetem ao saber original proposto pelos cientistas” (Silva e Chagas, 2017, p. 287). Conforme pudemos observar nas discussões até o presente momento, essa é uma visão distorcida da realidade. Livros destinados ao Ensino Superior podem se distanciar do saber sábio tanto quanto os do Ensino Básico.

Os livros também foram analisados quanto ao emprego de analogias, pois esse é um recurso comumente utilizado no ensino de modelos atômicos. Como todos os recursos, existem vantagens e desvantagens que podem ser ressaltadas, dependendo do uso. Conforme afirmam Teixeira e Santos (2023), analogias enriquecidas que sejam coerentes ao contexto do estudante e que tenham suas limitações explicitadas podem auxiliar o processo de aprendizagem.

Diante do exposto, os livros foram analisados quanto à presença de **analogias**. Como resultado, foi identificado que elas estão presentes nos seguintes livros: MR18, SP18, QC18, MM18, MEV21, SP21, QCC16, PQ18, abarcando assim 8 das 14 coleções que explicam o modelo de Thomson.

Por meio da identificação das analogias foi construída uma subcategoria intitulada **Tipo**. O objetivo de análise nessa subcategoria foi localizar qual tipo de analogia os livros estavam utilizando, ou seja, qual entidade os autores entendem ser cabível comparar com o modelo do cientista. Foram identificados três tipos: “Pudim de passas/ameixas”, “Panetone” e “Melancia”.

A analogia do “Pudim de passas/ameixas” foi encontrada em sete (PQ18, QCC16, SP21, SP18, MR18, MEV21 e QC18) das oito coleções que optaram por esse recurso de transposição. Embora seja recorrente, ela não é proveniente de alguma fala ou texto do cientista, mas sim de um jornalista da época em que a teoria de foi publicada (Hon e Goldstein, 2013). Além disso, não é comum o pudim de passas no Brasil, o que dificulta a sua assimilação, de acordo com Teixeira e Santos (2023).

A analogia “Panetone” foi localizada na coleção MM18. Os autores, provavelmente optaram por esse pão natalino para criar maior proximidade com a cultura nacional, já que é um alimento comum no Brasil. Seguindo a mesma ideia de aproximação cultural, a coleção MEV21 e QCC16, além do pudim de passas/ameixas, utilizaram a “Melancia”.

Desse modo, dos três tipos utilizados, o “Pudim de passas/ameixas” é o mais comum, mas é também o mais distante dos discentes por não ser comum no contexto brasileiro. Portanto, em termos de familiaridade, o panetone e a melancia são melhores representações, porém familiaridade não é suficiente, é preciso que haja similaridade entre os domínios.

Em relação à similaridade, podemos perceber um potencial nesses análogos, como por exemplo, as entidades imersas nesses alimentos (frutas cristalizadas no panetone e as sementes na melancia) e os elétrons imersos no átomo, conforme apontam Teixeira e Santos (2023) em relação às passas no pudim. Entretanto, como já afirmado, as limitações também precisam ser consideradas, como o fato das frutas cristalizadas, sementes e passas estarem distribuídas de forma aleatória na entidade, enquanto no modelo de Thomson do átomo os elétrons estão em posições matematicamente calculadas.

Desse modo, em termos de familiaridade, similaridades e limitações, aspectos relevantes para a escolha de uma analogia, as utilizadas pelos livros apresentam adequações e inadequações. O maior entrave percebido é que as coleções apresentam apenas as similaridades, não explicitando as limitações, deixando a cargo do professor percebê-las e ressaltá-las durante o processo de ensino. Corre-se o risco de o estudante entender o análogo como o próprio alvo, sendo esses equivalentes.

Portanto, embora possa ser um recurso útil no ensino de ciências, o uso de analogias apresenta um desafio, pois não pode ser utilizado de maneira livre. É algo que requer estudo (Oliveira e Mozzer, 2023). O uso desordenado de analogias pode trazer problemas no ensino, como falta de aceitação pelos alunos, generalizações seguidas e conceitos errôneos (Ramos e Mozzer, 2018). Esses problemas podem ser considerados o que Bachelard (1996) denomina de “obstáculos epistemológicos”. O uso indiscriminado de analogias pode ser um dos fatores responsáveis por concepções equivocadas no ensino de ciências.

A partir da identificação dos **tipos** de analogia foi construída uma nova subcategoria denominada **Representações**. Nessa, o objetivo era identificar se a representação era **Textual** ou **Textual-imagética**. Assim, quando **Textual**, a analogia estava apenas na forma escrita (PQ18, QCC16, SP21, SP18 e MR18), enquanto nas **Textual-imagética** (QC18, MM18 e MEV21) os autores utilizaram imagens que representam a analogia, além da explicação textual.

Nas coleções que fizeram uso do “Pudim de passas” (PQ18, QCC16, SP21, SP18 e MR18), “Panetone” (MM18) e “Melancia” (MEV21, QCC16) (Figura 7), os autores



Figura 7: Imagem da coleção MEV21. Fonte: MEV21 p. 45

descreviam a analogia enquanto exibiam uma figura da entidade. As figuras foram utilizadas para explicar como cada parte da imagem se relaciona com o modelo de Thomson, ou seja, as similaridades.

Ao observar esse tipo de analogia, bem como sua descrição, percebemos que apenas as similaridades são apresentadas. Portanto, a falta das limitações, como já afirmado, pode induzir o estudante a acreditar que o análogo é o próprio alvo, fortalecendo equívocos acerca do modelo atômico proposto por Thomson, como já enfatizado, pois o modelo do cientista é matemático.

A categoria **analogia** foi subcategorizada em **Autoria**. Nessa, objetivávamos identificar quais coleções atribuíam a autoria a Thomson. Dessa forma, as unidades de registros foram divididas em **Autor**, **Não autor** e **Omissa** (Quadro 4).

Em **Autor** estão as coleções MEV21 e MM18, que afirmam ter sido o próprio Thomson o proponente da comparação: “Thomson propôs, como imagem para seu modelo, um pudim de passas, sobremesa típica do Natal inglês, à época» (Mortimer e Machado, 2016, p. 146).

Em **Não autor** temos a coleção SP18, na qual os autores afirmam explicitamente que a analogia do “Modelo pudim de passas” não foi criada por Thomson. “Este modelo ficou conhecido por modelo pudim de passas (nome que não foi dado por Thomson)” (Lisboa *et. al*, 2016, p. 81), esclarecendo ao leitor que, embora o modelo seja conhecido dessa forma, não foi Thomson quem propôs essa analogia.

Em **Omissa**, que se refere às coleções que não mencionam se a analogia foi ou não proposta por Thomson, encontram-se as coleções QC18, PQ18, QCC16, MR18 e SP21. Por exemplo, na coleção PQ18 não há uma referência

# Figura 3.8 – Na analogia ao modelo de Thomson, a massa vermelha da melancia corresponderia à esfera com carga positiva uniformemente distribuída, enquanto as sementes da melancia seriam os elétrons.

Quadro 4: Resultados da análise das analogias presentes nos livros didáticos

LIVROS	ANALOGIA		
	Tipo	Representação	Autoria
MR18	Pudim de passas/ameixa	Textual	Omissa
SP18	Pudim de passas/ameixa	Textual	Não autoria
QC18	Pudim de passas/ameixa	Textual/ imagética	Omissa
MM18	Panetone	Textual/ imagética	Autor
MEV21	Pudim de passas/ameixa	Textual/ imagética	Autor
SP21	Pudim de passas/ameixa	Textual	Omissa
PQ18	Pudim de passas/ameixa	Textual	Omissa
QCC16	Pudim de passas/melancia	Textual	Omissa

explícita sobre a autoria da analogia, o que pode deixar o leitor em dúvida sobre a origem:

Thomson sugeriu um modelo atômico que ficou conhecido como o “modelo do pudim de passas”, segundo o qual um átomo é como uma esfera de material gelatinoso com carga positiva sobre a qual os elétrons estão suspensos, como passas de uva em um pudim (Atkins *et al.*, 2018, p. 3).

Assim, em relação à **Autoria**, apenas a coleção SP18 se posicionou de forma adequada, pois conforme explicitado no referencial teórico, não foi Thomson o autor dessa famosa analogia. Outro ponto que precisamos destacar novamente é a falha dos livros de ensino superior (PQ18 e QCC16). Afinal, espera-se que esses sejam construídos com mais cuidado, especialmente por serem utilizados na formação de futuros professores de Química, os quais acabam confiando na transposição didática desse material e utilizando esses conhecimentos em suas aulas e na elaboração de livros. Como já foi explicitado nesse texto, há inclusive pesquisadores, como Silva e Chagas (2017), que consideram o QCC16 como um saber sábio, uma vez que o livro é utilizado no curso de Licenciatura Plena em Química do Instituto Federal de Mato Grosso do Sul.

### Considerações finais

Comparando o modelo original do átomo de Thomson com os apresentados nos livros didáticos analisados, de forma geral, observamos equívocos ou omissões. Esses ocorrem tanto em relação à massa do átomo, à disposição dos elétrons, à explicitação das limitações da analogia e pela omissão de que o modelo de Thomson (com elétrons alocados em anéis concêntricos) decorre de um caso especial, a suposição de que todos os elétrons estão confinados em um plano que passa pelo centro do átomo. Dessa forma, acreditamos que esta pesquisa tem potencial para auxiliar os autores nas próximas edições dos livros, professores em formação ou em exercício, bem como outros pesquisadores.

Gostaríamos de chamar atenção, novamente, para os

livros do Ensino Superior. Nesta pesquisa, os dois analisados apresentaram o modelo de Thomson de forma inadequada, incorrendo em erros. Esse problema já havia sido percebido por outros pesquisadores em outras temáticas. Assim, é importante que professores do Ensino Superior e pesquisadores atentem para as fontes utilizadas, não tomando livros didáticos como o próprio saber sábio. É também relevante que os autores se apropriem das pesquisas na área de ensino de química, que busquem fontes primárias, bem como artigos que se debruçam em fazer transposições, a fim de diminuir a probabilidade de propagarem erros já reportados na literatura.

Desse modo, finalizamos esse texto afirmando que foi possível localizar entre as coleções analisadas pontos positivos e negativos, e que é essencial que os autores invistam em uma melhor transposição didática. Além disso, ressaltamos ser necessário que mais pesquisadores invistam em analisar as diversas transposições didáticas que vêm sendo propagadas ao longo da história, possibilitando que essas análises cheguem aos cursos de formação de professores, tanto inicial quanto continuada. Ademais, salientamos que é preciso investimento em políticas públicas que garantam o afastamento remunerado de docentes da educação básica para cursos de capacitação, para programas de pós-graduação e outras atividades que os aproximem das pesquisas em ensino, pois é garantindo o acesso à informação de qualidade que poderemos melhorar os processos de ensino e aprendizagem.

**Lucas Menhô Dias** (lucasmelho4@gmail.com) é licenciado em Química pela Universidade de Brasília (UnB), mestre em Química pelo Programa de Pós-Graduação em Química da Universidade de Brasília (PPGQ-UnB). Atualmente é professor de Educação Básica e preparatórios para vestibulares do Distrito Federal. **Valéria Pereira Soares** (soares-valeria@hotmail.com) é licenciada em Ciências Naturais pela Universidade de Brasília (UnB), mestre em Ensino de Ciências pelo Programa de Pós Graduação em Ensino de Ciências (PPGEC-UnB), doutoranda em Educação em Ciências pelo programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências (PPGEduC-UnB). Atualmente é professora na Secretaria de Educação do Distrito Federal (SEEDF), DF-BR. **Evelyn Jeniffer de Lima Toledo** (jeniffer.toledo@gmail.com) é licenciada em Química pela Universidade Federal de Lavras (UFLA), mestre em Química pela Universidade de São Paulo (USP) e doutora em Química pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Atualmente é professora do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências (PPGEduC) na Universidade de Brasília (UnB), DF-BR.

### Referências

ALVES FILHO, J. P. Regras da transposição didática aplicadas ao laboratório didático. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 17, n. 2, p. 44-58, 2000.

AMABIS, J. M.; MARTHO, G. R.; FERRARO, N. G.; PENTEADO, P. C. M.; TORRES, C. M. A.; SOARES, J.; DO CANTO, E. L. e LEITE, L. C. C. *Moderna Plus: ciências da natureza e suas tecnologias*, vols. 1, 2, 3, 4, 5 e 6. São Paulo: Moderna, 2020.

ASTOLFI, J. P. e DEVELAY, M. *A didática das ciências*. São Paulo: Papirus, 1995.

ATKINS, P.; JONES, L. e LAVERMAN, L. *Princípios de*

*química: questionando a vida moderna e o meio ambiente*. 7ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2018.

BACHELARD, G. *A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento*. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições 70, 1977.

BROWN, T. L.; LeMAY Jr, H. E.; BURSTEN, B. E.; MURPHY, C. J.; WOODWARD, P. M. e STOLTZFUS, M. W. *Química: a ciência central*. 13ª ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2016.

CHEVALLARD, Y. e JOHSUA, M. A. Un exemple d'analyse de la transposition didactique: la notion de distance. *Recherches en Didactique des Mathématiques Grenoble*, v. 3, n. 2, 1982.

- CISCATO, C. A. M.; PEREIRA, L. F. e CHEMELLO, E. *Química*. vols. 1, 2 e 3. São Paulo: Moderna, 2016.
- CURTIS, R. V. e REIGELUTH, C. M. The use of analogies in written text. *Instructional Science*, v. 13, p. 99-117, 1984.
- DE GODOY, L. P.; AGNOLO, R. M. D. e DE MELO, W. C. *Multiversos: ciências da natureza: matéria, energia e a vida*. vols. 1, 2, 3, 4, 5 e 6. São Paulo: Editora FTD, 2020.
- DOS SANTOS, K. C. *Diálogo: ciências da natureza e suas tecnologias*. vols. 1, 2, 3, 4, 5 e 6. São Paulo: Moderna, 2020.
- DOS SANTOS, L. S. e MELONI, R. A. A experiência de Thomson: análise da abordagem de um livro didático em uma perspectiva histórica. *Chemical Education in Point of View*, v. 7, p. 1-14, 2023.
- DUIT, R. On the role of analogies and metaphors in learning science. *Science Education*, v. 75, n. 6, p. 649-672, 1991.
- FUKUI, A.; AGUILAR, J. B.; MOLINA, M. e OLIVEIRA, V. S. D. *Ser protagonista: ciência da natureza e suas tecnologias: composição e estrutura dos corpos*. vols. 1, 2, 3, 4, 5 e 6. São Paulo: Edições SM, 2020.
- HON, G. e GOLDSTEIN, B. J. J. Thomson's plum-pudding atomic model: The making of a scientific myth. *Annalen der Physik*, v. 525, n. 8-9, p. 129-133, 2013.
- LIMA, N. W.; OSTERMANN, F. e CAVALCANTI, C. J. H. Física Quântica no ensino médio: uma análise bakhtiniana de enunciados em livros didáticos de Física aprovados no PNLDEM 2015. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 34, n. 2, p. 435-459, 2017.
- LISBOA, J. C. F.; BRUNI, A. T.; NERY, A. L. P.; LIEGEL, R. M. e AOKI, V. L. M. *Ser protagonista: química*. vols. 1, 2 e 3. 3ª ed. São Paulo: Edições SM, 2016.
- 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: *VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciência. Anais...* Florianópolis, 2009.
- LOPES, S. e ROSSO, S. *Ciências da natureza*. vols. 1, 2, 3, 4, 5 e 6. São Paulo: Moderna, 2020.
- MELO, M. R. e LIMA NETO, E. G. Dificuldades de Ensino e Aprendizagem de Modelos Atômicos em Química. *Química Nova na Escola*, v. 35, p. 112-122, 2013.
- MENDES, A.; MÜLLER, M. G.; DE CANDIA, D. G. M.; LOPES, J. B. e ABIB, G. R. A filosofia da ciência em livros didáticos: revisão bibliográfica de artigos científicos publicados em periódicos de ensino de ciências biológicas, física e química entre os anos de 2001 e 2020. *Revista de Educação, Ciência e Matemática*, v. 13, n. 2, p. 1-14, 2023.
- MORTIMER, E.; HORTA, A.; MATEUS, A.; MUNFORD, D.; FRANCO, L.; MATOS, S.; PANZERA, A.; GARCIA, E. e PIMENTA, M. *Matéria, energia e vida: uma abordagem interdisciplinar*. vols. 1, 2, 3, 4, 5 e 6. São Paulo: Scipione, 2020.
- MORTIMER, E. F. e MACHADO, A. H. *Química: ensino médio*. vols. 1, 2 e 3. 3ª ed. São Paulo: Scipione, 2016.
- OLIVEIRA, T. M. A. e MOZZER, N. B. Os conhecimentos de futuros professores de Química sobre o uso de analogias no ensino: influências de um processo formativo. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 22, n. 1, p. 26-50, 2023.
- OLIVEIRA, D. S. e SIQUEIRA, M. A física de partículas em livros didáticos aprovados no PNLD 2018 e 2021: uma análise a partir da transposição didática. *Experiências em Ensino de Ciências*, v. 18, n. 4, p. 412-424, 2023.
- RAMOS, T. C. e MOZZER, N. B. Análise do uso da analogia com o "pudim de passas" guiado pelo TWA no ensino do modelo atômico de Thomson: considerações e recomendações. *Química Nova na Escola*, v. 40, n. 2, p. 106-115, 2018.
- REIS, M. *Química: ensino médio*. vols. 1, 2 e 3. 2ª ed. São Paulo: Ática, 2016.
- SANTOS, W. e MÓL, G. *Química cidadã*. vols. 1, 2 e 3. 3ª ed. São Paulo: Editora AJS, 2016.
- SILVA, G. R. e CHAGAS, E. Transposição didática: uma análise do distanciamento dos saberes de química quântica nos livros didáticos do ensino médio. *Holos*, v. 7, p. 284-293, 2017.
- TEIXEIRA, Y. B. S. e SANTOS, S. C. S. Análise de analogias para o ensino de modelos atômicos presentes nos livros didáticos do PNLD 2020. *Revista de Educação em Ciências e Matemática*, v. 19, n. 43, p. 05-21, 2023.
- THOMSON, J. J. *The corpuscular theory of matter*. New York: Charles Scribner's Sons, 1907.
- THOMPSON, M.; RIOS, E. P.; SPINELLI, W.; REIS, H.; SANT'ANNA, B.; NOVAIS, V. L. D. D. e ANTUNES, M. T. *Conexões: ciências da natureza e suas tecnologias*. vols. 1, 2, 3, 4, 5 e 6. São Paulo: Moderna, 2020.

**Abstract:** Thomson's atomic model in Chemistry textbooks: challenges and perspectives. Chemistry is an abstract science and teachers have the role of transposing its models and theories. This transposition can be done using different resources, including textbooks. Recognizing the importance of such resources and the difficulty of appropriating atomic models, this research investigated whether the presentation of the Thomson model in Chemistry books from PNLD 2018, Natural Sciences and its technologies PNLD 2021 and in books used in higher education is effective in a way consistent with what was originally proposed by the scientist. The research was carried out qualitatively using Bardin's content analysis as a technique. As a result, inconsistencies were observed between the model proposed by Thomson and the one presented in the books, the main ones being mass of the atom, position of electrons and use of analogies. This research is expected to contribute to the dissemination of the model as proposed by the scientist.

**Keywords:** didactic transposition, analogies, electrons



## Revisitando o cotidiano no ensino de Química: um conceito mal compreendido

Edson José Wartha, Erivanildo Lopes da Silva e Mansur Lutfi

Este ensaio propõe um retorno ao conceito de cotidiano, trazendo algumas reflexões sobre os sentidos dados ao termo, com vistas a compreender sua importância, trajetória e implicações no campo do ensino e da pesquisa em Química, que, muitas vezes, ocorrem de forma equivocada. A pesquisa foi realizada mediante o levantamento de estudos sobre essa temática, voltados a estratégias de ensino que, do nosso ponto de vista, são mais eficazes na abordagem do cotidiano. Como resultados, podemos afirmar que tanto nas propostas de ensino quanto nas de pesquisas na área, o conceito de cotidiano continua sendo mal compreendido. Por outro lado, existem estratégias metodológicas que permitem uma abordagem autêntica do cotidiano no Ensino de Química.



► tráfades dos espaços, conceito mal compreendido, vida cotidiana ◀

Recebido em 31/05/2024; aceito em 30/10/2024

### Introdução

Embora vários estudos tenham explorado aspectos relacionados ao cotidiano no ensino de Química, há evidências de que o termo continua sendo um conceito mal compreendido. Este estudo visa propiciar novas reflexões sobre o cotidiano, apresentando estratégias didáticas já consolidadas na literatura, mas com escassa repercussão dentro da sala de aula. Importa estabelecer uma dada ordem no universo de referência do conceito, para que ele possa ser operacionalizado em práticas educativas intencionalmente concebidas e aplicadas a luz dos paradigmas trazidos por Agnes Hellere Henri Lefebvre para a compreensão da vida cotidiana.

Os termos cotidiano e cotidianidade passaram a receber destaque no ensino de Química sobretudo a partir da tese de doutorado de Mansur Lutfi, defendida na Faculdade de Educação da Universidade Estadual de Campinas, em 1989. Justifica-se essa proeminência do trabalho do professor Mansur porque, mesmo antes do término

de sua tese, a Proposta Curricular do Estado de São Paulo, no ano de 1988, já fazia apelo ao uso do cotidiano no ensino de conhecimentos químicos — o material apresentava que o ponto de partida das situações de ensino deveria considerar as vivências dos estudantes (Nascimento, 2017).

Considerando a repercussão das ideias contidas na Proposta Curricular do Estado de São Paulo, o termo cotidiano passou a ser empregado mais detidamente no âmbito acadêmico do ensino de Química, muitas vezes sendo visto/

utilizado como contextualização (Wartha *et al.*, 2013). Na tese de Lutfi (1989), intitulada *Produção Social e Apropriação Privada do Conhecimento Químico*, que contou com a orientação da professora Leticia Bicalho Canêdo, são ressaltados alguns aspectos dos conhecimentos químicos relacionados a questões da sociedade, com ênfase, principalmente, no modo como tais conhecimentos podem estar fortemente impregnados pela área social. Além disso, Lutfi (1989) elucida os

conceitos de cotidiano e cotidianidade com base nos estudos de Heller (1970) e Lefebvre (1984).

Os termos cotidiano e cotidianidade passaram a receber destaque no ensino de Química sobretudo a partir da tese de doutorado de Mansur Lutfi, defendida na Faculdade de Educação da Universidade Estadual de Campinas, em 1989. Justifica-se essa proeminência do trabalho do professor Mansur porque, mesmo antes do término de sua tese, a Proposta Curricular do Estado de São Paulo, no ano de 1988, já fazia apelo ao uso do cotidiano no ensino de conhecimentos químicos.

A proposta de revisitar o cotidiano se justifica em razão do avanço nas discussões sobre alguns modelos que alicerçam propostas de ensino relativas ao cotidiano ou à sua contextualização. A discussão que propomos realizar neste trabalho, a partir de um ensaio teórico, pode ser, sim, potencialmente vinculada à ideia de contextualização, pois esse termo é comumente utilizado para o estudo do cotidiano, porém trataremos de sua concepção apresentando tessituras a partir da literatura no âmbito do ensino de Ciências. Para tanto, realizaremos um resgate das genuínas ideias sobre cotidiano já debatidas no século passado, tomando-as como uma proposta potencialmente adequada para ensinar conteúdos que deveriam servir para interpretações de fatos importantes do dia a dia.

Silva (2007), em sua dissertação, realizou um resgate histórico e conceitual sobre o termo, desenvolvendo uma discussão sobre como a ideia de contextualização no ensino passou, ao longo do tempo, a ser tratada de forma equivalente ao termo cotidiano. No referido estudo, o autor destacou que, embora ambos os termos sejam tratados assim, existem nuances importantes que os diferenciam. Ao final da década de 1980, o termo cotidiano foi utilizado como uma proposta pedagógica para professores da rede pública do Estado de São Paulo, com a proposição de tornar o ensino mais relevante e conectado com a realidade dos alunos. Contudo, com o lançamento dos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM), na década de 1990, o termo passou a ser tratado quase como sinônimo de contextualização (Silva, 2007). Para o autor, a partir desse documento, a contextualização tornou difuso o conceito original de cotidiano, que implicava um envolvimento mais profundo com as realidades vividas pelos alunos, enquanto a contextualização se expandiu para incluir uma variedade maior de situações de ensino, nem sempre diretamente ligadas ao cotidiano deles.

Considerando a natureza teórica de um ensaio, pretendemos estimular uma reflexão sistematizada sobre o ensino compreendido como “Abordagem do Cotidiano”, expondo estudos que julgamos proeminentes no ensino de Ciências, a fim de estabelecer um diálogo a partir de diferentes ideias acerca da temática e propor, ao final, um argumento próprio sobre o que defendemos como ensino do cotidiano. Revisitando o conceito de cotidiano, iniciamos nossas reflexões pelos estudos de Agner Heller e Henri Lefebvre. Heller (1989) afirma que as pessoas vivem a vida cotidiana e que não é possível desconectar-se dela, pois é heterogênea, repleta de esquemas de pensamento que não requerem reflexões e se baseiam em visões provisórias e generalistas das situações cotidianas. No entanto, quando a pessoa ascende

às dimensões dos conhecimentos da Ciência, da Arte e da Filosofia, ela passa a estabelecer relações mais conscientes e reflexivas da realidade, vivendo um cotidiano não alienado (Marinho, 2009).

Em complemento, Lutfi (1997), ao resgatar a frase “fazer emergir o extraordinário daquilo que é ordinário”, assinala que o cotidiano deve ser estudado nas dinâmicas do “caminhar para uma maior precisão conceitual”, bem como dos pressupostos político-pedagógicos subjacentes a esse enfoque. Trata-se de revisitar o cotidiano com base nos estudos de Agnes Heller e Henry Lefebvre, visto que os autores abordam, em suas obras, aspectos relacionados à vida cotidiana e à cotidianidade. O ponto em comum entre as duas obras é que o processo de elevação sobre o cotidiano implica sempre um novo olhar para o próprio cotidiano. Heller (1989) dispõe que as pessoas vivem a vida cotidiana e não é possível desconectar-se dela por inteiro, pois é heterogênea e baseia-se em visões provisórias e generalistas. Essa ideia ancora-se na Sociologia da tríade dos espaços, de Lefebvre, compreendendo as três dimensões principais da vida humana: o vivido, no qual o indivíduo está imerso; o percebido, em que o sujeito assimila conhecimento e informações; e o concebido, no qual a pessoa concebe ideias.

Lutfi (1989; 1997; 2005) destaca que podemos ter noção da própria cotidianidade e do enriquecimento da esfera cotidiana a partir de conhecimentos da Ciência. Contudo, menciona que “[...] corremos o risco de ser enquadrados em concepções de cotidiano que não é o que pretendemos” (Lutfi, 1989, p. 5). Considerando o que temos visto nos últimos anos, que é justamente a concepção fugaz e motivacional que se pretendia evitar, por propor uma abordagem do

cotidiano para motivar os alunos a partir de curiosidades, exemplos que ficam entre o sensacional, o fantástico e o superinteressante, é que precisamos adotar uma vigilância epistemológica sobre o conceito de cotidiano, no sentido de indicar novas possibilidades de estudos, tendo como ponto de partida algumas pesquisas já realizadas.

Apenas o uso de fatos e temáticas relacionados ao cotidiano não é suficiente para que o estudante tome decisões enquanto cidadão. Geralmente, o cotidiano é usado como uma das maneiras de tornar a Química mais atrativa, necessária e indispensável, de modo que ocorra um maior engajamento nos processos de ensino e de aprendizagem. Mas não basta mencionar os fatos, é preciso compreender os conceitos e desenvolver a capacidade de tomar decisões, fazer escolhas e posicionar-se perante eles. É necessário entender que muitas atividades presentes no cotidiano envolvem processos físicos, químicos e bioquímicos que passam despercebidos, ou

**Apenas o uso de fatos e temáticas relacionados ao cotidiano não é suficiente para que o estudante tome decisões enquanto cidadão. Geralmente, o cotidiano é usado como uma das maneiras de tornar a Química mais atrativa, necessária e indispensável, de modo que ocorra um maior engajamento nos processos de ensino e de aprendizagem. Mas não basta mencionar os fatos, é preciso compreender os conceitos e desenvolver a capacidade de tomar decisões, fazer escolhas e posicionar-se perante eles.**

seja, são processos vividos, sobre os quais não são tecidas reflexões — elas é que poderiam levar-nos a níveis acima da cotidianidade (Lutfi, 1997). Portanto, a Química não pode ficar apenas no cotidiano enquanto processo, mas dentro de uma concepção que destaque seu papel social, político, econômico e ambiental.

Indubitavelmente, o maior exemplo desse tipo de concepção de cotidiano está presente na coleção de livros didáticos “Química na abordagem do cotidiano”, que popularizou o termo cotidiano entre os professores de Química. No entanto, como destacado por Wartha *et al.* (2013), com um olhar mais aprofundado sobre as ideias dessa abordagem de ensino, é possível perceber que a concepção trazida pela obra citada não permite estabelecer relações mais amplas entre os conhecimentos científicos (conceito) e prováveis situações vivenciadas pelos estudantes (contexto), pois apresenta fatos isolados, no sentido de “dourar a pílula” (Lutfi, 1989).

Levando isso em consideração, pretendemos, neste trabalho, colocar em discussão nosso ponto de vista sobre o papel do cotidiano nas abordagens de ensino na área de Química. Buscamos, assim, apresentar um resgate sobre a ideia de cotidiano a partir de uma análise mais profunda sobre a interpretação das ideias do cotidiano, que, a nosso ver, devem ser repensadas tanto por professores como por pesquisadores na área de Ensino de Química.

### **A inversão do cotidiano nas abordagens metodológicas e na pesquisa**

Como mencionado, no estudo realizado por Wartha *et al.* (2013), são salientadas as várias formas de uso do cotidiano nas pesquisas e práticas pedagógicas. Os autores dispõem que a utilização do termo usado com mais frequência é aquela resumida à forma de exemplificação de fatores do dia a dia para a explicação de conceitos científicos, resultando numa caracterização secundária, atribuindo-o, também, de modo exclusivo, à condição motivacional perante os conhecimentos. Dessa forma, o cotidiano é interpretado como sinônimo de dia a dia, e esse fator é utilizado para fomentar discussões que não se aproximam de um ensino de Química que visa superar o cotidiano, mas, sim, que o utiliza como base.

Duarte (1993, p. 74) discute o significado adotado em torno do cotidiano, apontando que

[...] Não se trata de considerarmos certo ou errado usar o termo cotidiano para designar o dia a dia escolar, apenas por estarmos trabalhando com uma determinada teoria na qual o termo cotidiano não é empregado com o significado do dia a dia. Essa seria uma exigência que, além de pernóstica, não traduziria corretamente o espírito de nosso questionamento, que está dirigido não ao uso em si mesmo da palavra cotidiano, mas sim aos pressupostos que determinam a ausência da reflexão sobre o que seja esse objeto chamado cotidiano.

O termo cotidiano teve ampla disseminação no ensino de Química a partir da coleção de Peruzzo e Canto (2002) — “Química na abordagem do cotidiano”. No entanto, há de se destacar que, nos três volumes da coleção, os autores referem-se aos procedimentos metodológicos de uma investigação como observação de processos da vida cotidiana, como observar imagens do que constitui uma solução de água mineral e parafusos no fenômeno da ferrugem. Como questiona Bellini *et al.* (2010, p. 40): “[...] mas, são as imagens cotidianas atividades ‘experimentais’? Claro que não. As imagens, as ilustrações são recursos didáticos para trazer ao estudante alguma proposta de atividade ou de pensamento. As imagens não são a realidade, são a sua representação”. Os autores veem, nessa interpretação, um problema de nível metodológico, decorrente de um erro epistemológico, que é admitir apenas a observação como dimensão científica e, a partir dela, compreender a teoria. Embora a Química seja uma ciência experimental, ela não pode prescindir da observação pensada, ou seja, orientada por teorias, modelos e hipóteses.

Em seu estudo, Bellini *et al.* (2010, p. 41) argumentam que a abordagem do cotidiano proposta na coleção de Peruzzo e Canto (2002) e das outras edições que sucedem a primeira obra

[...] traz dois problemas. O primeiro relacionado à aprendizagem do aluno, uma vez que o induz à ideia de que os conhecimentos de química podem ser observados no seu cotidiano ou que estamos adotando o método científico ao observarmos a fervura da água, por exemplo. O segundo, relacionado à conduta epistemológica e didática do professor de química que, ao adotar o livro didático e sua noção de química do cotidiano, reforça o sentido comum de conhecimento que temos de química.

A coleção didática “Química na abordagem do cotidiano” não é a única a usar fatos e processos do cotidiano para a exemplificação de processos químicos da vida cotidiana — outras coleções mantêm um padrão semelhante. Essa coleção, no entanto, é a mais emblemática, pois foi a primeira a usar o termo cotidiano em seu próprio nome. Queremos chamar a atenção do leitor, do professor e dos estudantes para o fato de que a Química do cotidiano não representa apenas estabelecer uma relação entre o conceito de acidez e a foto de garrafa de vinagre ou entre o conceito de oxidação e a imagem de um prego enferrujado. O uso de imagens é fundamental no processo de elaboração conceitual em Química, todavia, uma abordagem do cotidiano não pode se resumir apenas à exemplificação da acidez e da oxidação a partir das imagens da substância ou de seu processo. Esse deveria ser apenas o ponto de partida para que se compreenda, por exemplo, a produção do ferro, a extração do minério, seu transporte, industrialização, bem como as questões ambientais e econômicas relacionadas a esse processo.

Dever-se-ia discutir, também, os acidentes em Mariana e Brumadinho, em Minas Gerais, assim como provocar questionamentos sobre uma sociedade do consumo. Aprender Química não é apenas aprender os conceitos, é também saber usá-los em tomada de decisões mais assertivas. Portanto, uma abordagem autêntica da ideia de cotidiano representa pensar todas essas questões e trazê-las para dentro de uma proposta de abordagem metodológica.

Para além da coleção didática que observamos, em algumas pesquisas realizadas em programas de pós-graduação, como teses e dissertações, é possível observar essa distorção do termo cotidiano, ao fazerem um uso simplista do conceito. Por exemplo, a dissertação de Lima (2016) utiliza vários termos para se referir ao cotidiano, como: “conceitos cotidianos”, “concepções da realidade”, “imediate”, “conhecimentos cotidianos” e “senso comum”. Creste (2019) aborda o cotidiano de maneira desconexa, como sinônimo de “dia a dia”, fato que evidencia a ausência do movimento de saída e retorno à prática social. Aragão (2012) apresenta concepções reducionistas em relação à prática social e ao cotidiano, que ainda se repetem ao longo da descrição do material didático-pedagógico sobre os modelos atômicos - num primeiro momento, refere-se ao cotidiano como o dia a dia dos estudantes.

Também, há estudos em outros países que se distanciam da concepção de cotidiano de Agnes Heller e Henri Lefebvre, apresentando ideias de cotidiano relacionados a motivação da aprendizagem buscando exemplos de fenômenos e processos próximos à realidade do estudante, como é o caso de autores como Bedoya-Peláez (2012) e Fernández-González e Jiménez-Granados (2013).

Na perspectiva do cotidiano que destaca seu papel social, político, econômico e ambiental foi possível identificar autores como Chassot *et al.* (1993), Silva e Moreira (2010), Santos e Schnetzler (1999), Cardoso e Colinvaux (2010), Santos e Mortimer (1999) que apresentam o termo cotidiano próximo a ideia trazida pelo professor Mansur Lutfi. Trazem o cotidiano numa perspectiva que não fica somente na abordagem aplicada e que, quando voltada ao social, não seja apenas no sentido de saciar uma curiosidade, enfatizando que o ensino de química deva ser voltado ao contexto de vida do estudante e que este tenha condições de agir na melhoria de sua qualidade de vida com o conhecimento adquirido.

Rosa e Tosta (2005) propõem que o cotidiano envolva as ciências no âmbito escolar, abordando um cotidiano que considere os acontecimentos físicos do dia a dia dos estudantes, fazendo-os perceber a química nesse contexto e, dando-lhes suporte, para que possam entender, explicar

e solucionar problemas no meio em que estão inseridos, transpondo seu conhecimento químico de modo a exercer criticamente sua cidadania.

Na busca por autores de outros países que fazem o uso do termo cotidiano, observou-se que estes, também, destacam e defendem uma perspectiva de cotidiano próximo ao que Agnes Heller e Henri Lefebvre defendem. Fernández-González *et al.* (2013) apresentam ideias de um ensino de química mais voltado para as questões sociais do aluno. Sánchez-Guadix *et al.* (2009) afirmam que somente será possível alcançar a alfabetização científica dos alunos por meio do cotidiano. Para tanto, o cotidiano deve estar inserido nas

escolas de forma que venha contribuir para a construção de uma sociedade crítica, com o empenho da escola. Jiménez-Liso *et al.* (2009) afirmam que a química cotidiana presente nas escolas não deve apenas motivar ou auxiliar nos planejamentos de situações problemáticas.

Silva (2019) afirma que o cotidiano deve estar integrado ao conteúdo, enquanto realidade imediata, apontando que este se trata de uma prática social. A realidade imediata está imersa na prática social, como é possível perceber na tríade dos espaços

vivido-percebido-concebido, observada a partir de esquemas de pensamento corriqueiros, conforme afirma Heller (1989), na medida em que pode não ocorrer uma reflexão mais elaborada do cotidiano. Nessa mesma linha de raciocínio, Mendes (2018) compreende o cotidiano pensando-o a partir de conhecimentos “espontâneos” ou “vivências”. Mesmo com a presença de discussões que entendem a superação do cotidiano, a autora afirma que, na instrumentalização, os conhecimentos científicos devem ser transmitidos por meio da “vivência” cotidiana.

Se aceitarmos a ideia de que a produção do conhecimento se dá no movimento entre a vida cotidiana e sua “superação” e “saídas”, torna-se necessário aprofundar a compreensão em torno de uma Abordagem do Cotidiano no Ensino de Ciências, daquilo que vem a ser autêntico, já que isso é imprescindível para relacionar o conhecimento mais elaborado - Ciência, Arte, Filosofia - à própria vida cotidiana.

Um estudo sobre o cotidiano deve permitir que o conhecimento científico não esteja isolado do mundo vivido, mas, sim, seja parte integrante dele. Essa abordagem poderá fazer com que o ensino vá além da mera transmissão de conteúdos científicos, proporcionando aos estudantes interpretações de mundo de forma mais crítica. Assim, eles podem aprender sobre Ciências e desenvolver uma compreensão mais profunda de como o conhecimento científico pode influenciar e ser influenciado por elementos da vida cotidiana.

Um estudo sobre o cotidiano deve permitir que o conhecimento científico não esteja isolado do mundo vivido, mas, sim, seja parte integrante dele. Essa abordagem poderá fazer com que o ensino vá além da mera transmissão de conteúdos científicos, proporcionando aos estudantes interpretações de mundo de forma mais crítica. Assim, eles podem aprender sobre Ciências e desenvolver uma compreensão mais profunda de como o conhecimento científico pode influenciar e ser influenciado por elementos da vida cotidiana.

## Entendendo o cotidiano como uma abordagem autêntica para o ensino de Química

Para entender melhor essa relação entre conceito e contexto numa abordagem do cotidiano, remetemo-nos, novamente, à tese de Lutif (1989), na qual o autor apresenta cinco visões de cotidiano: i) motivar os alunos com curiosidades; ii) buscar ilustrações para o assunto que se está desenvolvendo; iii) apresentar dados históricos que passam a ideia de uma evolução linear, no sentido de problematizar cada tópico de conteúdo; iv) esboçar projetos ligados às questões ambientais, de alimentos, apresentando um teor crítico; e v) considerar o cotidiano para além de uma relação individual com a sociedade, pois existem mecanismos de acomodação e alienação que permeiam as classes sociais.

Essa última visão de cotidiano implica entender como as questões sociais, econômicas e ambientais aparecem em nossa vida diária. Como afirma Lefebvre (2013), é fazer emergir o extraordinário daquilo que é ordinário. Lefebvre (1971) desenvolveu uma abordagem complexa e multifacetada para compreender o cotidiano. Ele argumentou que o cotidiano é mais do que apenas uma série de atividades rotineiras; é um espaço em que as dinâmicas sociais, culturais e políticas se manifestam. Para Lefebvre, o cotidiano tem três dimensões principais de espaços, uma tríade: o vivido, o percebido e o concebido. A princípio, Lefebvre tem sua produção no campo da Geografia sobre o ser humano em sociedade, porém os contributos das proposições do filósofo francês ecoam em outras áreas, como no âmbito da Química. E é sobre essa forma de ver o cotidiano, a partir dos espaços, que pretendemos tecer nossas reflexões no ensino de Química.

Concebido, vivido e percebido são categorias analíticas utilizadas como inspiração nas elaborações de Lefebvre (1971), que foram adaptadas e trazidas para o contexto do ensino de Química por Lutif (1989), considerando as dimensões mental, experiencial e social do conceito de espaço na vida cotidiana. O cotidiano vivido é o da experiência prática da vida diária, pois envolve uma série de relações complexas entre o imaginário e o simbólico, que, embora passíveis de serem analisadas por um campo teórico, são pouco utilizadas pelas pessoas no dia a dia delas. É a vida cotidiana experimentada pelas pessoas em sua rotina, incluindo suas interações sociais, tarefas domésticas, trabalho, lazer, e assim por diante. Para Lefebvre (1971; 2013), o espaço vivido não é apenas uma sequência de eventos, mas um espaço em que as relações sociais são construídas e as pessoas desenvolvem sua identidade.

Por sua vez, o espaço percebido, considerado um espaço social, apresenta-se pelos órgãos dos sentidos, mas também por meio do mundo incorporado pelas práticas sociais, na relação com as materialidades que as compõem. O cotidiano percebido refere-se à forma como as pessoas percebem e interpretam as informações ou conhecimentos que se aportam em sua vida cotidiana. Normalmente, as informações ou conhecimentos sofrem determinados filtros, que passam a compor a forma de pensar do sujeito, como concebe o que

o rodeia, dado que suas percepções são moldadas por fatores culturais, sociais e históricos, os quais variam de pessoa para pessoa. O filósofo argumenta que a percepção do cotidiano é influenciada pelas representações simbólicas e pelas narrativas culturais, o que pode afetar a maneira como as pessoas compreendem e dão sentido às suas experiências diárias.

Por fim, o cotidiano concebido refere-se às representações e construções intelectuais do cotidiano que as pessoas adquirem para si, ou seja, como as relações entre o vivido e o percebido moldam uma pessoa. Se um determinado sujeito interage com escritos, falas e conhecimentos advindos de pensadores, filósofos, cientistas e outras pessoas que teorizam sobre a vida diária, ele tende a ser menos alienado. No entanto, como Lefebvre (1971; 2013) argumenta, o cotidiano concebido pode ser influenciado por ideologias e discursos dominantes que moldam nossa compreensão coletiva e podem ser usados para justificar ou questionar estruturas sociais existentes, logo esse sujeito tende à alienação. O cotidiano concebido pode ser entendido como próximo à história; o cotidiano vivido, associado às práticas cotidianas das e nas instituições de socialização; e o cotidiano percebido, aos sentidos atribuídos pelos sujeitos às suas trajetórias (Stecanela, 2016). Assim, para que, no espaço concebido, as pessoas não sejam impregnadas totalmente pelas falas dos dominantes e seus discursos regulatórios, o espaço percebido deve ser enriquecido com informações sérias e conhecimento sistematizado, o que, para Marinho, pode se dar pela Arte, pela Filosofia e pelas Ciências (Marinho, 2009).

Lefebvre enfatiza que o cotidiano não é apenas uma questão de hábitos e rotinas, mas também uma arena na qual as lutas sociais, a alienação e a resistência podem ocorrer. Assim, sua filosofia propõe analisar o cotidiano em suas múltiplas dimensões e entender como ele reflete e influencia a sociedade como um todo. Como refletiu a filósofa Agnes Heller, que considerava o estudo do cotidiano uma arena crucial para entender a vida social e as experiências individuais, a interação entre o macro e o micro níveis da sociedade, no cotidiano as pessoas vivem suas vidas, fazem escolhas, exercem poder e enfrentam desafios.

Portanto, resgatando as ideias de cotidiano de Agnes Heller e Henri Lefebvre e apoiados na abordagem sociológica da Química de Lutif (1997), queremos propor uma reflexão sobre as possibilidades de uma abordagem do cotidiano no ensino de Química mais autêntica, tendo como foco a problematização de temas sociais, ambientais, econômicos e industriais que impactam o cotidiano vivido desses sujeitos. Assim, a ciência poderá fornecer elementos para perceber outras relações desse mesmo cotidiano, ou seja, o cotidiano percebido. Ao final, com a apropriação das Ciências e dos conceitos com forte relação com o contexto, há potencial para se trabalhar um novo cotidiano, o concebido.

Uma abordagem do cotidiano no ensino de Química se dá a partir do questionamento do próprio cotidiano e deve retornar a esse mesmo cotidiano, mas com uma diferença e com um olhar da ciência Química. Portanto, há uma sólida relação entre os cotidianos vivido, percebido e concebido. O

cotidiano não está apenas no campo da exemplificação, não se trata de usar o fator do contexto para motivar os estudantes a aprenderem os conteúdos de Ciências. A Figura 1 procura demonstrar a forte relação e interação entre os três espaços do cotidiano que sempre devem se fazer presentes em uma abordagem do cotidiano autêntica no ensino de Química.



Figura 1: Representação dos espaços a partir do Modelo de Lefebvre. Fonte: Adaptado de Lefebvre (2013).

No processo de adequação do Modelo de Lefebvre ao ensino de Química, a inserção do contexto se dá com base em questionamentos sobre a experiência vivida, basicamente a partir de situações do cotidiano vivido. Essas situações, quando problematizadas, podem propiciar uma certa materialização de procedimentos e práticas capazes de levar o indivíduo a perceber (sentir) a situação posta, numa forte relação entre as experiências vividas e os conhecimentos e informações recebidas, adquiridos em diferentes fontes, mas principalmente na escola. Já o espaço concebido compreende a forma como o indivíduo aprende o percebido, aquilo que foi pensado com ou sem reflexão. Assim, naquilo que foi concebido a partir da reflexão da relação contexto-conceito, para a compreensão das situações no espaço vivido, o sujeito tende a se tornar mais crítico, já, ao contrário, sem reflexão, o sujeito perde em poder de pensamento crítico.

### Vivido, percebido e concebido: cotidiano como uma abordagem autêntica

Defendemos a ideia de que algumas abordagens metodológicas no ensino de Ciências e Química, como a abordagem problematizadora com base nos três momentos pedagógicos (Delizoicov *et al.*, 2011), a abordagem com orientação CTS (Auler, 2002, 2007; Santos, 2008) e a proposta pela

Defendemos a ideia de que algumas abordagens metodológicas no ensino de Ciências e Química, como a abordagem problematizadora com base nos três momentos pedagógicos (Delizoicov *et al.*, 2011), a abordagem com orientação CTS (Auler, 2002, 2007; Santos, 2008) e a proposta pela Pedagogia Histórico-Crítica (PHC), idealizada por Dermeval Saviani, permitem trabalhar o conceito de cotidiano de maneira autêntica, como queremos demonstrar neste texto.

Pedagogia Histórico-Crítica (PHC), idealizada por Dermeval Saviani, permitem trabalhar o conceito de cotidiano de maneira autêntica, como queremos demonstrar neste texto. Outrossim, iremos promover essa sistematização de modo comparativo com o ensino por pesquisa, de Cachapuz *et al.* (2002), dada a inserção dessa proposta no contexto brasileiro.

A partir da concepção dialógico-problematizadora de Freire (1987), Delizoicov *et al.* (2011, p. 200) propõem, para o desenvolvimento de uma abordagem temática, uma atividade de ensino organizada em sala de sala, de modo a possibilitar três momentos, denominados “Momentos Pedagógicos”, com funções específicas e diferenciadas. No primeiro momento — “problematização inicial” —, o professor trará para a sala de aula situações reais que os estudantes conhecem e vivenciam; esse é um momento em que eles são desafiados a expor o que pensam sobre a temática. O professor, com sua função mediadora, deve concentrar-se mais em questionar e problematizar esse conhecimento, fomentando discussões entre os estudantes. O objetivo desse momento é propiciar um distanciamento crítico sobre o “vivido”, o contexto.

No segundo momento — “organização do conhecimento” —, os estudantes irão relacionar os conhecimentos científicos selecionados pelo professor com os temas levantados na problematização inicial, de modo a buscar sua compreensão e dos temas, com base, também, na ciência. Trata-se do “cotidiano percebido”, em que a ciência permite novos olhares em torno dos mesmos temas e novas apropriações de conhecimentos.

Por fim, no terceiro momento — “aplicação do conhecimento” —, é abordado sistematicamente o conhecimento incorporado pelo estudante, sendo analisadas e interpretadas as situações que determinaram seu estudo. Os estudantes são capacitados para empregar seus conhecimentos e articular a conceituação científica a situações reais, o que podemos denominar de “construção de significados na relação percebido e concebido”.

Para além da interpretação do Modelo Tríade de Lefebvre, é possível perceber que as reflexões de Agnes Heller sobre o cotidiano e a vida social correlacionam-se indiretamente com a pedagogia de Paulo Freire, especialmente no que diz respeito à compreensão das experiências e das vivências cotidianas dos estudantes. Freire (1987) enfatizou a importância de se reconhecer as realidades concretas dos estudantes e de contextualizar o ensino para torná-lo significativo em suas vidas. Essa ênfase dada à conexão entre a educação e a vida cotidiana pode ser vista como alinhada ao que propõe Heller nas experiências cotidianas e na construção da identidade. A abordagem de Lefebvre em relação ao espaço, especialmente ao conceito de “espaço vivido”, também está ancorada

indiretamente à pedagogia de Freire, pois este destacou a importância de se entender o espaço social e cultural em que a educação ocorre. Ele argumentou que os processos de ensino e de aprendizagem devem levar em consideração os contextos espacial e social dos alunos.

Em resumo, embora Agnes Heller e Henri Lefebvre não tenham sido influências diretas nas ideias de Paulo Freire, seus estudos relacionados ao cotidiano, à experiência e ao espaço social apresentam afinidades conceituais com a perspectiva freiriana. Isso, porque pautam-se num modelo de educação centrado no aluno, que valoriza suas experiências e considera os contextos social e cultural em que a educação ocorre.

As propostas de Auler (2007) e Santos (2008), que fazem uma aproximação com a visão de ensino progressista de Freire, também apresentam possibilidades de adequação aos três espaços do cotidiano. Isso implica a necessidade de evidenciar o campo das perspectivas CTS do qual estamos falando, pois há proposições diversas com o mesmo rótulo, que vão desde concepções totalmente positivistas até críticas e relativistas (Santos, 2008). Há abordagens CTS com a concepção de participação social que perpassam o mero reconhecimento da ciência e da tecnologia ou que defendem a busca por engajamento, para que as pessoas possam interferir criticamente nas esferas da vida cotidiana. No entanto, algumas propostas CTS têm permanecido no nível do reconhecimento, em detrimento de propostas mais críticas, como a de abordagem CTS, apresentada e discutida por Auler (2003, 2007) e Santos (2007).

Ainda nesse campo da CTS, Auler e Delizoicov (2021) propõem uma perspectiva ampliada de ACT (Alfabetização Científica e Tecnológica), como a busca da compreensão sobre as interações entre essas áreas. Em outros termos, o ensino de conceitos está associado ao desvelamento de mitos vinculados à CT. Por sua vez, tal aspecto remete à discussão sobre a dinâmica de produção e apropriação do conhecimento científico-tecnológico. Auler (2007) defende, a partir da *práxis* educacional resultante da aproximação entre os pressupostos de Freire e os encaminhamentos dados ao enfoque CTS, que o ponto de partida para a aprendizagem deve ser as situações-problema, especialmente aquelas relativas a contextos reais, o que pode ser caracterizado como o cotidiano vivido. Essa perspectiva aponta para uma educação em Ciências que valoriza as relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA), em particular a variante Ambiente/Ciência/Sociedade (ACS), na qual “Ambiente” e “Sociedade” não surgem como meras aplicações, mas como ponto de partida e ponto de chegada.

Na tentativa de fazermos o contraponto com o cotidiano percebido, trazemos o seguinte questionamento: Os conteúdos disciplinares é que estão em função do tema ou o tema é que está em função de conteúdos disciplinares? No caso de os conteúdos estarem em função do tema — proposição com a qual concordamos —, pois no processo de configuração curricular é definido o tema, surge a pergunta: que conteúdos disciplinares e conhecimentos são necessários para a compreensão do tema? Perceber o tema sob diferentes

perspectivas é uma condição necessária para estabelecer relações entre o vivido e o percebido. Como afirma Auler (2007, p. 6), “[...] o eixo da organização curricular são os temas, não mais a lógica interna da ciência, sendo que esta não é desconsiderada”. No entanto, a forma prevalente no ensino de Ciências é aquela que apresenta o tema em função de conteúdos disciplinares definidos *a priori*, ou seja, o tema comparece para dinamizar, motivar o desenvolvimento dos currículos.

Nas palavras de Auler (2007, p. 8), o concebido:

“[...] na democratização das decisões em temas sociais que envolvem Ciência-Tecnologia (CT), objetivo do movimento CTS, contém elementos comuns à matriz teórico-filosófica adotada pelo educador brasileiro, já que este defende o princípio de que alfabetizar, muito mais do que ler palavras, deve propiciar a leitura crítica da realidade”.

É fundamental que, no cotidiano concebido, os estudantes sejam colocados como sujeitos históricos, não como meros objetos, imersos na cultura do silêncio.

Em se tratando da Pedagogia Histórico Crítica (PHC), que assume uma postura crítica e contra hegemônica da prática educativa diante da contradição produzida pelo modo de produção capitalista, Saviani (2011) aponta que a PHC parte da especificidade do objeto e da natureza da educação, compreendida como modalidade da prática social, na possibilidade de atuar na emancipação dos sujeitos por meio da apropriação dos elementos culturais produzidos historicamente. A PHC resgata a importância da escola na transmissão do saber intencional e sistematizado para mediar a relação entre as esferas do cotidiano e do não cotidiano da prática social dirigida à formação humana.

Saviani (2011) destaca cinco passos metodológicos propostos pela PHC. O primeiro se trata da prática social. O segundo diz respeito à problematização, sendo identificados os problemas suscitados pela prática social, mediante a detecção de questões que precisam ser resolvidas no âmbito da própria prática social. Vale dizer que esses dois primeiros passos podem ser relacionados ao espaço vivido. O terceiro passo refere-se à disposição dos conteúdos teóricos necessários para a resolução do problema detectado pela prática social. O quarto passo, denominado *catarse*, compreende a assimilação dos conhecimentos produzidos historicamente e sua transformação em elementos que auxiliem na *práxis* desenvolvida em sociedade - podem estar relacionados ao percebido. E, por fim, o último passo é a própria prática social, que agora será ressignificada por conta dos conteúdos transmitidos em sala de aula, ou seja, o concebido.

Essas três abordagens têm o potencial de desenvolver os três aspectos do cotidiano em toda a sua dimensão e permitir o desenvolvimento de uma educação mais crítica e emancipadora. No entanto, o que vemos, na maioria das vezes, tanto em materiais didáticos como em artigos na área de ensino de Química, é uma inversão desse cotidiano.

Outra abordagem que eleva o contexto e é bastante difundida no âmbito do ensino de Química é a proposta dos pesquisadores portugueses António Cachapuz, João Praia e Manuela Jorge, o Ensino por Pesquisa (EPP). O modelo de ensino sugerido por esses pesquisadores apresenta três etapas distintas, mas não desconexas, que são: problematização, metodologias de trabalho e avaliação terminal da aprendizagem e do ensino (Cachapuz *et al.*, 2002). Na problematização, há uma forte correlação com o espaço vivido, pois os autores destacam situações-problema imersas nas relações CTS, mas que consideram saberes pessoais, culturais, sociais e até mesmo saberes acadêmicos que os estudantes apresentam.

Ainda na descrição da proposta dos pesquisadores, a partir da problematização, podemos argumentar que a relação percebida e concebida intencionalmente é provocada, dado que nas metodologias de trabalho o estudante deverá buscar responder às questões geradas a partir do vivido, assim como testar hipóteses e estratégias amparadas em critérios teóricos. É nessa fase que a inserção de conhecimento químico e de outros conhecimentos deve servir para a reflexão crítica, buscando fornecer as melhores respostas, que, por sua vez, irão compor o concebido do sujeito estudante. Por fim, e não de forma linear e aquém das anteriores, ocorre a etapa da avaliação terminal da aprendizagem e do ensino, em que o professor deverá avaliar os conhecimentos dos estudantes, suas capacidades, atitudes e valores e o modo como se deu a aprendizagem, o que pode ser caracterizado como o que ocorre no âmbito do concebido.

Ao realizarmos o debate sobre a autenticidade das abordagens do cotidiano, não entendemos que as propostas discutidas tenham, de fato, base nas ideias de espaço de Henri Lefebvre e nos esquemas de pensamento de Agnes Heller. Nosso propósito, aqui, é demonstrar que as ideias do cotidiano foram colocadas num plano reducionista, na medida em que foram realizadas ligeiras apropriações das situações do dia a dia das pessoas para ensinar Química, o que não contribui para um debate significativo. Evidenciamos que os elementos que estruturam as ideias do cotidiano problematizado por Lufti podem ser verificados em propostas de ensino que embasam estudos atuais sobre o ensino de Química; em alguns desses estudos, há o argumento de que as propostas “superam” a abordagem do cotidiano.

Propostas que defendem a prática pedagógica baseada na utilização de fatos do dia a dia para ensinar conteúdos científicos colocam o cotidiano em um papel secundário, ou seja, este serve como exemplificação ou ilustração para o ensino de conhecimentos químicos. Jiménez Lizo *et al.*

(2002) apontam que o estudo nessa perspectiva utiliza os fenômenos cotidianos nas aulas como exemplos imersos em meio aos conhecimentos científicos teóricos, numa tentativa de torná-las mais compreensíveis. Os autores destacam que a alfabetização científica, do ponto de vista do estudo do cotidiano, recaiu sobre o reducionismo de aumentar, nas aulas, o número de exemplos do cotidiano. Ressaltamos que é preciso conhecer o aluno enquanto um sujeito inserido num contexto social, do qual deverá emergir o conhecimento a ser problematizado, distante da “educação bancária” (Freire, 1987), em que o saber do professor é depositado no aluno. Portanto, a discussão de questões sociais e do ensino de conceitos se aproxima da educação para a libertação, de Freire, assim como faz parte das ideias do movimento CTS, no campo da educação, ao vislumbrar desenvolver nos alunos atitudes e valores cidadãos.

### Algumas considerações

O posicionamento epistemológico que tomamos sobre determinados conceitos em nossas atividades são determinantes nos posicionamentos metodológicos que realizamos em sala de aula. Uma abordagem autêntica do cotidiano no ensino de Química deve ser integrada e crítica, considerando as experiências práticas dos alunos, mediante a identificação de situações relevantes do cotidiano e a problematização dessas situações, a fim de torná-las objeto de estudo (espaço vivido). Ao problematizarem essas situações, os alunos passam a perceber as conexões entre suas experiências cotidianas e os conhecimentos químicos.

Essa percepção é mediada pelas informações e práticas educativas sistematizadas na escola (espaço percebido). Por meio da reflexão e da assimilação dos conhecimentos teóricos, os alunos transformam esses conhecimentos em ferramentas para que possam atuar criticamente sobre suas realidades, ressignificando suas práticas sociais (espaço concebido).

Nas abordagens mencionadas, como a abordagem problematizadora, com base nos três momentos pedagógicos, proposta por Delizoicov *et al.* (2011), a orientação CTS, de Auler (2002, 2007) e Santos (2008), a PHC, de Saviani, e o Ensino por Pesquisa, de Cachapuz *et al.* (2002), o ensino deve partir da prática social. É fundamental pensar o ensino de Química não apenas como uma transmissão de conhecimentos científicos, mas também como uma oportunidade de promover uma compreensão crítica do mundo, permitindo que os estudantes questionem e transformem suas realidades sociais, econômicas e ambientais.

**Edson José Wartha** (ejwartha@academico.ufs.br) é licenciado em Química pela UFSC e doutor em Ensino de Ciências pela USP. Atualmente é professor associado IV da Universidade Federal de Sergipe. **Erivanildo Lopes da Silva** (erivanildo@academico.ufs.br) é licenciado em Química pela UNIFEI e doutor em Ensino, História e Filosofia pela UFBA. Atualmente é professor associado IV

da Universidade Federal de Sergipe. **Mansur Lutfi** (mlutfi@uol.com.br) é bacharel e licenciado em Química pela Universidade de São Paulo, é mestre e doutor em Educação pela Universidade Estadual de Campinas e possui pós-doutorado pela Universidade Paris VI. Atualmente é professor aposentado da Universidade Estadual de Campinas.

## Referências

ARAGÃO, A. S. *Ensino de química para alunos cegos: desafios no ensino médio*. Dissertação de Mestrado em Educação Especial, Centro de Educação e Ciências Humanas, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2012.

AULER, D. Enfoque ciência-tecnologia-sociedade: pressupostos para o contexto brasileiro. *Ciência & Ensino*, v. 1, n. esp., 20 p. 2007.

AULER, D. e DELIZOICOV, D. Alfabetização científico-tecnológica para quê?. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 3, n. 2, p. 122-134, 2001.

AULER, D. Alfabetização científico-tecnológica: um novo paradigma?. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 5, n. 01, p. 68-83, 2003.

AULER, D. *Interações entre Ciência-Tecnologia-Sociedade no contexto da formação de professores de ciências*. Tese de Doutorado em Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

BEDOYA-PELÁEZ, J.A. *Compilación de propuestas de guías didácticas de química experimental desde lo cotidiano para los contenidos de grado décimo y undécimo de educación media colombiana*. Universidad Nacional de Colombia, Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales Medellín, Colombia, 2012.

BELLINI, M.; PAVANELLO, R. M. e BATISTA, J. M. O que é método científico na química do cotidiano *Thé scientific method in day-to-day chemistry*. *Ensino, Saúde e Ambiente*, v. 3, n. 3, 2010.

CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. e JORGE, M. *Ciência, educação em ciência e ensino de ciências*. Lisboa: Ministério da Educação, 2002.

CARDOSO, S. P. e COLINVAUX, D. Explorando a motivação para estudar química. *Química Nova*, v. 23, n. 3, p. 401-404, 2000.

CHASSOT, A. I.; SCHROEDER, O. E.; PINO, D. C. J.; SALGADO, M. D. T. e KRUGER, V. Química do cotidiano: pressupostos teóricos para a elaboração de material didático alternativo. *Espaços da Escola*, v. 10, p. 47-53, 1993.

CRESTE, J. F. *O esvaziamento dos conteúdos matemáticos no currículo do estado de São Paulo: consequências no ensino de química*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista, 2019.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. P.; PERNAMBUCO, M. M. C. A. *Ensino de Ciências: Fundamentos e Métodos*. 4ª ed. São Paulo: Cortez, 2011.

DUARTE, N. *A individualidade para-si*. Campinas: Autores Associados, 1993.

FERNÁNDEZ-GONZALEZ, M. e JIMÉNEZ-GRANADOS, A. La química cotidiana en documentos de uso escolar: análisis y clasificación. *Educación Química*, v. 25, n. 1, p. 13, 2014.

FREIRE, P. *Pedagogia do oprimido*. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.

GONZÁLEZ, M. F. e GRANADOS, A. J. La química cotidiana em documentos de uso escolar: análisis y clasificación. *Educación*

*Química*, v. 25, n. 1, p. 7-13, 2014.

HELLER, A. *O cotidiano e a história*. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1970.

HELLER, A. *Cotidiano e história*. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1989.

JIMÉNEZ-LISO, M.R.; SANCCHES-GUADIX, M.A. e MANUEL, E.T.D. Química cotidiana para la alfabetización científica: realidad o utopia? *Educación Química*, v. 13, n. 4, 2002.

JIMÉNEZ-LISO, M. R. e MANUEL, E.T.D. La química cotidiana, una oportunidad para el desarrollo profesional del profesorado. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 8, n. 3, p. 878-900, 2009.

LEFEBVRE, H. *Everyday life in the modern world*. Translated by Sacha Rabinovitch. London: Penguin, 1971.

LEFEBVRE, H. *La producción del espacio*. Madrid: Capitán Swing, 2013.

LEFEBVRE, H. *Everyday life in the modern world*. New Brunswick. 1984.

LIMA, C. *Ensino dos conceitos ácido e base na perspectiva histórico-crítica*. Dissertação de Mestrado em Ensino, Filosofia e História das Ciências, Universidade Federal da Bahia, Universidade Estadual de Feira de Santana, Salvador, 2016.

LUTFI, M. *Os ferrados e os cromados: produção social e apropriação privada do conhecimento químico*. 2ª ed. Ijuí-RS: Ed. Unijuí, 2005.

LUTFI, M. A abordagem sociológica do ensino de Química. *Ciência & Ensino*, v. 3, 1997.

LUTFI, M. *Produção social e apropriação privada do conhecimento químico*. Tese de Doutorado, Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1989.

MARINHO, B. R. *A formação do professor reflexivo sob o olhar da epistemologia marxiana*. Tese de Doutorado em Educação, Faculdade de Filosofia e Ciências, Universidade Estadual Paulista, 2009.

MENDES, M. P. L. *Transformação da matéria: Uma abordagem sócio-histórica do conceito moderno de transformação química*. Tese de Doutorado em Ensino, Filosofia e História das Ciências, Universidade Federal da Bahia e Universidade Estadual de Feira de Santana, Salvador, 2018.

NASCIMENTO, I. C. *Conteúdos de química e contextualização: articulações realizadas por alunos do ensino médio*. Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo, Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências, São Paulo, 2017.

PERUZZO, F. M. e CANTO, E. L. *Química: na abordagem do cotidiano*. 2ª ed. São Paulo: Moderna, 2002.

ROSA, M. I. P. e TOSTA, A. H. O lugar da química na escola: movimentos constitutivos da disciplina no cotidiano escolar. *Ciência & Educação*, v. 11, n. 2, p. 253-262, 2005.

SANTOS, W. L. P. Educação Científica Humanística em Uma Perspectiva Freiriana: Resgatando a Função do Ensino de CTS. *Alexandria Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, v. 1, n. 1, p. 109-131, 2008.

SANTOS, W. L. P. Educação científica na perspectiva de letramento como prática social: funções, princípios e desafios. *Revista brasileira de educação*, v. 12, p. 474-492, 2007.

SANTOS, W. L. P. e MORTIMER, E. F. A dimensão social do ensino de química – um estudo exploratório da visão de professores. *II Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, p. 1-9, 2005.

SANTOS, W. L. P., SCHNETZLER, R. P. Função Social: O que significa ensino de química para formar o cidadão? *Química Nova na Escola*, v. 4, p. 28-34, 1996.

SANCHES-GUADIX, M.A.; LISO, M.R e TORRES, E. M. *Condiciones de uso de La Química Cotidiana*. Ed. ALDEQ, Madrid, 2003.

SAVIANI, D. *Pedagogia histórico-crítica: primeiras aproximações*. 11ª ed. Campinas: Autores Associados (Coleção educação contemporânea), 2011.

SILVA, E. L. *Contextualização no ensino de química: ideias e proposições de um grupo de professores*. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

SILVA, J. I. e MOREIRA, E. M. S. Saber cotidiano e saber escolar: uma análise epistemológica e didática. *R. Educ. Públ.*, v. 19, n. 39, p. 13-28, 2010.

SILVA, M. T. *Experimentação no ensino de química: um enfoque histórico-crítico*. Dissertação de Mestrado em Ensino, Filosofia e História das Ciências, Faculdade de Educação, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2019.

STECANELA, N. O direito à educação e o cotidiano escolar: dimensões do concebido, do vivido e do percebido. *Educação*, v. 39, n. 3, p. 344-356, 2016.

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

**Abstract:** *Revisiting everyday life in Chemistry teaching: a poorly understood concept.* This essay proposes a return to the concept of Everyday Life. It was developed with the objective of reflecting on the meanings given to the term Everyday Life, seeking to understand its importance, its trajectory, and its implications in the field of teaching and research in Chemistry Education, which are often mistaken. The study was carried out by reviewing studies already carried out on this subject and presenting teaching strategies that, in our view, are more effective in approaching Everyday Life. As a result, we can state that, in both teaching and research proposals in the area, the concept of Everyday Life continues to be poorly understood. On the other hand, there are methodological approaches and strategies that allow an authentic approach to Everyday Life in Chemistry Education.

**Keywords:** triads of spaces, misunderstood concept, everyday life



## Flash cards da tabela periódica

**Rodrigo Alves de Souza**

O trabalho trata de uma ferramenta pedagógica denominada *flash card* (FC), que concilia o analógico e o digital na sua concepção, unindo materiais acessíveis com pesquisas na internet. A ferramenta, planejada para favorecer múltiplas representações no campo semiótico, objetivou auxiliar na condução de uma sequência didática sobre tabela periódica, visando apoiar uma maior compreensão sobre as propriedades dos elementos químicos e suas relações. A sequência envolveu 101 estudantes do 1º ano do ensino médio de uma escola pública, que produziram os FC; junto a isso, ocorreram aulas expositivas, dialógicas e debates, utilizando os conhecimentos produzidos coletivamente. Com isto, a sequência possibilitou trabalhar muitos elementos (24-26 por turma, escolhidos pelos discentes), tendo-se um perfil específico para cada turma, gerando representações visuais que foram analisadas. Por fim, os FC possibilitaram um modo interessante para se aprender tabela periódica, segundo os estudantes.

► *flash card*, tabela periódica, sequência didática ◀

Recebido em 20/05/2024; aceito em 27/09/2024



### Introdução

Com um número significativo de elementos químicos conhecidos e seus pesos atômicos determinados por Jöns Jacob Berzelius (1779-1848), Johann Wolfgang Dobereiner (1780-1849) propôs, em 1829, as tríades dos elementos, notando na sequência de pesos que o elemento central do trio tinha um peso atômico aproximado ao da média dos outros das extremidades (Marques, 2019). Iniciava-se assim a organização dos elementos químicos que tiveram uma forma mais ampla de classificação com um sistema helicoidal, em 1862, por Alexandre-Emile Béguyer de Chancourtois (1820-1886).

Dois anos depois a “lei das oitavas” trouxe pioneirismo ao apontar uma lei de recorrência dos elementos. Com formação musical, John Alexandre Reina Newlands (1837-1898) notou uma agregação de grupos de sete elementos em ordem crescente de massa atômica, tendo, o primeiro, propriedades semelhantes ao oitavo, que iniciava uma nova coluna e assim sucessivamente (Marques, 2019).

Por fim, e quase que simultaneamente, Julius Lothar Meyer (1830-1895) e Dmitri Ivanovic Mendeleev (1834-1907) explicitaram a lei periódica de maneira robusta. Há versões apontando possíveis inspirações de Meyer nos trabalhos de Mendeleev e vice-versa, apesar de Meyer ter publicado seus feitos depois. Ambos sequenciaram os elementos

químicos em função de seus pesos atômicos: Meyer enfatizou as propriedades físicas relacionadas aos pesos e Mendeleev destacou as propriedades químicas (Marques, 2019).

Apesar do formato definitivo da tabela periódica se concretizar no início do século XX, por Henry Gwyn Jeffreys Moseley (1887-1915), rearranjando os elementos em função dos números atômicos, Mendeleev já havia ganhado notoriedade por prever elementos ainda desconhecidos como o *eka*-alumínio, isolado e nomeado anos depois como gálio.

Na sistematização dos sabidos 63 elementos de sua época, Mendeleev dispôs as informações deles em cartões de papel, percebendo a periodicidade de certas propriedades químicas quando dispunha os cartões em ordem crescente de massas atômicas. E ao distribuir todos os cartões percebia um formato estruturado em linhas e colunas, esboçando-se assim o arquétipo do modelo vigente da tabela periódica em 1869 (Cunha, 2019).

Este modelo de Mendeleev foi reconhecido pela Organização das Nações Unidas (2019) como um grande salto científico para a humanidade, atribuindo o ano internacional da tabela periódica em 2019, quando completou 150 anos de sua publicação. Ao arquétipo foram agregadas várias particularidades ao longo do século XX, tornando-o imprescindível na aquisição de informações sobre os elementos químicos (Tolentino *et al.*, 1997).

Apesar de versátil, a tabela tem fama de difícil entendimento na educação básica. Sendo tão funcional, como ela apresenta tal *status* negativo? Sua linguagem dificulta a compreensão?

Faltam dados concretos sobre os aspectos aversivos, contudo Trassi *et al.* (2001) e Vianna *et al.* (2019) apontam a prática de memorização como estratégia falha no ensino. Sobre o livro didático, constatou-se, na década passada, que a abordagem histórica da tabela periódica era dissociada do conteúdo no ensino médio (Mehlecke *et al.*, 2012), enquanto no ensino superior era pouco importante ou apenas focada nas personagens e nas datas das descobertas dos elementos químicos (Leite e Porto, 2015). Como via estratégica, a historicidade bem empregada auxilia a compreensão da tabela periódica (Xavier *et al.*, 2013). Por outro lado, a ludicidade e a interação juvenil podem suscitar estratégias positivas de aprendizagem, a exemplo da tabela periódica interativa da Universidade Federal de Juiz de Fora, projeto que se utiliza de um espaço informal de ensino (César *et al.*, 2015).

Na via audiovisual, o canal *Periodic Videos* (YouTube, 2024) dispõe de vasto acervo sobre os elementos, abordando experimentos geralmente inacessíveis nas escolas. Todavia, a língua inglesa é limitante porque legendas não estão disponíveis em todo o material. Ademais, a exibição de vídeos em grandes telas, via projetores multimídia ou em ambientes de informática, encontra entraves na infraestrutura precarizada de parte considerável das escolas públicas brasileiras (Ministério das Comunicações, 2023). Contudo, o acesso mais individualizado em telas menores, como as dos *smartphones*, pode trazer boa integração destas ferramentas com as pesquisas de conteúdos escolares (Silva *et al.*, 2021).

Portanto, mediar recursos escassos com as possibilidades analógicas, empregando-se materiais acessíveis, integrando-se ainda ao universo digital recorrente na vida estudantil contemporânea, mostra-se estratégico e abrangente para driblar certas dificuldades e, sobretudo, pode ser compatível com a estética experimentada pelos jovens.

Logo, na sala de aula também se pode conduzir de modo atrativo o ensino ligado à tabela periódica. Para citar, o uso de mapas conceituais durante um bimestre (Fialho *et al.*, 2018) se mostrou interessante, não como memorizador de conteúdos, mas favorecendo um processo de aprendizagem sequencial. Trabalhos enfatizando a trajetória do descobrimento dos elementos aproximam o estudante do contexto da descoberta, com metodologias diferenciadas (Soler e Lucia, 2020) e com a produção de objetos educacionais (Cunha e Corrêa, 2020). E em um contexto lúdico, jogos, como o supernova (Martins e Cavalcanti, 2023), podem evidenciar como a mediação docente aplicada ao analógico – tipo jogo

de tabuleiro – permitem trazer mais satisfação ao alunado, sem detrimento do conteúdo.

Enfim, na tentativa de se trazer mais proximidade estudantil aos históricos das descobertas, dos meios de extração da natureza e os usos relevantes dos elementos químicos, o objetivo deste trabalho foi possibilitar maior compreensão, por parte do alunado, das características dos elementos químicos e de suas relações na tabela periódica, partindo-se, para isto, do desenvolvimento e aplicação de uma ferramenta pedagógica nomeada *flash card* (FC), pautada em múltiplas representações semióticas com o esquema analógico/digital de sua construção. Buscou-se ainda avaliar a aplicabilidade desta ferramenta em turmas de 1º ano do ensino médio.

### Aporte teórico

É inquestionável que docentes devam ter posse das teorias científicas e que consigam as vincular aos processos cotidianos, sociais e tecnológicos. Mas, na química, paira o senso comum pedagógico de se conduzir as aulas com

regrinhas e receituários; [...] valorização excessiva pela repetição sistemática de definições; uso indiscriminado e acrítico de fórmulas e contas em exercícios reiterados; tabelas e gráficos desarticulados [...] relativamente aos fenômenos contemplados; experiências cujo único objetivo é a “verificação” da teoria (Delizoicov *et al.*, 2011, p. 32).

Nos anos 2020 emergem críticas e distorções às ciências. O anticientificismo e os egressos de uma escolarização rasa colocam dúvidas, afrontam a estrutura escolar e desmerecem a importância de tais saberes. Por conseguinte, tais agentes indagam por quê/para que se ensinar ciências?

Responder à importância de se ensinar ciências requer mudanças que as tratem como bens culturais essenciais para a sociedade. Do professorado, demanda extrapolar as “regrinhas e receituários”, demonstrando que produzir ou educar em ciências depende de condições sócio-históricas, vitais à apropriação dos escolarizados (Delizoicov *et al.*, 2011, p. 34).

O singular, conseqüentemente, é parte importante do todo na perspectiva sócio-histórica a ser percebida e pensada para se ter, coletivamente, uma construção substancial. De tal modo, “regrinhas” não são moldáveis neste contexto, enquanto os aspectos internos do indivíduo corroboram para articular a relação sujeito–sociedade, à qual pertence (Freitas, 2002), interage, recebe e induz mudanças. Transportando para a escola temos, finalmente, cada sujeito

[...] o canal *Periodic Videos* (YouTube, 2024) dispõe de vasto acervo sobre os elementos, abordando experimentos geralmente inacessíveis nas escolas. Todavia, a língua inglesa é limitante porque legendas não estão disponíveis em todo o material. Ademais, a exibição de vídeos em grandes telas, via projetores multimídia ou em ambientes de informática, encontra entraves na infraestrutura precarizada de parte considerável das escolas públicas brasileiras.

como ser importante na construção dos conhecimentos, dele e de sua turma.

A concepção centrada no indivíduo ilustra que a relação ensinar–aprender não é focada só no professorado e, tampouco, a única a ser gerida, pois o processo é fruto de interações sociais, integrando aspectos multivariados do aprendiz, entre eles as correlações afetivas e socioculturais com o objeto de conhecimento e com o meio.

Na química, pode-se supor – erroneamente – que os conhecimentos são estanques e ensinar tabela periódica exigiria somente dominar o repertório sobre o tema, passando adiante tais informações. Entretanto, o ato de ensinar se dirige aos humanos, dotados de complexidade, temporalidade, inter-relações e particularidades com os conhecimentos e com os sujeitos.

Vygotsky considera que a construção dos conhecimentos se dá, essencialmente, na inter-relação pessoal como processo social compartilhado e gerador de desenvolvimento (Freitas, 2002). Sob a perspectiva dele, educar se traduziria em mediar o ensino – enquanto função docente –, verificando, incentivando e potencializando as atitudes colaborativas capazes de ampliar o desenvolvimento do aprendiz (Vygotsky, 2007).

Diante do objeto e das pessoas, portanto, cria-se um diálogo, gerando a interação sujeito–objeto e sujeito–sujeito, passando-se para a perspectiva dialógica (Freitas, 2002). Este fato pode fortalecer processos cognitivos pouco desenvolvidos como o da abstração, requerida para se imaginar um elemento químico na tabela periódica como um símbolo, ali representado, e que, ao mesmo tempo, encontra-se em variadas situações reais do dia a dia. Tal desenvolvimento cognitivo pode ser alcançado pela socialização ou pela zona proximal, como apregoa Vygotsky (2007), levando-se em conta a socialização com as diferenças estudantis, o que já se sabe e o que se pode aprender, trazendo ao indivíduo condições de se estabelecer, depois, o conhecimento por si.

Logo, agir sob a perspectiva sociointeracionista beneficia a condução didática e oportuniza, ao docente, conhecer melhor seus estudantes, favorecendo a avaliação da aprendizagem.

O conhecimento do contexto social dos alunos é de fundamental importância para o processo de ensino. Não é imperioso que o professor conheça um por um os alunos, mas que saiba das características do grupo como um todo. A partir delas, o professor trabalhará valores, conceitos, linguagens e atitudes. Podemos dizer o mesmo do conhecimento psicológico e cognitivo dos alunos, pois é a partir dessas informações que o professor poderá adequar seu planejamento e suas estratégias de ensino (Vasco, 2008, p. 43).

Em consonância, Paulo Freire (2019) afirma que o aprendiz não é um receptor de informações, mas um ser ativo, provido de concepções de mundo e que pode, a partir disto, colaborar no processo da própria aprendizagem. Ademais, quando o professor busca desenvolver a criticidade do aluno, deixa de ser mero depositante de conteúdos na mente deles e os desperta da ignorância opressora, aguçando a curiosidade, a investigação e a criatividade.

No contexto sujeito–objeto, por sua vez, as representações encontradas e elaboradas por um indivíduo se somam para gerar um repertório de recursos, possibilitando o desenvolvimento da aprendizagem. Tais representações

(signos), sejam palavras ou imagens, estabelecem relação entre a linguagem e o desenvolvimento cognitivo apontado por Vygotsky (2008), trabalhados primeiro em um plano social e depois no individual, contribuindo ao processo de pensamento. E, transpondo-se ao lócus escolar, elas podem facilitar e até avaliar a aprendizagem.

Moldados culturalmente, os signos integram um sistema semiótico para criar significados em constante evolução, a depender

das necessidades comunicativas de um conjunto social, como salienta Halliday (1978). Com isso, a comunicação nas aulas de química – apesar das regras e linguagens pré-estabelecidas – pode usufruir desta semiótica para interligar o repertório social e individual ao químico e vice-versa. Quando o interesse da turma esbarra nas dificuldades da linguagem química, oportunamente cabe usar representações para dar existência a uma nova compreensão ou representação semiótica social (Kress e Van Leeuwen, 2006).

### Inserção da atividade

Foi aplicada uma sequência didática de cinco semanas (2 aulas de 50 min/semana), envolvendo desde a escolha do elemento químico por cada estudante e as orientações (semana 1) até exposições sobre a evolução histórica e a organização da tabela periódica, pelo docente, bem como pesquisas e a confecção dos *FC*, pelos discentes (semanas 2 e 3), culminando em uma socialização em sala de aula de cada *FC* (semanas 4 e 5).

As atividades ocorreram em uma escola estadual paulista de Araraquara, envolvendo 101 estudantes de três turmas de 1<sup>as</sup> séries do ensino médio (P1 a P3). Previa-se, inicialmente, que o trabalho fosse desenvolvido de modo individual. Todavia, uma parte solicitou trabalhar em dupla, mediante as condições intelectuais e transtornos de atenção que possuíam. Os arranjos das duplas se deram pelos próprios discentes, por afinidade. Parte significativa do restante cogitou a formação de duplas, mas o docente ressaltou a importância de manter a situação individual para a maioria, para que

**Na química, pode-se supor – erroneamente – que os conhecimentos são estanques e ensinar tabela periódica exigiria somente dominar o repertório sobre o tema, passando adiante tais informações. Entretanto, o ato de ensinar se dirige aos humanos, dotados de complexidade, temporalidade, inter-relações e particularidades com os conhecimentos e com os sujeitos.**

obtivessem maior diversidade de elementos.

As pesquisas eram conduzidas pelos estudantes, principalmente com os próprios *smartphones*, já que a escola disponha de uma rede de internet sem fio que atendia essa possibilidade. O professor também direcionou as turmas para a sala de informática, que foi pouco procurada, e para a sala de leitura, apresentando o pequeno acervo de química. O alunado podia se ater aos momentos presenciais de pesquisa, nas aulas, mas poderia extrapolar esses momentos fora da escola.

Outra leva de estudantes fez a mesma solicitação pela insegurança, frente ao déficit de conteúdos que julgavam ter. Por fim, isto resultou em 74 *FC* produzidos: P1 = 26 *FC* (para 35 estudantes), P2 = 24 *FC* (30 estudantes) e P3 = 24 *FC* (36 estudantes).

O ponto de partida foi o conteúdo curricular previsto: “símbolos dos elementos e equações químicas”, a “organização dos elementos de acordo com suas massas atômicas na tabela periódica” e a “importância do ferro e do cobre na sociedade atual” (São Paulo, 2011). Mas com a inserção de outros elementos, em decorrência da sequência didática trabalhada, o repertório curricular original foi ampliado.

Como ferramenta pedagógica, os *flash cards* (*FC*) foram propostos para apoiar o processo didático-pedagógico em torno do tema tabela periódica, visando estimular o corpo estudantil a interagir com a temática pelo uso dos *cards*, almejando favorecer a aprendizagem com trocas de informações, processos de revisões ou ser fonte de informações, para a parte docente, para guiar a sequência didática e formular atividades avaliativas.

Os *FC* foram inicialmente esboçados em folhas A4 e então repassados em definitivo para cartolinas, dimensionadas em 15 cm x 10,5 cm. Foi solicitado que em uma das faces do *FC* se apresentasse o símbolo do elemento químico de escolha, enquanto no verso fossem dispostas informações importantes em três tópicos, fazendo-se alusão ao *WWW* da internet e ao *what*, o *where* e o *with* da língua inglesa, como esquematizado pela Figura 1.

O trocadilho entre a linguagem da internet e a inglesa intencionava gerar a atenção estudantil para a possibilidade de se ter, com o *FC*, uma linguagem quase própria da química, experimentada em sua aquisição e comparável às outras linguagens durante a aprendizagem. Sobretudo, indicou-se que a busca de informações ampliaria o repertório dos envolvidos, colocando-os mais ativos no processo.

Após a entrega definitiva dos *FC*, pelos estudantes, e as devidas correções finais do docente, os *FC* ficaram à disposição para consultas de cada turma, atendendo iniciativas próprias do alunado ou quando requerido o uso pelo docente, durante as aulas.

A socialização proposta, para o encerramento da sequência didática, envolveu o alunado e trouxe o seu ponto de vista sobre a temática, o elemento de cada um e a percepção geral da produção da turma e da própria ferramenta. O compartilhamento de tudo isso se deu como um diálogo coletivo, não requerendo formalismos de apresentação de cada indivíduo

diante dos colegas. A partir disso, explorou-se os caminhos das aulas vindouras, apoiadas pela geração de informações vindas da socialização dos *FC*.

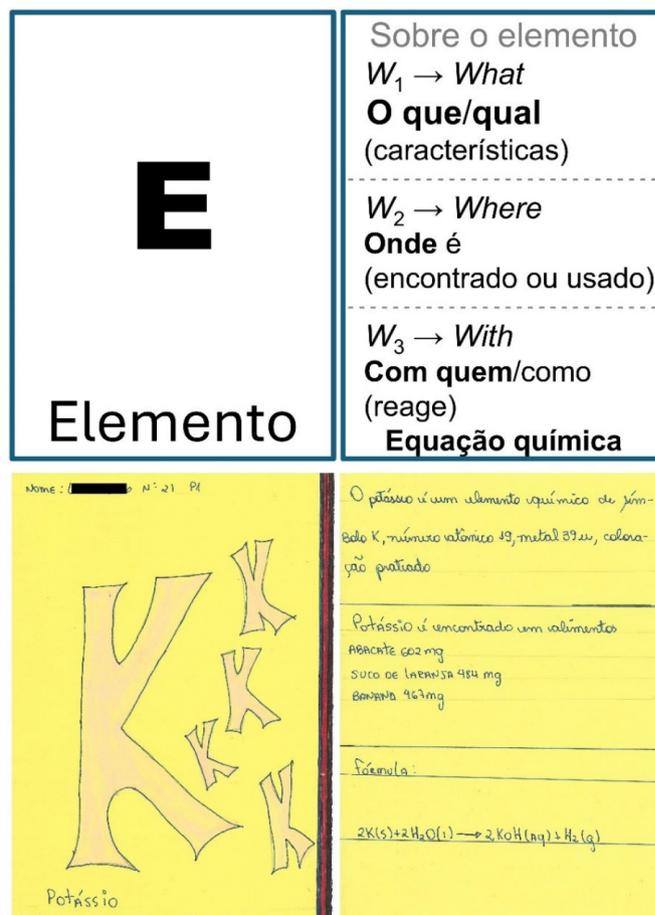


Figura 1: Esquema geral abordado nas orientações (quadrantes superiores) e um exemplo de *FC* (quadrantes inferiores). Nos quadrantes à esquerda, frentes dos *FC* representando o nome e o símbolo. Nos quadrantes à direita, o verso com os seus conteúdos textuais. Fonte: autoral.

### Avaliação dos *flash cards* entregues

Os *FC* foram analisados para se verificar como as apresentações demonstravam as compreensões científicas, aplicando-se a ferramenta analítica de representações visuais proposta por Tang *et al.* (2019), que codifica três significados semióticos: apresentacional (1), orientativo (2) e organizacional (3). Suas principais categorias são: associação, espacial e movimento (para 1), perspectiva e modalidade (para 2), conectividade e contextualização textual (para 3). Há ainda ampla subcategorização, contudo o foco deste trabalho foi analisar a codificação organizacional na contextualização textual dos *FC*.

De 35 elementos indicados ao total, 13 deles coincidiram entre as turmas (Figura 2).

Segundo alguns depoimentos estudantis, o interesse nos aspectos militares e na 2ª Guerra Mundial os levou a escolher elementos como urânio e plutônio, comumente não trabalhados no primeiro ano do ensino médio por conta das





Figura 3: Exemplos das faces de alguns FC contendo os respectivos nomes dos elementos químicos, seus símbolos e suas estilizações. Fonte: autoral.

Abordando-se a contextualização textual, o Quadro 1 sintetiza as informações obtidas.

Sobre o padrão estabelecido, a menção das características e a classificação do elemento ( $W_1$ ), no Quadro 1, foram incluídas em quase 78% dos cards (P3, 28 FC) a 97% (P2, 29 e P1, 34 FC) dos casos. Este item visava observar as relações estabelecidas entre o elemento de escolha, um traço marcante dele (exemplo: metal condutor de eletricidade) e a tabela periódica.

$W_2$  correlacionou a aplicação na visão cotidiana estudantil e foi contemplado na quase totalidade dos FC: P2 ≈93%, P1 = 94% e P3 = 100%. Esta subcategoria oportunizou, aos

discentes, a iniciativa de pesquisar e relacionar situações históricas ligadas à descoberta em certos casos, a presença do elemento na natureza e suas aplicações industriais. Estreitou-se, assim, a troca de informações durante os debates.

Para  $W_3$ , se esperava alguma menção textual ou simbólica, como e/ou com “quem” o elemento reage, objetivando aprofundar a necessidade das ligações químicas. Isto reforçava a variabilidade possível de combinações entre os elementos, fato destacado nos FC semelhantes, que traziam reações químicas diferentes. Cerca de 83% de todos os FC se adequaram ao item.

Sobre as equações químicas, estas tiveram índices muito

Quadro 1: Dados envolvendo o padrão requerido e ao contexto textual dos FC, por turma.

	Subcategoria	Nº de flash cards		
		P1	P2	P3
Padrão (Elemento)	$W_1$ : O que é (características)	34	29	28
	$W_2$ : Onde é encontrado ou utilizado	33	28	36
	$W_3$ : Com “quem” ou como reage	30	25	30
	Equação química correta	17	4	10
Contexto textual (FC)	Estilização (cores, desenhos ou grafia)	25	27	27
	Com representação visual na face	1	1	5
	Com representação visual no verso	1	1	1

Fonte: autoral.

baixos de acerto: P1  $\approx$ 49%, P2  $\approx$ 13% e P3  $\approx$ 28%, justificado pela não abordagem do conteúdo reações químicas até aquele momento. Todavia, a intenção docente era de aproximar o corpo estudantil de temáticas relacionadas à tabela periódica, apontando-se a importância de se consolidar uma boa compreensão dela e das propriedades dos elementos químicos. O diagnóstico da linguagem química, naquele momento, já poderia ser trabalhado ou retomado posteriormente.

Apesar de um expressivo número de FC se adequarem ao item  $W_3$  ( $\approx$ 83%) e, contraditoriamente, as equações químicas serem expressas nos cards de um modo relativamente menor, cabe destacar que o conteúdo reações químicas coincide, mas deveria ser expresso pelos estudantes, em  $W_3$ , sob o formato textual (como o elemento no seu devido contexto se comportava quimicamente). Por outro lado, trazer a equação química envolvendo o elemento requereria, do alunado, uma série de atributos de linguagem química ainda não abordados naquele momento. No trabalho sequencial docente este era um passo anterior, ou que daria bases, para se tratar posteriormente o conteúdo reações químicas na íntegra, incluindo-se a linguagem química nas formas de equações, fórmulas e demais representações.

As representações corretas em maior peso na turma P1 encontram possível explicação de a turma ter o mesmo professor nas disciplinas de física e química, favorecendo uma possível transdisciplinaridade, tratando das relações físicas no contexto químico e vice-versa. Claro que também se percebeu uma proatividade mais acentuada da turma P1, fosse pela dupla presença do professor e de suas intervenções, fosse pelo mérito de quase 50% da turma ter maior desenvoltura e expressar as equações químicas antes mesmo de ter sido trabalhado tal conteúdo.

Sob a análise semiótica na estilização da abordagem textual, a maioria personificou seus FC. Entre 25 e 27 FC por turma ( $\approx$ 71% a 90%) foram incrementados com cores, desenhos ou grafias e isto, segundo vários alunos, “dava a cara deles” ao trabalho. Da intencionalidade pedagógica isto era desejado, pois poderia trazer maior apropriação conceitual aos estudantes. Na Figura 3, para citar, um dos FC do potássio teve a simbologia disposta com uma repetição analógica a risos, típica das trocas de mensagens nas redes sociais contemporâneas da internet.

Apesar disso, representações visuais alusivas aos elementos foram pouco exploradas, traduzindo-se em apenas um FC para a turma P1 e um para a P2. Foram mais presentes na P3, atingindo 14% dos casos. Sobre as representações da P3 tivemos: a) uma cápsula mimetizando um personagem humanoide com o símbolo do magnésio  $\rightarrow$  segundo a autora, representava o “suplemento capaz de melhorar a saúde” de quem toma [coerente com o que se observa em propagandas sobre suplementos e componentes contendo magnésio]; b) A ilustração da personagem Yoda (filmes *Star Wars*) em um FC do iodo  $\rightarrow$  “era fã dos filmes [a aluna] e o nome era parecido, me fez ter mais curiosidade pelo elemento” [obviamente a representação não condizia com o elemento]; c) menções de barra de ouro, cifra e “armadura de ouro”

[associações comuns do valor agregado ao elemento ouro e seus objetos]; d) potássio com o símbolo rodeado de bananas, destacando a fonte nutricional [coerente com a composição incidente deste elemento em bananas]; e) elemento rádio com a representação de um modelo atômico associado a Rutherford-Bohr, ao lado do símbolo  $\rightarrow$  para a elaboradora era algo conectado ao quesito radioatividade, “pois esta vinha do núcleo dos átomos” [neste caso, a concepção trazia um núcleo destoante, pois na imaginação dela “ter uma atividade nuclear fazia pensar que o núcleo deveria ser maior que o normal”].

O caso do rádio indica a importância das representações visuais como forma aproximativa da dedução do alunado ao dispor deste recurso para expor os pensamentos. Talvez a concepção errônea permanecesse com a jovem se ela não expusesse tal representação, mas, ao fazê-la, possibilitou a mediação docente na reparação do processo de aprendizagem.

Considerando-se a necessidade de abstração por parte dos aprendizes para os mais diversos conteúdos químicos, principalmente ao tratar de situações microscópicas, fazem-se pertinentes as representações. Com isso, além de se levar as representações prontas, o professorado pode explorar desenhos dos próprios educandos, verificando a percepção estudantil que, segundo a literatura, apoiam a compreensão científica mais que as próprias representações levadas para eles (Tang *et al.*, 2014).

A estilização de características dos elementos, nos FC, a exploração das reações ou as falas estudantis, durante as socializações, resultara temas geradores para se abordar, nesses diálogos ou nas aulas seguintes, as relações dos elementos em grupos na tabela, como os comportamentos físicos e químicos entre substâncias semelhantes de uma mesma família, a citar o caso de  $Cl_2$ ,  $Br_2$  e  $I_2$ ; também as propriedades periódicas raio atômico e eletronegatividade ganharam destaque. Observações de características díspares entre metais e ametais ou comparações entre os mais diversos metais e suas propriedades específicas nos materiais, como densidade e ponto de fusão, ou mesmo as relações socioambientais e socioeconômicas, na exploração de minerais que resultam no isolamento de metais de usos mais conhecidos, como ferro, cobre, alumínio e ouro, foram trabalhadas.

### A percepção discente sobre os flash cards

De modo geral, os discentes julgaram a atividade estimulante para o entendimento da tabela periódica, ao contrário do que muitos deles ouviam antes sobre as dificuldades de colegas acerca deste conteúdo. Poucos apontaram ter visto a temática no ensino fundamental e, quando ouviam alguma menção, essa envolvia a cobrança para memorizarem certos elementos. Com os FC, sentiram-se mais confortáveis frente ao conteúdo tabela periódica.

Outro fato importante durante a sequência foi concernente à disponibilidade dos FC para a consulta, favorecendo a cooperação e o intercâmbio de conhecimentos, conforme teorizado por Vygotsky (2007), partindo-se, geralmente,

do sábio ao menos conhecedor. Quando algum educando apresentava dúvidas ele recebia auxílio do próprio elaborador do FC. Por isso esta foi uma ferramenta pedagógica peculiar para auxiliar no aprendizado: produzida pelo alunado, acessível para eles e carregando suas marcas estilísticas.

Percebeu-se, sob as múltiplas representações, a personificação em cada FC, quando da estilização de letras ou de incrementos artísticos, retratando a marca individual na “leitura” da função e uso do elemento. Isto tornou o FC uma extensão de pensamentos do aprendiz, estabelecendo inter-relação com a tabela periódica. A proposta também ofertou condições do professor analisar o viés do alunado sobre os elementos e suas características solicitadas.

O artigo de Tang *et al.* (2019) aponta que a representação visual gerada pelos alunos os ajuda no processo de raciocínio e facilita, por parte deles, a explicação para terceiros, bem como a demonstração do pensamento e da compreensão científicos.

A transposição individual → coletivo foi proveitosa, já que na dialogicidade das aulas foi notada uma constante participação estudantil nos debates, envolvendo comentários, de cada um, sobre o próprio FC elaborado ou mesmo o diálogo e comentários sobre outros FC. Notaram-se os distintos graus de entendimento e as percepções sobre a atividade, acerca dos elementos, sendo tais diferenças colocadas sob o olhar coletivo e conduzidas também pelos estudantes, como sujeitos colaborativos da mediação do conhecimento ali trabalhado.

Houve uma troca significativa de informações envolvendo o corpo estudantil, a citar situações históricas de isolamento dos elementos até os modos de obtenção da natureza e os processos industriais, conduzindo-se, a partir disso, revisões de conteúdos anteriores como transformações físicas de estado da matéria, misturas e separações e propriedades físicas específicas (exemplo: densidade, pontos de fusão e de ebulição).

Certos mitos foram debatidos, a exemplo do ouro ser nobre ao ponto de não reagir quimicamente: dialogamos que o ouro metálico é passível de sofrer transformações químicas. Foi tratada, entre outras situações relevantes, a importância do lítio na sociedade contemporânea, perpassando desde a sua aplicação na composição do carbonato de lítio, o primeiro fármaco antidepressivo, até a sua indispensável utilização em baterias, obtidas sob custas de degradação ambiental e de situações precarizadas de trabalho.

## Considerações finais

O trabalho apresentou uma ferramenta pedagógica para

o ensino de tabela periódica: o *flash card*; concebido por preceitos analógicos (cartões de papel) e digitais (internet), compatibilizando-se viabilidade material e o ambiente de vivência virtual dos jovens. Sua aplicação ampliou consideravelmente os elementos químicos tratados no currículo, estabelecendo apropriação dos saberes e interesses prévios estudantis para conduzir as aulas.

De 35 diferentes elementos escolhidos por todos os estudantes, 24 a 26 foram distintos por turma. O atendimento ao padrão solicitado quanto às características do elemento ( $W_1$ ), onde ele é encontrado ou utilizado ( $W_2$ ) e com “quem” ou como reage quimicamente ( $W_3$ ) foi amplamente contemplado. Teve-se, para  $W_1$ , 77% a 97% de FC adequados ao referido item. Para  $W_2$ , 93 a 100% dos FC apresentaram corretamente as informações e, para  $W_3$ , mais de 83% dos FC trouxeram o aspecto reatividade.

Contudo, poucos casos apresentaram equações químicas corretas (entre 13 e 49% dos casos), justificando pelo tema não ter sido trabalhado previamente. Todavia, a intenção docente era atrelar a tabela periódica ao conteúdo estipulado para o bimestre e demonstrar a importância dela para consultas frequentes dali por diante, já que a temática se aplicaria no futuro.

Diante da relação textual no campo semiótico, a estilização com cores, desenhos ou grafias possibilitou maior envolvimento discente com o assunto tabela periódica. De tal modo, 71–95% apresentaram FC estilizados. Entre as turmas P1, P2 e P3, envolvidas com este trabalho, a representação visual alusiva aos elementos químicos – na face dos FC – foi muito baixa, com maiores incidências para a P3 (≈14%).

Por fim, grande parte do alunado apontou que o uso dos FC foi estimulante e facilitou o entendimento da função que a tabela periódica exerce, agregando informações dos elementos químicos. Comentaram, de maneira geral, que o uso dos FC os instigou a buscar informações e a dialogar mais sobre os conteúdos tratados durante as aulas, trocando assim experiências com os elementos pesquisados. Afirmaram ainda que o fato de se envolverem na sequência didática com a preparação de materiais, interagindo entre eles e com o professor e, principalmente, por terem elaborado os *flash cards* sob as escolhas e o estilo deles – dentro das orientações previamente estabelecidas –, foi muito motivante para a aprendizagem do conteúdo.

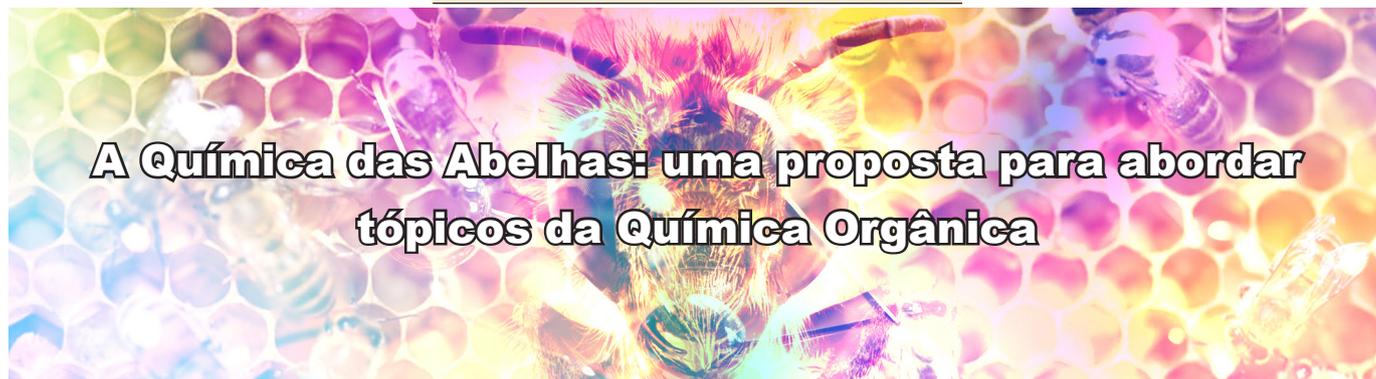
Certos mitos foram debatidos, a exemplo do ouro ser nobre ao ponto de não reagir quimicamente: dialogamos que o ouro metálico é passível de sofrer transformações químicas. Foi tratada, entre outras situações relevantes, a importância do lítio na sociedade contemporânea, perpassando desde a sua aplicação na composição do carbonato de lítio, o primeiro fármaco antidepressivo, até a sua indispensável utilização em baterias, obtidas sob custas de degradação ambiental e de situações precarizadas de trabalho.

## Referências

- CÉSAR, E. T.; REIS, R. C. e ALIANE, C. S. M. Tabela periódica interativa. *Química Nova na Escola*, v. 37, n. 3, p. 180-186, 2015.
- CUNHA, M. F. *A dimensão pedagógica da tabela periódica no ensino de conceitos químicos*. Dissertação de Mestrado Profissional em Química, Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, 2019.
- CUNHA, M. F. e CORRÊA, T. H. B. A tabela periódica em fascículos: uma proposta de objeto educacional. *Educação Química em Punto de Vista*, v. 4, n. 2, p. 75-87, 2020.
- DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. e PERNAMBUCO, M. M. *Ensino de ciências: fundamentos e métodos*. 4ª ed. São Paulo: Cortez, 2011.
- FIALHO, N. N.; VIANNA FILHO, R. P. e SCHMITT, M. R. O Uso de mapas conceituais no ensino da tabela periódica: um relato de experiência vivenciado no PIBID. *Química Nova na Escola*, v. 40, n. 4, p. 267-275, 2018.
- FREIRE, P. *Pedagogia do oprimido*. 71ª ed. São Paulo: Paz e Terra, 2019.
- FREITAS, M. T. A. A abordagem sócio-histórica como orientadora da pesquisa qualitativa. *Cadernos de Pesquisa*, v. 116, p. 21-39, 2002.
- HALLIDAY, M. A. K. *Language as social semiotic: the social interpretation of language and meaning*. London: Hodder Arnold, 1978.
- KRESS, G. e VAN LEEUWEN, T. *Reading images: the grammar of visual design*. 2ª ed. London: Routledge, 2006.
- LABURÚ, C. E.; ZOMPERO, A. F. e BARROS, M. A. Vygotsky e múltiplas representações: leituras convergentes para o ensino de ciências. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 30, n. 1, p. 7-24, 2013.
- LEITE, H. S. A. e PORTO, P. A. Análise da abordagem histórica para a tabela periódica em livros de química geral para o ensino superior usados no Brasil no século XX. *Química Nova*, v. 38, n. 4, p. 580-587, 2015.
- MARQUES, G. T. S. *Química: histórias da química*. Fortaleza: UECE, 2019.
- MARTINS, M. S. P. e CAVALCANTI, H. L. B. Supernova: um jogo didático que aborda a tabela periódica e os elementos químicos utilizando a astronomia. *Química Nova na Escola*, v. 45, n. 3, p. 187-194, 2023.
- MEHLECKE, C. M.; EICHLER, M. L.; SALGADO, T. D. M. e DEL PINO, J. C. A abordagem histórica acerca da produção e da recepção da tabela periódica em livros didáticos brasileiros para o ensino médio. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 11, n. 3, p. 521-545, 2012.
- MINISTÉRIO DAS COMUNICAÇÕES. Em 2022, Brasil registrou 9,5 mil escolas sem acesso à internet. Agência Nacional de Telecomunicações, 4 de janeiro de 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/anatel/pt-br/assuntos/noticias/em-2022-brasil-registrou-9-5-mil-escolas-sem-acesso-a-internet>, acesso em mai. de 2024.
- NAÇÕES UNIDAS. ONU celebra 150 anos da descoberta da tabela periódica dos elementos químicos. ONU News, 29 de janeiro de 2019. Disponível em: <https://news.un.org/pt/story/2019/01/1657372#:~:text=O%20ano%202019%20assinala%20o,%2C%20Ci%3%A%20e%20Cultura%20Unesco>, acesso em maio 2024.
- SÃO PAULO (Estado). *Currículo do estado de São Paulo: ciências da natureza e suas tecnologias*. São Paulo: Secretaria da Educação, 2011.
- SILVA, M. A.; NICOLETE, P. C.; TAROUÇO, L. M. R. e SANTOS, A. Informática na educação básica pública brasileira: análise sobre sua importância, tendências e desafios. *ETD - Educação Temática Digital*, v. 23, n. 3, p. 793-815, 2021.
- SOLER, M. A. S. e LUCIA, O. R. L. Experiência didática inovadora em classe de química sobre la tabla periódica. *Educação Química em Punto de Vista*, v. 4, n. 2, p. 62-74, 2020.
- TANG, K.-S.; DELGADO, C. e MOJE, E. B. An integrative framework for the analysis of multiple and multimodal representations for meaning-making in science education. *Science Education*, v. 98, n. 2, p. 305-326, 2014.
- TANG, K.-S.; WON, M. e TREAGUST, D. Analytical framework for student-generated drawings. *International Journal of Science Education*, v. 41, n. 16, p. 2296-2322, 2019.
- TOLENTINO, M.; ROCHA-FILHO, R. C. e CHAGAS, A. P. Alguns aspectos históricos da classificação periódica dos elementos químicos. *Química Nova*, v. 20, n. 1, p. 103-117, 1997.
- TRASSI, R. C. M.; CASTELLANI, A. M.; GONÇALVES, J. E. e TOLEDO, E. A. Tabela periódica interativa: “um estímulo à compreensão”. *Acta Scientiarum. Technology*, v. 23, n. 6, p. 1335-1339, 2001.
- VASCO, P. M. *Prova. Um momento privilegiado de estudo não um acerto de contas*. 8ª ed. Rio de Janeiro: Lamparina, 2008.
- VIANNA, N. S.; CICUTO, C. A. T. e PAZINATO, M. S. Tabela periódica: concepções de estudantes ao longo do ensino médio. *Química Nova na Escola*, v. 41, n. 4, p. 386-393, 2019.
- YIGOTSKY, L. S. *Pensamento e linguagem*. 4ª ed. São Paulo: Martins Fontes, 2008.
- YIGOTSKY, L. S. *A formação social da mente*. 7ª ed. São Paulo: Martins Fontes, 2007.
- XAVIER, L. L. V.; SILVA, P. H. C. e SILVA, J. C. F. A relevância da tabela periódica como instrumento pedagógico na compreensão dos conteúdos de química no ensino médio. In: ENCONTRO DO PROGRAMA INSTITUCIONAL DE BOLSA DE INCENTIVO À DOCÊNCIA (PIBID), Pirenópolis-Goiás. *Resumos (UEG)*, v. 1. p. 162-168, 2013.
- YOUTUBE. *Periodic videos*. 2005-2024. Disponível em: <https://www.youtube.com/user/periodicvideos>, acesso em mai. de 2024.

**Abstract:** *Flash cards of the periodic table.* The work deals with a pedagogical tool named flash card (FC), which combines the analogical and the digital in the conception of its manufacture, attaching materials of easy acquisition with researches from the internet. The tool, designed to encourage multiple representations in semiotic field, was intended to help conduct a didactic sequence on the periodic table, in order to support a greater understanding of the properties of chemical elements and their relationships. The sequence involved 101 students from the 1<sup>st</sup> year of secondary school at a public school, who produced the FC; along with this, there were lectures, dialogues and debates, using the knowledge produced collectively. With this, the sequence made it possible to work with many elements (24-26 per class, chosen by the students), with a specific profile for each class, generating visual representations that were analyzed. Finally, the FC provided an interesting way of learning the periodic table, according to the students.

**Keywords:** flash card, periodic table, didactic sequence



# A Química das Abelhas: uma proposta para abordar tópicos da Química Orgânica

**Maurício Rodrigues do Nascimento, Caroline Sabrina Batista Weber, Camila Ramos Ávila, Webyster Geremias, Mateus Aguiar Ferreira e Nathália Marcolin Simon**



O presente trabalho tem como objetivos apresentar a oficina temática *A Química das Abelhas*, e discutir as experiências vivenciadas na sua aplicação. As atividades ocorreram em três momentos pedagógicos: problematização da temática por meio de diálogo com a turma; organização expositiva dialogada do conhecimento com auxílio de materiais didáticos audiovisuais; e aplicação do conhecimento através da realização de experimentos em laboratório. As etapas desenvolvidas buscaram relacionar a natureza química da vida das abelhas à química orgânica abordada no ensino básico, com foco nos conteúdos funções orgânicas e carboidratos. Participaram da proposta estudantes do terceiro ano do ensino médio integrado ao profissionalizante de uma escola pública. A partir do envolvimento deles na oficina temática, observamos indícios da apropriação e do aprimoramento dos conhecimentos sobre aspectos químicos, biológicos e ambientais relacionados às abelhas e ao mel. A percepção dos alunos sobre a experiência vivenciada foi convergente com as observações dos professores pesquisadores. Os resultados são relevantes e podem estar associados a diversos fatores, entre eles a motivação intrínseca dos sujeitos para o aprendizado da química e do tema, bem como a proposta didática utilizada.

► abelha, mel, oficina temática, ensino de química ◀

Recebido em 25/05/2024; aceito em 22/10/2024

## Introdução

Recentemente, o programa da Organização das Nações Unidas para o meio ambiente manifestou preocupação acerca da produção de alimentos para os próximos 25 anos, uma vez que 10 bilhões de pessoas precisarão se alimentar (ONU, 2020). Para o programa, as soluções viáveis envolvem o reconhecimento do valor da natureza nesse cenário.

Na manutenção das produções agrícolas, o serviço dos polinizadores é fundamental: estima-se que cerca de 75% da alimentação humana dependa direta ou indiretamente de plantas polinizadas ou beneficiadas pela polinização animal. Entre os polinizadores mais úteis para a agricultura estão as abelhas (Fonseca *et al.*, 2012). Culturas agrícolas brasileiras de grande valor econômico como soja, café, algodão e laranja estão associadas com a polinização realizada pela

**As abelhas coletam o pólen e o néctar das flores para servirem como alimento na colmeia. Ao fazerem esse processo em diversas plantas diferentes, acabam levando pólen de uma para outra, facilitando a reprodução das espécies vegetais através da polinização.**

*Apis mellifera*, também conhecida como abelha africanizada, abelha do mel, abelha melífera ou abelha europeia. Para a produção de acerola, maracujá e castanha do Brasil, as abelhas do tipo *Bombus* (mamangava) são essenciais. Morangos, cupuaçu e pepinos são polinizados pela *Tetragonisca angustula* (Jataí) (A.B.E.L.H.A., 2020a).

As abelhas coletam o pólen e o néctar das flores para servirem como alimento na colmeia. Ao fazerem esse processo em diversas plantas diferentes, acabam levando pólen de uma para outra, facilitando a reprodução das espécies vegetais através da polinização. Isso amplia a variabilidade genética dessas plantas, tornando-as mais resistentes às pragas, aumentando a produtividade e a qualidade dos frutos, além de beneficiar as abelhas, em virtude da maior variedade de pólen e néctar à disposição (Favato e Andrian, 2008). Tal processo é organizado e hierarquizado, possibilitado pela ação de feromônios produzidos pelas operárias,



rainhas e zangões (Van Oystaeyen *et al.*, 2014; Pires, 2015).

Biesmeijer *et al.* (2006) formam o primeiro grupo de pesquisa a demonstrar a ligação existente entre o declínio do número de abelhas e a alteração na abundância relativa das plantas polinizadas por elas. O trabalho foi capa da revista *Science* e teve grande repercussão. Além disso, ganhou espaço na mídia mundial a notícia da diminuição da quantidade de colônias de *Apis mellifera* nos Estados Unidos, em um fenômeno que vem ocorrendo há cerca de 70 anos. Trata-se do *Colony Collapse Disorder* (EPA, 2024), e consiste no “desaparecimento repentino das abelhas adultas ou à redução, em poucos dias, do tamanho da colônia, mesmo na presença de crias, pólen e mel, sem que haja vestígios de morte das abelhas” (Morais *et al.*, 2012, p. 205). No Brasil, só em 2023 foram registrados 100 milhões de mortes de abelhas no estado do Mato Grosso em apenas um mês. Situação semelhante ocorreu nos estados Minas Gerais e Bahia no mesmo ano (Stariolo, 2023). O problema é atribuído às ações antrópicas como a fragmentação de *habitats*, o uso indiscriminado de pesticidas e as mudanças climáticas globais (Fonseca *et al.*, 2012).

O desaparecimento das abelhas também pode ser desastroso para o rendimento de produtos provenientes desses insetos, entre eles, o mel. Ele é sintetizado a partir do néctar, uma solução aquosa de açúcares, aminoácidos, proteínas, lipídeos e sais minerais (Ball, 2007). O mel contém, ainda, outros compostos em quantidades menores e que apresentam atividades biológicas importantes, tais como, anti-inflamatória e antioxidante (Silva *et al.*, 2021). Em 2022, o Brasil produziu quase 61 mil toneladas de mel, e o estado do Rio Grande do Sul foi o maior produtor (A.B.E.L.H.A., 2023d). Trata-se de um produto com importância comercial no ramo alimentício e, portanto, compõe o currículo de cursos de níveis técnico e superior da área (Lianda e Joyce, 2018; UFRGS, 2024).

No que se refere à educação básica, propostas didáticas envolvendo as abelhas vêm sendo pouco desenvolvidas ou publicadas. A base de dados *Education Resources Information Center* (ERIC) localizou somente 7 registros associando os termos *STEM Education* e *bee* nos últimos 10 anos. Entre eles, identificamos atividades que visavam abordar: o comportamento das abelhas através do contato dos sujeitos com colmeias reais e virtuais (Schönfelder e Bogner, 2017) e com a produção de modelos de abelhas movidas por circuitos elétricos (Moskalik, 2021); e os problemas ambientais diversos relacionados às abelhas, empregando para isso jogos de tabuleiro (Mildenhall *et al.*, 2019). Nas revistas da Sociedade Brasileira de Química, aspectos técnicos são o foco dos trabalhos publicados sobre abelhas e mel, e nenhuma produção nas seções de educação foi localizada. O tema também é escasso nos livros didáticos: entre 20 livros disponíveis *online* e disponibilizados pelo Programa Nacional do Livro e do Material Didático de 2020, apenas 7 abordam o conteúdo abelhas (Lohmann e Venturi, 2022).

Para além do contexto escolar, encontramos muitos materiais desenvolvidos para comunicar, popularizar e

orientar sobre abelhas, originados na pesquisa agropecuária (EMBRAPA, 2024). Em relação à pesquisa na área de química, destacamos trabalhos sobre caracterização físico-química de méis e outros produtos apícolas (Gomes *et al.*, 2022; Schiassi *et al.*, 2021; Melo *et al.*, 2023), bem como sobre feromônios responsáveis pela comunicação química entre esses insetos (Van Oystaeyen *et al.*, 2014; Pires, 2015).

Nosso grupo de pesquisa, composto por professores pesquisadores de química de níveis médio e superior, entusiastas da causa das abelhas, viu nesse cenário uma oportunidade para “polinizar” relações da natureza química da vida desses insetos com a química orgânica abordada em nível médio. Assim, o presente trabalho tem como objetivos apresentar a oficina temática *A Química das Abelhas* e discutir as experiências vivenciadas na sua aplicação.

### Contexto de elaboração e de aplicação da oficina temática

Uma oficina temática pode ser entendida como um espaço para abordar um assunto, alicerçando-se em contextualização do conhecimento e em experimentação (Pazinato e Braibante, 2014). No nosso grupo, o assunto surgiu de interesses pessoais de alguns dos autores pelas abelhas, em associação a pesquisas bibliográficas que indicaram a possibilidade de utilizar tal temática para contextualizar o ensino da química orgânica, e para realizar atividades experimentais. O primeiro autor do relato, então, desenvolveu e aplicou a oficina temática. Ele é professor na escola de aplicação, por isso será chamado ao longo do texto de professor pesquisador. Outros dois docentes de química da mesma instituição foram colaboradores na organização dos experimentos e também integram o grupo de autores do presente trabalho. O processo de elaboração, aplicação e avaliação da oficina temática deu origem à dissertação de mestrado do professor pesquisador.

Todas as atividades foram realizadas em um único dia, nos turnos manhã e tarde, em uma escola pública com ensino médio integrado ao profissionalizante, no município de Lages, SC - Brasil. O professor pesquisador apresentou a proposta da oficina temática à turma e os estudantes concordaram com a participação, assinando um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Participaram 14 alunos com idades entre 17 e 18 anos, matriculados na disciplina de Tecnologia Química do terceiro ano do curso Técnico em Química. Ao longo do trabalho, a identidade dos participantes foi preservada ao atribuímos a cada um deles um número aleatório de 1 a 14.

#### Etapas da oficina temática

A organização da oficina temática, denominada *A Química das Abelhas*, foi baseada nos momentos pedagógicos: problematização inicial, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento (Delizoicov e Angotti, 1990). Na etapa de problematização inicial, que teve duração de 1 hora, os alunos responderam individualmente a um questionário dissertativo que buscou identificar seus conhecimentos prévios a respeito de aspectos químicos, biológicos, sociais e

ambientais relacionados às abelhas e ao mel. Na sequência, a turma e o professor pesquisador discutiram em conjunto sobre as mesmas perguntas presentes no questionário.

A segunda parte da oficina temática teve abordagem expositiva dialogada e duração de 3 horas. O professor pesquisador usou recursos multimídia para apresentar à turma a natureza química da vida das abelhas, visando relacioná-la principalmente a tópicos da química orgânica. Para compor essa etapa, *slides* com conteúdo textual e simbólico foram associados a materiais audiovisuais como vídeos de divulgação científica e videoaulas. Vale mencionar que, dado o momento de aplicação, ocorrida no fim do período letivo, coube ao professor pesquisador desenvolver uma oficina temática para revisão dos conteúdos trabalhados ao longo do ano com o devido aprofundamento.

A segunda parte da oficina está descrita a seguir. A origem e a organização das comunidades das *Apis mellifera* foram apresentadas com base no trabalho de Wiese (2005) e no vídeo “Como é ‘feito’ o mel” (Manual do Mundo, 2018). Os feromônios relacionados aos arranjos sociais desses insetos também foram assunto da aula (Van Oystaeyen *et al.*, 2014; Pires, 2015). O momento foi oportuno para revisão de diversas funções orgânicas como ésteres, cetonas, álcoois, ácidos carboxílicos e hidrocarbonetos. O professor pesquisador optou ainda pela inserção de um material lúdico na oficina: um trecho do filme “*Bee Movie* – A história de uma abelha”, para ilustrar o processo de polinização (*Bee Movie*, 2007). A composição química dos produtos oriundos das abelhas, em especial do mel, também foi apresentada (Ball, 2007; National Honey Board, 2008). Tópicos relacionados à estrutura e propriedades dos carboidratos foram revisados com auxílio de videoaulas (Khan Academy Brasil, 2017a; 2017b). Outras espécies de abelhas foram incluídas como assunto da oficina, como, por exemplo, abelhas sociais que não possuem ferrão, frequentemente encontradas em ambientes urbanos (Santos *et al.*, 2021). Para finalizar a segunda etapa da oficina temática, a turma e o professor pesquisador discutiram sobre duas questões ambientais relacionadas a esses insetos: a *Colony Collapse Disorder* e a importância deles para a manutenção da vida na Terra (ONU, 2022).

Na terceira etapa da oficina, que teve duração de 4 horas e ocorreu no turno da tarde, foram realizadas atividades práticas no laboratório de química da escola. O objetivo foi caracterizar diferentes amostras de carboidratos, bem como amostras de méis, os quais são ricos em carboidratos. As amostras utilizadas foram: (a) mel de melato<sup>i</sup>, produzido a partir da bracinga, da marca São Braz; (b) mel polifloral<sup>ii</sup>, produzido a partir de flores silvestres, da marca São Braz; (c) mel monofloral, produzido a partir da flor maria-mole e adquirido de um produtor local; (d) amido da marca Maisena; (e) glucose de milho<sup>iii</sup> da marca Karo; e (f) frutose, (g) glicose e (h) sacarose, todos reagentes analíticos

**Na terceira etapa da oficina, que teve duração de 4 horas e ocorreu no turno da tarde, foram realizadas atividades práticas no laboratório de química da escola. O objetivo foi caracterizar diferentes amostras de carboidratos, bem como amostras de méis, os quais são ricos em carboidratos.**

da marca Sigma-Aldrich. Os procedimentos experimentais para os testes de solubilidade, Seliwanoff, Benedict e iodo foram extraídos de Francisco Jr. (2008), e o teste de corantes foi obtido em Nascimento *et al.* (2017).

#### Questionários e avaliações

Além do questionário inicial que compôs a primeira etapa da oficina temática, outros instrumentos foram utilizados para a produção de dados. Um questionário final foi respondido individualmente pelos estudantes após a finalização da terceira etapa. Ambos continham perguntas dissertativas que podem ser visualizadas no Quadro 1, na seção de discussão dos resultados. Na análise das respostas dissertativas, seguimos um processo indutivo e adaptável, desenvolvido ao longo dos procedimentos de agrupamento dos retornos dos alunos (Bogdan e Biklen, 1994).

O questionário final continha ainda três questões abordando conteúdos da química orgânica. As questões estão detalhadas na discussão dos resultados do presente trabalho e as estruturas moleculares referentes a elas podem ser visualizadas no Quadro 2. A numeração das perguntas apresentadas nos quadros e ao longo do texto visa à organização do relato e pode divergir dos questionários originais.

Por último, o professor pesquisador solicitou aos alunos uma avaliação individual da oficina e de suas próprias aprendizagens, bem como das suas motivações para o aprendizado. Ambas as avaliações foram objetivas, compostas por afirmações que serão apresentadas nas seções a seguir e foram analisadas através da utilização de respostas baseadas na escala *Likert* (1932). Foram atribuídos valores de 1 a 5 para as respostas coletadas: 1 para *discordo totalmente*, 2 para *discordo parcialmente*, 3 para *não concordo e nem discordo*, 4 para *concordo parcialmente* e 5 para *concordo totalmente*. A partir desses valores, o ranking médio (*RM*) de cada afirmação foi calculado empregando a equação  $RM = \frac{\sum_{i=1}^n (F_i x_i)}{N}$ , onde  $F_i$  é a frequência da resposta,  $x_i$  é o valor da resposta segundo a escala *Likert* e  $N$  é o número de alunos que responderam ao questionário.

Com relação à avaliação motivacional, utilizamos uma proposta adaptada de Severo e Kasseboehmer (2017). Dado o papel significativo da motivação no processo de aprendizagem, mensurá-la pode ser relevante para os professores pesquisadores. Entretanto, tal verificação é considerada uma tarefa complexa, devido às diferentes necessidades, objetivos, personalidade e facilidade de acesso ao conhecimento de cada estudante. A Teoria da Autodeterminação (TDA), desenvolvida por Ryan e Deci (2000), propõe utilizar como ferramenta avaliativa da motivação os valores obtidos no *RM* das respostas para afirmações construídas com base no referencial teórico. Através dessa proposta, foi possível traçar um perfil motivacional

para a turma que participou da aplicação da oficina temática *A Química das Abelhas*.

A partir da TDA, e considerando o contexto geral de aplicação da oficina temática, para o presente trabalho foram considerados três perfis motivacionais: a desmotivação, a motivação extrínseca e a motivação intrínseca. Segundo a TDA, o indivíduo desmotivado não tem nenhum interesse em agir e quando age é sem intenção; esse perfil pode derivar de um senso de desvalorização da atividade ou do resultado dela, ou ainda da percepção de incapacidade em executá-la. O indivíduo motivado extrinsecamente é aquele que age para obter uma recompensa, para evitar culpa ou punição, para melhorar a autoestima, ou quando a demanda tem significado pessoal, condizente com suas necessidades e valores. Por outro lado, o indivíduo intrinsecamente motivado não tem necessidade de estímulos externos para realizar tarefas e desafios, sente prazer em fazê-los e busca informações para realizá-los (Ryan e Deci, 2000).

No presente relato, para cada um dos três perfis motivacionais propostos no referencial teórico foram elaboradas quatro afirmativas, adaptadas do trabalho de Severo (2015). As afirmativas e suas relações com os perfis motivacionais podem ser visualizados no Quadro 3 da seção de resultados e discussão. A média motivacional de cada perfil ( $MM$ ) foi obtida dividindo o somatório dos  $RM$  de todas as afirmativas do perfil pelo número de questões ( $x$ ) que o caracterizaram ( $x=4$ ):  $MM = RM/x$ .

As anotações do professor pesquisador no caderno de campo complementaram a discussão dos resultados dos questionários e das avaliações.

### Discussão dos resultados da aplicação da oficina temática

#### Noções sobre a temática precedentes à oficina

As perguntas e o número de respostas positivas, positivas e descritivas e negativas fornecidas pelos estudantes no questionário inicial estão apresentadas no Quadro 1. O mesmo traz, ainda, resultados quantitativos relativos ao questionário final, que serão discutidos em seção posterior no texto.

Nas duas primeiras perguntas do questionário inicial, buscamos avaliar o conhecimento dos estudantes sobre as diferentes espécies de abelhas, suas características físicas e comportamentais. A maioria forneceu resposta positiva à pergunta 1 e caracterizou as abelhas que conhecia com coloração amarela e preta e presença de ferrão. Os alunos E3, E7 e E13 fizeram desenhos para mostrar as abelhas às quais se referiam, representando insetos com os mesmos atributos da descrição anterior (Figura 1). Além disso, usaram as expressões “abelha tradicional” (E3 e E4) e “abelha comum” (E13) ao descrevê-las. Assim, embora a maior parte dos alunos tenha afirmado conhecer diferentes espécies, e “abelha mirim” (E14), e “abelha sem ferrão” (E5) tenham sido mencionadas, as características apresentadas pelos estudantes se referiam somente à *Apis mellifera*. Segundo a Associação

Quadro 1: Perguntas e número de respostas positiva, positiva e descritiva e negativa dos questionários inicial e final.

Perguntas	Resposta positiva		Resposta positiva e descritiva		Resposta negativa	
	QI <sup>a</sup>	QF <sup>b</sup>	QI	QF	QI	QF
1. Você conhece alguma espécie de abelha? Caso não saiba o nome da espécie, indique através de um desenho ou descreva as principais características físicas e/ou comportamentais dela.	0	0 <sup>c</sup>	10	14 <sup>c</sup>	4	0 <sup>c</sup>
2. Você já ouviu falar sobre as abelhas sem ferrão? Se sim, saberia descrevê-las?	4	- <sup>d</sup>	2	-	8	-
3. É possível estabelecer relações entre as abelhas e a agricultura? Você poderia apontar algumas?	4	3	8	11	2	0
4. É possível estabelecer relações entre as abelhas e a Química Orgânica? Você poderia apontar algumas?	4	3	4	8	6	3
5. É possível estabelecer relações entre o mel e a Química Orgânica? Você poderia apontar algumas?	8	2	2	8	4	4 <sup>e</sup>
6. O mel está presente no seu dia a dia?	4	-	2	-	8	-
7. Além do consumo <i>in natura</i> , você saberia dar exemplos de aplicações do mel?	0	0	11	11	3	3 <sup>e</sup>
8. Você já viu reportagens na TV, em jornais, em revistas ou postagens nas redes sociais sobre abelhas ou mel? Se sim, poderia descrever o que viu e em qual mídia?	1	-	11	-	2	-

<sup>a</sup> Questionário inicial. <sup>b</sup> Questionário final. <sup>c</sup> No questionário final, a pergunta foi modificada para: Você saberia diferenciar as abelhas africanas das abelhas Jataí? Indique através de um desenho ou descreva as principais características físicas e/ou comportamentais delas. <sup>d</sup> O traço indica que a pergunta não foi repetida no questionário final. <sup>e</sup> Um aluno deixou de responder a pergunta, sendo computada como resposta negativa.

Brasileira de Estudos das Abelhas (A.B.E.L.H.A.), trata-se do tipo mais popular no Brasil, presente em todo território nacional. A espécie não é nativa do país: é uma raça híbrida de abelhas europeias, trazidas ao país no século XIX, e de abelhas africanas que acidentalmente se espalharam pelo território nos anos 1950, por um erro de manejo em um estudo científico. É conhecida pela alta produção melífera e pela agressividade (A.B.E.L.H.A., 2020b).

Na questão 2, o aluno E5 lembrou que as abelhas sem ferrão “fazem colmeias em pequenas frestas e vão de árvore, além de não terem ferrão, fazem pequenas estruturas para entrar e sair”. O aluno E6 escreveu “parecem mais com vespas, com o corpo mais alongado”, provavelmente referindo-se à *Tetragonisca angustula*, ou abelha Jataí, do tipo sem ferrão. O trabalho da Embrapa Meio-Norte confirma a assertividade das respostas dos estudantes e pode ser consultado para mais detalhes (Pereira *et al.*, 2017). Assim, observamos que as respostas para as perguntas 1 e 2 foram complementares e convergentes. Um perfil de respostas semelhantes foi encontrado por Anjos (2019) em investigação envolvendo crianças do ensino fundamental. Essa tendência à generalização pode ser consequência da ausência do tema no ensino básico. Há cerca de 20 mil espécies de abelhas no mundo, e mais de 1,6 mil já foram descritas no Brasil, um dos países com maior diversidade desses insetos (A.B.E.L.H.A., 2020c). As mais de 300 espécies de abelhas que não possuem ferrão estão distribuídas na América do Sul, América Central, Ásia, Ilhas do Pacífico, Austrália, Nova Guiné e África (Pereira *et al.*, 2017).

Na terceira pergunta do questionário inicial, abordamos a relação entre as abelhas e a agricultura. Entre os 14 estudantes, apenas dois disseram não conhecer tal vínculo. “Polinização” foi a palavra mais utilizada para descrever o conhecimento que tinham sobre o assunto: “As abelhas ajudam na polinização e na produção de mel, tendo relação direta com a agricultura” (E2); “Sim, como a polinização por exemplo” (E3); “As abelhas são de vital importância para a agricultura, sendo parte do ciclo de germinação das plantas pelo deslocamento do pólen entre si, facilitando a reprodução” (E5). De fato, entre os insetos ligados à

polinização, as abelhas têm papel principal na maioria das culturas agrícolas e plantas silvestres (Fonseca *et al.*, 2012).

Com as perguntas 4 e 5, procuramos saber se os estudantes reconheciam conteúdos da química orgânica na temática da oficina. A maioria conseguiu estabelecer algum tipo de relação, como nos exemplos “Sim, a produção de mel feita pela abelha é um processo químico” (E11); “Sim, a composição do mel, a química do pólen, etc.” (E6). Além disso, alguns discentes utilizaram linguagem química para compor suas respostas: “O mel possui os carboidratos que têm cadeias orgânicas” (E2); “Através da sintetização de açúcares pelo pólen?” (E4). A relação entre a química orgânica e o mel apareceu como resposta em ambas as perguntas. Ao mesmo tempo, nada foi mencionado sobre feromônios e pesticidas, por exemplo.

Nas perguntas 6 e 7 do questionário inicial, pretendíamos uma reflexão sobre a relação do tema da oficina com o cotidiano dos estudantes. Embora mais da metade deles tenha respondido que o mel não está presente no seu dia a dia, 11 foram capazes de apontar exemplos da aplicação desse produto, entre eles alimentos, cosméticos e medicamentos. Destacamos as respostas que associaram o mel com bebidas

alcoólicas e ceras, tendo em vista que essas são aplicações menos comuns. O contato da turma com as ceras ocorreu no ano anterior à aplicação da oficina temática, através de aula expositiva e experimental sobre o tema. A menção às bebidas alcoólicas se deve a experiências fora da escola: três integrantes da turma estavam desenvolvendo seus estágios de

conclusão do curso em empresas fabricantes de tais bebidas, no mesmo semestre de aplicação da oficina.

Por fim, dado o volume de materiais encontrados por nós ao longo da investigação, nos mais diversos meios de comunicação, procuramos verificar se os estudantes também tiveram contato anterior à oficina com tais meios de divulgação científica sobre abelhas. A maioria das respostas se concentrou em matérias que abordavam o problema do declínio populacional desses insetos e o consequente impacto ambiental: “Sim, nos jornais, sobre a preocupação com a extinção da abelha” (E4); “Na TV, sobre a morte das abelhas e como isso gera impacto ambiental” (E8);

Há cerca de 20 mil espécies de abelhas no mundo, e mais de 1,6 mil já foram descritas no Brasil, um dos países com maior diversidade desses insetos. As mais de 300 espécies de abelhas que não possuem ferrão estão distribuídas na América do Sul, América Central, Ásia, Ilhas do Pacífico, Austrália, Nova Guiné e África.

1. não. conheço somente a “tradicional”, amarela com listras pretas, avinhava e ferrão. 

1. A abelha comum, operária. 

1) R: Não. 

Figura 1: Abelhas desenhadas por alguns alunos para compor a resposta da pergunta 1 do questionário inicial.

“Sim, na TV. Vi sobre uma possível extinção das abelhas e os malefícios que viriam caso ocorresse” (E12); “Sim, já vi que se as abelhas fossem extintas teria mais impacto do que se os seres humanos fossem extintos” (E13). A menção aos meios de comunicação tradicionais, tais como jornais e televisão, indica a preocupação dos veículos de massas em informar sobre os riscos relacionados com a diminuição populacional desses insetos.

#### Atividades experimentais

Cada grupo de estudantes realizou um conjunto diferente de testes: o grupo 1 fez os testes de solubilidade e de Seliwanoff com as amostras (a)-(h); o grupo 2 realizou os testes de corantes e de iodo com as amostras (a)-(c) e (e); e o grupo 3 fez o teste de Benedict com as amostras (a)-(h). O professor pesquisador elaborou e disponibilizou um roteiro experimental para cada teste contendo objetivo, materiais, procedimentos, tabela para inclusão de resultados e referências. Os estudantes compartilharam os resultados com o restante da turma e com o professor pesquisador, que promoveu discussões visando conectar as duas etapas anteriores da oficina temática à etapa experimental.

Os experimentos escolhidos para essa etapa da oficina temática estão associados aos assuntos abordados nos momentos pedagógicos anteriores. Nesse sentido, os testes de Seliwanoff, de iodo e de corantes são procedimentos utilizados para identificar adulterações em méis (Souza e Santos, 2007; Vicinieski *et al.*, 2018; Nascimento *et al.*, 2017). Além disso, a maior parte dos experimentos (com exceção do teste de corantes) visa caracterização de carboidratos em geral (Francisco Jr., 2008). Em adição, o conjunto de atividades experimentais realizadas objetivaram a preparação dos participantes da oficina, cursantes do ensino técnico em química, para o mercado de trabalho em geral, e em especial para atuação na indústria alimentícia.

A solubilidade das amostras nos meios testados é dependente do tipo de carboidrato que as compõem. Os carboidratos de cadeia mais longa, como os polissacarídeos, apresentam baixa solubilidade em água, mas são solubilizados em meio ácido, o que ocorre através da quebra da ligação glicosídica, e consequente formação de monossacarídeos (Nelson e Cox, 2018). O mel possui monossacarídeos, dissacarídeos e polissacarídeos em proporções variáveis; logo, as amostras de mel apresentaram solubilidade parcial em água e água quente, e total em ácido sulfúrico 5% a quente. Os mesmos resultados foram observados para a glucose de milho. O amido foi insolúvel em água e água quente, mas solúvel em solução de ácido sulfúrico 5% a quente, conforme esperado. Os monossacarídeos frutose e glicose, e o dissacarídeo sacarose, foram solúveis nos três solventes.

O teste de Seliwanoff visou diferenciar, através da coloração, aldoses de cetoses contidas nos monossacarídeos. O produto da reação de cetoses com o reagente de Seliwanoff se forma rapidamente e tem cor vermelha, enquanto a formação do produto com aldoses é lenta e de cor rosa (Nelson e Cox,

2018). A cor vermelha obtida nos experimentos realizados para as amostras de méis é devido à presença da frutose em suas composições. Pelo mesmo motivo, a amostra de frutose resultou vermelha. A sacarose pode ser hidrolisada em meio ácido liberando frutose e glicose; por isso, o vermelho também foi observado. A literatura previa coloração levemente rosada para as soluções de amido, glucose de milho e glicose, entretanto esse resultado foi obtido apenas para a solução de glucose de milho. As demais permaneceram incolores, indicando que a reação pode ser ainda mais lenta do que o relatado pela literatura.

O teste de iodo foi realizado para identificação de polissacarídeos nas amostras de méis e de glucose de milho. Resultados positivos foram obtidos em todos os casos. Porém, a coloração azul intensa relatada pela literatura (Francisco Jr., 2008) não foi observada, possivelmente devido à interferência da coloração própria das amostras.

No teste de corantes, as amostras adulteradas pela adição desse componente mudam de coloração após a realização do protocolo experimental, o que não foi observado pelos estudantes. Portanto, as amostras analisadas estavam dentro dos parâmetros previstos (Nascimento *et al.*, 2017).

O teste de Benedict para açúcares redutores explora a capacidade redutora da carbonila em meio alcalino. Esse grupo funcional, presente nas extremidades das cadeias dos monossacarídeos, reduz os íons cobre  $Cu^{2+}$ , que constituem o reagente de Benedict, para íons  $Cu^+$  (Nelson e Cox, 2018). A presença de açúcares redutores é detectada pela mudança de coloração do meio reacional, do azul para o laranja-avermelhado. Na aula experimental, as amostras de méis, de glucose de milho, glicose e de frutose atingiram a coloração laranja esperada.

#### Noções sobre a temática e sobre a química orgânica subsequentes à oficina

Após a realização da terceira etapa da oficina, os alunos receberam o questionário final. A comparação quantitativa das respostas obtidas nos questionários inicial e final pode ser visualizada no Quadro 1. Detalhes qualitativos serão apresentados a seguir.

Todos os sujeitos responderam a pergunta: “Você saberia diferenciar as abelhas africanas das abelhas Jataí? Indique através de um desenho ou descreva as principais características físicas e/ou comportamentais delas”, apontando diferentes características das espécies e retomando aspectos apresentados pelo professor pesquisador na etapa expositiva dialogada da oficina. Tais detalhes não foram dados pelos mesmos alunos ao responderem as perguntas 1 e 2 do questionário inicial, indicando a relevância das atividades desenvolvidas.

Na questão “É possível estabelecer relações entre as abelhas e a agricultura?”, todos os alunos concordaram com a associação. Além disso, 11 participantes acrescentaram mais detalhes à resposta, um aumento em comparação às noções prévias à oficina temática. Para E7 “...as abelhas são muito importantes para a polinização, assim ajudando na reprodução de alimentos” e E9 “...como exemplo a polinização,

acontece uma melhor desenvoltura do fruto.”

Quando as relações entre a química orgânica com as abelhas e o mel foram questionadas novamente aos discentes, notamos que três alunos permaneceram sem compreender a temática principal da oficina. Entre os demais, oito descreveram alguns pontos sobre tais conexões. Os participantes mencionaram que: “...as abelhas têm uma substância chamada feromônio que é uma substância química” (E4); “...os feromônios para guiar e de alarme são compostos orgânicos” (E8); “...os feromônios que são responsáveis pela localização e ‘comando’ para as abelhas, além da quebra das cadeias de sacarose do pólen utilizado para produção do mel” (E11). Ou seja, os alunos passaram a ligar a química orgânica aos feromônios das abelhas, um importante avanço em comparação às respostas obtidas no momento prévio à oficina (Quadro 1). Além disso, foram capazes de dar respostas descritivas para relacionar o mel à química orgânica, retomando dados das atividades expositiva dialogada e experimental. Por exemplo, o estudante E11 mencionou uma importante etapa química para a formação do mel (Figura 2): “Mel tem a sua formação a partir da quebra da sacarose e formando glicose e frutose”. Outras respostas dos alunos foram: “...o mel possui propriedades químicas chamadas de carboidratos que constitui o mel, com a sacarose um dissacarídeo e de glicose, frutose e outras vitaminas (E2); “... pois no mel há funções orgânicas e açúcares” (E4). Assim, apesar de algumas inconsistências nas descrições, a melhoria nas respostas é evidente.

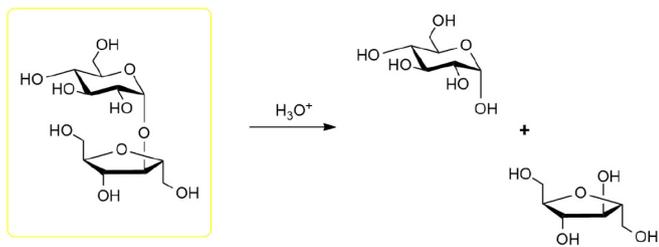


Figura 2. Hidrólise ácida da sacarose e quebra da ligação glicosídica.

Na última pergunta dissertativa do questionário final: “Além do consumo *in natura*, você saberia dar exemplos de aplicações do mel?”, os estudantes mantiveram seus conhecimentos prévios à oficina temática sobre produtos oriundos das abelhas. De fato, as etapas anteriores da oficina não conferiram grande ênfase em tais produtos, provável motivo da manutenção das ideias iniciais.

No que se refere ao conhecimento sobre as funções orgânicas, a turma não teve bom desempenho. Quando perguntados sobre as funções orgânicas de alguns compostos presentes no própolis, no mel e nos feromônios característicos de abelhas e formigas (Quadro 2), somente cinco estudantes responderam integralmente corretas as questões 9a e 9b, e um aluno a questão 9c. Dado que a etapa expositiva dialogada da oficina temática abordou tal conteúdo em diversos momentos, e que os participantes se encontravam no fim do terceiro ano do ensino médio, a expectativa dos autores era por mais acertos. Ao mesmo tempo, o relato de Pazinato e Braibante (2014) sobre os momentos finais de uma oficina com temática alimentos confirma as dificuldades dos alunos na identificação das funções orgânicas, mesmo após revisão do referido conteúdo, em especial para moléculas polifuncionais.

#### Percepções sobre a oficina temática e sobre a motivação para a aprendizagem

Em relação às percepções sobre a oficina temática, as afirmações respondidas pelos estudantes foram: “O trabalho contribuiu para o desenvolvimento dos meus conhecimentos a respeito: (a) das abelhas, (b) do mel e (c) da química orgânica”. Todos concordaram totalmente que a oficina temática contribuiu para o desenvolvimento dos conhecimentos a respeito das abelhas e do mel ( $RM = 5,0$  para ambas as afirmações). Por outro lado, a metade dos participantes indicou que o aprendizado foi menos efetivo para o conteúdo de química orgânica. Nesse caso, o  $RM$  de 4,5 foi obtido com sete concordâncias parciais e sete concordâncias totais. Esse último resultado corrobora aqueles obtidos nas perguntas 9a-c envolvendo as funções orgânicas. A opção pela concordância parcial pode ter sido feita por estudantes que tiveram dificuldades para resolvê-las. Mesmo assim, ao selecionarem a concordância, os participantes indicaram que pode ter havido uma melhora nos seus conhecimentos sobre outros conteúdos da química orgânica abordados na oficina como, por exemplo, os carboidratos.

No que se refere às percepções sobre a motivação para o aprendizado, os estudantes responderam afirmações elaboradas com base no trabalho de Severo (2015). O Quadro 3 apresenta os três perfis motivacionais considerados no nosso estudo, as 12 afirmações e as médias motivacionais ( $MM$ ) resultantes em cada perfil. A maior média geral de pontuação foi obtida para a motivação intrínseca, sugerindo que os sujeitos buscaram compreender a natureza química da

Quadro 2: Estruturas químicas presentes nas questões 9a-c do questionário final.

Questão 9a	Questão 9b	Questão 9c

Quadro 3: Perfis motivacionais da TDA, afirmações apresentadas aos alunos e resultados obtidos.

Perfil	Afirmações	Média
Desmotivação	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Não sei por que realizamos a oficina temática e não ligo para isso.</li> <li>• Gostaria que não existissem aulas de química.</li> <li>• Não tenho interesse em entender sobre a relação entre a química e as abelhas.</li> <li>• Não gosto da química do jeito que ela é apresentada na escola.</li> </ul>	1,5
Motivação Extrínseca	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estudo química porque o diploma de ensino médio pode me ajudar a conseguir um emprego que pague um salário bom.</li> <li>• Fiz as atividades propostas na oficina temática porque me sinto culpado(a) se não entrego uma atividade de química.</li> <li>• Participei da oficina temática, pois pode ser importante para minha aprovação na escola.</li> <li>• Vim para essa aula somente porque sabia que haveria uma atividade diferente.</li> </ul>	2,9
Motivação Intrínseca	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estou satisfeito(a) porque me senti completamente envolvido(a) com o conteúdo apresentado na oficina temática.</li> <li>• Fico contente quando entendo onde a química está no meu dia a dia.</li> <li>• Sinto satisfação em estudar coisas que nunca tinha visto antes, como é o caso do que foi apresentado na oficina temática.</li> <li>• Experimento momentos de satisfação quando falo sobre química com meus amigos e familiares.</li> </ul>	4,6

vida das abelhas por interesses próprios, sem necessidade de estímulos. Outras investigações baseadas na TDA apontaram a motivação extrínseca como principal perfil no ensino médio regular (Dias, 2021; Severo e Kasseboehmer, 2017; Faitanini, 2018; Callegari, 2021). Os resultados distintos podem estar associados a características dos sujeitos participantes e dos contextos escolares, configurando um tema potencial para investigações futuras.

### Considerações finais

Neste trabalho, relatamos o desenvolvimento da oficina temática *A Química das Abelhas*, que visou relacionar a natureza química da vida desses insetos à química orgânica abordada em nível médio. Através de dados coletados, entendemos que a maioria dos alunos aprimorou suas noções a respeito das abelhas, do mel e da ligação desses com a química orgânica a partir da participação na oficina temática. A percepção dos estudantes foi a mesma. Tais resultados são positivos e podem estar associados a diversos fatores, entre eles apontamos a motivação intrínseca dos sujeitos para o aprendizado da química e do tema, bem como a proposta didática utilizada. Em especial sobre o último ponto, entendemos que características próprias das oficinas temáticas, como a contextualização, as atividades práticas e a interdisciplinaridade, levam à significação do conteúdo escolar e ao favorecimento do aprendizado.

Através de dados coletados, entendemos que a maioria dos alunos aprimorou suas noções a respeito das abelhas, do mel e da ligação desses com a química orgânica a partir da participação na oficina temática.

Assim, propomos a difusão da oficina temática *A Química das Abelhas* entre professores da educação básica como uma alternativa ao ensino tradicional de ciências da natureza. Adaptações à nossa proposta podem levar a outras possibilidades. A carga horária pode ser distribuída de modo diferente, com maior espaço de tempo para cada etapa e entre as etapas. Isso permitiria a adição de outros tipos de atividades. Sugerimos práticas pedagógicas que incentivem a participação ativa dos alunos, como rotação por estações, aprendizagem colaborativa, aprendizagem cooperativa e resolução de problemas. É possível abrir espaço para aprofundar os conteúdos funções orgânicas e carboidratos, já apresentados na nossa oficina; para abordar outros pontos da química orgânica, como representações diversas de fórmulas estruturais, fórmulas moleculares, nomenclatura e reações orgânicas; e para abordar outros conteúdos da química, como polaridade, interações intermoleculares e pH. Por fim, sugerimos também parcerias com colegas da biologia para aprofundamento de outros aspectos.

### Notas

<sup>i</sup> O mel de melato é obtido a partir de secreções de partes vivas das plantas ou de excreções de insetos sugadores de partes vivas das plantas (Campos e Modesta, 2000).

<sup>ii</sup> O néctar é a matéria-prima para a produção de méis florais, que podem ser polifloral ou monofloral. No primeiro

caso, mais de uma espécie de planta contribui com o néctar, enquanto a produção do mel monofloral se baseia na coleta do néctar de uma única espécie vegetal (Moreira e De Maria, 2001).

<sup>iii</sup> A glicose de milho é um produto mais acessível que surgiu no mercado como alternativa à utilização do mel, apresentando as mesmas características sensoriais que o alimento de origem animal (Garrido *et al.*, 2019; Levy *et al.*, 2012).

---

**Maurício Rodrigues do Nascimento** (maufisio2011@gmail.com) é licenciado em Química pela Universidade Metropolitana de Santos e mestre em Química pelo Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Atualmente é professor do Centro de Educação Profissional Renato Ramos da Silva, Lages-SC. **Caroline Sabrina Batista**

**Weber** (carolinesbatistaweber@gmail.com) é bacharel e mestre em Química pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul e doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Química da mesma universidade. Porto Alegre-RS. **Camila Ramos Ávila** (camila.amos.avila@gmail.com) é bacharel em Engenharia Química pela Universidade Federal de Santa Catarina. Atualmente é professora do Centro de Educação Profissional Renato Ramos da Silva, Lages-SC. **Webyster Geremias** (química.webyster@gmail.com) é licenciado em Química pela Universidade do Planalto Catarinense e mestrando no Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Atualmente é professor do Centro de Educação Profissional Renato Ramos da Silva, Lages-SC. **Mateus Aguiar Ferreira** (mateusaf200929@gmail.com) é licenciado em Química pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre-RS. **Nathália Marcolin Simon** (nathalia.marcolin@ufrgs.br) é licenciada, bacharel, mestre e doutora em Química pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Atualmente é professora do Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional e do Programa de Pós-Graduação em Química da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre-RS.

## Referências

ANJOS, L. F. R. *O desaparecimento das abelhas: uma temática para o ensino de ciências*. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências). Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDO DAS ABELHAS (A.B.E.L.H.A.). (a) Produção agrícola. Disponível em: <https://abelha.org.br/polinizacao-producao-agricola/>. (b) Abelhas sociais com ferrão. Disponível em: <https://abelha.org.br/com-ferrao/>. (c) Origem e diversidade. Disponível em: <https://abelha.org.br/origem-e-diversidade/>. (d) Atlas da apicultura no Brasil. Disponível em: <https://abelha.org.br/atlas-da-apicultura-no-brasil/>. Acessos em mar. 2024.

BALL, D. W. The chemical composition of honey. *Journal of Chemical Education*, v. 84, n. 10, p. 1643-1646, 2007.

BEE MOVIE - Polinização. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=PLnG-SqP6G4>, acesso em fev. 2022.

BIESMEIJER, J. C.; ROBERTS, S. P. M.; REEMER, M.; OHLEMÜLLER, R.; EDWARDS, M.; PEETERS, T.; SCHAFFERS, A. P.; POTTS, S. G.; KLEUKERS, R.; THOMAS, C. D.; SETTELE, J. e KUNIN W. E. Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in Britain and the Netherlands. *Science*, v. 313, p. 351-354, 2006.

BOGDAN, R. e BIKLEN, S. *Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos*. Porto: Porto Editora, 1994.

CALLEGARI, M. A. *Kahoot! nas Aulas de Química: um estudo sobre a influência motivadora do jogo na perspectiva da Teoria da Autodeterminação*. Dissertação (Mestrado Profissional). Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional. Universidade Estadual Paulista (UNESP), Araraquara, SP, 2021.

CAMPOS, G. e MODESTA, R. C. D. Diferenças sensoriais entre mel floral e mel de melato. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*, v. 59, n. 1-2, p. 7-14, 2000.

DELIZOICOV, D. e ANGOTTI, J. A. A. *Metodologia do ensino de ciências*. São Paulo: Cortez, 1990.

DIAS, D. V. *Ensino, aprendizagem e motivação em diferentes contextos educacionais na abordagem do conteúdo soluções*. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química). Instituto de Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2021.

EMBRAPA Meio-Norte. *Abelhas e sua importância para a agricultura e manutenção da vida*. Disponível em: <https://www.embrapa.br/meio-norte/abelhas>, acesso em set. 2024.

U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). *Colony Collapse Disorder*. Disponível em: <https://www.epa.gov/pollinator-protection/colony-collapse-disorder>, acesso em abr. 2024.

FAITANINI, B. D. *A motivação de alunos na preparação e demonstração de experimentos para a divulgação de Química: um olhar a partir da teoria da autodeterminação*. Dissertação (Mestrado em Educação). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, 2018.

FAVATO, A. A. L. e ANDRIAN, I. F. *Polinização*. Disponível em: [http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes\\_pde/2008\\_uem\\_bio\\_md\\_adriana\\_alves\\_lolis\\_favato.pdf](http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes_pde/2008_uem_bio_md_adriana_alves_lolis_favato.pdf), acesso em nov. 2022.

FONSECA, V. L. I.; CANHOS, D. A. L.; ALVES, D. A e SARAIVA, A. M. (Orgs.) *Polinizadores no Brasil: contribuição e perspectivas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais*. São Paulo: Edusp, 2012.

FRANCISCO JUNIOR, W. E. Carboidratos: estrutura, propriedades e funções. *Química Nova na Escola*, v. 29, n. 3, p. 8-13, 2008.

GARRIDO, T. O.; SILVA, K. R. R.; SILVA, M. G.; SANTOS, A. S.; COSMO, W. M. V. e SOUSA, V. F. Sensorial do mel *Apis mellifera* e xarope de glicose de milho comercializados em Sousa, Paraíba. *Caderno Verde*, v. 9, n. 1, p. 1, 2019.

GOMES, V. V.; BANDEIRA, A. M. P.; CORDOVIL, K. P. S.; BANDEIRA FILHO, J. R.; BRAGHINI, F.; BILUCA, F. C.; GONZAGA, L. V.; FETT, R.; COSTA, K. S.; AZEVEDO, M. M. R. e TAUBE, P. S. Physicochemical characterization and antioxidant activity of honey samples of *Apis mellifera* and different species of Meliponinae subfamily from the Brazilian eastern Amazon region. *Food Science and Technology*, v. 42, n. e114921, p. 1-10, 2022.

KHANACADEMY BRASIL. (a) Estrutura molecular da frutose. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=9haxtiyaG6g>. (b) Estrutura molecular da glicose. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=x6pmOtxOqTo>. Acessos em fev. 2022.

LEVY, R. B.; CLARO, R. M.; BANDONI, D. H.; MONDINI, L. e MONTEIRO, C. A. Disponibilidade de “açúcares de adição” no Brasil: distribuição, fontes alimentares e tendência temporal.

*Revista Brasileira de Epidemiologia*, v. 15, n. 1, p. 3-12, 2012.

LIANDA, R. L. P. e JOYCE, B. Aplicação da metodologia aprendizagem baseada em projetos (ABP) na disciplina Química Orgânica por meio do estudo dos méis. *Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação*, v. 13, p. 407-420, 2018.

LIKERT, R. A. *Technique for the measurement of attitudes*. New York: Archives of Psychology, 1932.

LOHMANN, L. A. D. e VENTURI, T. Abelhas na educação em ciências: o que trazem os livros didáticos de ciências dos anos finais do ensino fundamental. *Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Tecnologia*, v. 15, p. 1-20, 2022.

MANUAL DO MUNDO. *Como é “feito” o mel*. Disponível em: [https://www.youtube.com/watch?v=T8\\_5B6V6D-Y](https://www.youtube.com/watch?v=T8_5B6V6D-Y), acesso em mar. 2022.

MELO, B. K. C.; SILVA, J. A.; GOMES, R. D. S.; CUSTÓDIO, P. P.; LIRA, G. A.; RAMALHO, A. M. Z.; GONÇALVES, M. C.; FONSECA, S. B.; RANGEL, A. H. N. e BEZERRA, M. F. Physicochemical composition and functional properties of bee pollen produced in different locations. *Brazilian Journal of Food Technology*, v. 26, n. e2022006, p. 1-10, 2023.

MILDENHALL, P.; SHERRIFF, B. e COWIE, B. The honey bees game: engaging and inspiring the community with STEM. *Research in Science & Technological Education*, v. 39, p. 225-244, 2019.

MORAIS, M. M.; JONG, D.; MESSAGE, D. e GONÇALVES, L. S. Perspectivas e desafios para o uso das abelhas *Apis mellifera* como polinizadores no Brasil. In: FONSECA, V. L. I. et al. (Org.) *Polinizadores no Brasil: contribuição e perspectivas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais*. São Paulo: Edusp, 2012.

MOREIRA, R. F. A. e DE MARIA, C. A. B. Glicídios no mel. *Química Nova*, v. 24, n. 4, p. 516-525, 2001.

MOSKALIK, C. What's the Buzz? *Science and Children*, v. 58, n. 5, p. 68-73, 2021. Disponível em: [https://digitalcommons.imsa.edu/pfs\\_pr/33/](https://digitalcommons.imsa.edu/pfs_pr/33/), acesso em out. 2022.

NASCIMENTO, A. B.; LIBERATO, M. C. T. C.; BARBOSA, K. L.; SALES, K. L. S.; SOUSA, E. C.; TARGINO, K. O. e FARIAS, R. A. Análises físico-químicas de méis das floradas angico e silvestre dos estados de Minas Gerais e Rio Grande do Sul. 57º Congresso Brasileiro de Química. *Anais...* Disponível em <https://www.abq.org.br/cbq/2017/trabalhos/11/11726-24506.html>, acesso em set. 2024.

NATIONAL HONEY BOARD. *Honey benefits*. Disponível em: <https://honey.com/about-honey/honey-benefits>, acesso em jan. 2022.

NELSON, D. L. e COX, M. M. *Princípios de Bioquímica de Lehninger*. Porto Alegre: Artmed, 2018.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU) - Programa para o Meio Ambiente. *Como alimentar 10 bilhões de pessoas até 2050*, 13 de julho de 2020. Disponível em: <https://www.unep.org/pt-br/noticias-e-reportagens/reportagem/como-alimentar-10-bilhoes-de-pessoas-ate-2050>, acesso em abr. 2024.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU) - Programa para o Meio Ambiente. *Por que as abelhas são essenciais para as pessoas e o planeta*, 18 de maio de 2022. Disponível em: <https://www.unep.org/pt-br/noticias-e-reportagens/reportagem/por-que-abelhas-sao-essenciais-para-pessoas-e-o-planeta>, acesso em fev. 2024.

PAZINATO, M. S. e BRAIBANTE, M. E. F. Oficina Temática composição química dos alimentos: uma possibilidade para

o ensino de química. *Química Nova na Escola*, v. 36, n. 4, p. 289-296, 2014.

PEREIRA, F. M.; SOUZA, B. A. e RÊGO, M. T. L. *Criação de abelhas-sem-ferrão*. Disponível em: <https://www.embrapa.br/enbusca-de-publicacoes/-/publicacao/1079116/criacao-de-abelhas-sem-ferrao>, acesso em fev. 2022.

PIRES, P. D. S. *Comunicação química mediada por voláteis envolvidos na atratividade e repelência de abelhas africanizadas, Apis mellifera L. (Hymenoptera: Apidae)*. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2015.

RYAN, R. M. e DECI, E. L. Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. *American Psychologist*, v. 55, n. 1, p. 68-78, 2000.

SANTOS, S. J. L.; BARBOSA, B. C. e PREZOTO, F. A fauna de abelhas sem ferrão em áreas urbanas: 50 anos de estudos e prioridades de pesquisa no Brasil. *Scientia Plena*, v. 16, n. 12, 128001, 2021.

SCHIASSI, M. C. E. V.; SOUZA, V. R.; LAGO, A. M. T.; CARVALHO, G. R.; CURTI, P. N.; GUIMARÃES, A. S. e QUEIROZ, F. Quality of honeys from different botanical origins. *Journal of Food Science and Technology*, v. 58, n. 11, p. 4167-4177, 2021.

SCHÖNFELDER, M. L. e BOGNER, F. X. Two ways of acquiring environmental knowledge: by encountering living animals at a beehive and by observing bees via digital tools. *International Journal of Science Education*, v. 39, n. 6, p. 723-741, 2017.

SEVERO, I. R. M. Levantamento do perfil motivacional de alunos, do ensino médio, de três escolas públicas da cidade de São Carlos/SP, na disciplina de Química. Dissertação (Mestrado em Ciências), Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 2015.

SEVERO, I. R. M. e KASSEBOEHMER, A. N. Motivação dos alunos: reflexões sobre o perfil motivacional e a percepção dos professores. *Química Nova na Escola*, v. 39, n. 1, p. 75-82, 2017.

SILVA, B.; BILUCA, F. C.; GONZAGA, L. V.; FETT, R.; DALMARCO, E. M.; CAON, T. e COSTA, A. C. *In vitro* anti-inflammatory properties of Honey flavonoids: A Review. *Food Research International*, v. 141, 110086, 2021.

SOUZA, R. F. e SANTOS, A. S. Determinação do teor de açúcares redutores e totais, sacarose aparente, glicose e frutose em méis de abelhas africanizadas (*Apis mellifera scutellata*), urucu-cinzenta (*Apis melipona fasciculata*) e abelha italiana (*Apis mellifera ligustica*) produzidos no Pará. 47º Congresso Brasileiro de Química, Natal, RN, 2007. *Anais...* Disponível em: <https://www.abq.org.br/cbq/2007/trabalhos/13/13-617-720.htm>, acesso em set. 2024.

STARIOLO, M. Pesquisadores da Unesp defendem restrições e até proibição do uso do inseticida fipronil. *Jornal da UNESP*, 01/12/2023. Disponível em: <https://jornal.unesp.br/2023/12/01/pesquisadores-da-unesp-defendem-restricoes-e-ate-proibicao-do-uso-do-inseticida-fipronil/>, acesso em mar. 2024.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL (UFRGS). *Engenharia de Alimentos*. Disponível em: [http://www.ufrgs.br/ufrgs/ensino/graduacao/cursos/exibeCurso?cod\\_curso=319](http://www.ufrgs.br/ufrgs/ensino/graduacao/cursos/exibeCurso?cod_curso=319), acesso em abril. 2024.

VAN OYSTAEYEN, V.; OLIVEIRA, R. C.; HOLMAN, L.; VAN ZWEDEN, J. S.; ROMERO, C.; OI, C. A.; D'ETTORRE, P.; KHALES, M.; BILLEN, J.; WÄCKERS, F.; MILLAR, J.

G. e WENSELEERS, T. Conserved class of queen pheromones stops social insect workers from reproducing. *Science*, v. 343, p. 287-290, 2014.

VICINIESCKI, R. P.; CORDEIRO, S. G. e OLIVEIRA, G. C. Detecção de adulteração e caracterização físico-química de mel de abelha de pequenos produtores do interior gaúcho. *Revista Destaques Acadêmicos*, v. 10, p. 326-335, 2018.

WIESE, H. *Apicultura: novos tempos*. 2ª ed. Guaíba: Agrolivros, 2005.

**Para saber mais:**

SPIVAK, M. *Why bees are disappearing*. TEDGlobal, junho de 2013. Disponível em: [https://www.ted.com/talks/marla\\_spivak\\_why\\_bees\\_are\\_disappearing](https://www.ted.com/talks/marla_spivak_why_bees_are_disappearing) .

**Abstract:** *The Chemistry of Bees: a proposal to address topics in Organic Chemistry.* The present work aims to present the thematic workshop *The Chemistry of Bees*, and discuss the experiences we had during its application. The activities were divided into three pedagogical moments: problematizing the theme through dialogue in the classroom; organizing knowledge through expository discussion supported by audiovisual materials; and applying this knowledge through laboratory experiments. These stages sought to connect the chemical nature of bee life with the organic chemistry covered in basic education, particularly focusing on organic functions and carbohydrates. Students in the third year of a public high school integrated with technical training participated in this study. Based on their involvement in the thematic workshop, we observed signs of the appropriation and improvement of knowledge about chemical, biological and environmental aspects related to bees and honey. The students' perception of the experience was convergent with the observations of the research teachers. The results are relevant and may be associated with several factors, including the students' intrinsic motivation to learn chemistry and the topic, as well as the educational proposal used.

**Keywords:** bee, honey, thematic workshop, chemistry teaching

# Atividades experimentais problematizadas sobre redes metalorgânicas: introduzindo a Química Reticular no Ensino Médio

Caroline Batistin da Cruz Almeida, Paulo Rogério Garcez de Moura e Priscilla Paiva Luz

As redes metalorgânicas (do inglês *metal-organic frameworks* - MOFs) são polímeros de coordenação altamente porosos estudados por uma área da Química chamada Química Reticular. Essa porosidade pode ser utilizada, dentre outras aplicações, na descontaminação da água por adsorção. Neste trabalho, apresentamos uma sequência didática elaborada com atividades experimentais problematizadas com o tema “MOFs para descontaminação de água”. Diversos princípios de Química fundamental foram abordados por meio de experimentos inéditos e técnicas de caracterização de sólidos foram realizadas, em parceria com a Universidade Federal do Espírito Santo. Além da aprendizagem em Química, destacamos o protagonismo dos estudantes na construção das aprendizagens e o aspecto sociocultural da abordagem, uma vez que a visita técnica à universidade promoveu a aproximação dos jovens ao ensino superior público, em especial, à pesquisa científica, tão distante da realidade do público pesquisado.

► *metal-organic frameworks*, química reticular, atividades experimentais problematizadas ◀



Recebido em 15/08/2024 ; aceito em 24/10/2024

## Introdução

Tanto no Ensino Médio quanto no Ensino Superior há uma distância entre o currículo de Química e os temas atuais da pesquisa científica (Neumann *et al.*, 2023). Considerando o contexto brasileiro, as universidades federais são responsáveis pela maior parte da produção científica nacional (Silva, 2014). Os temas, métodos, resultados e contribuições dessas linhas de pesquisa muitas vezes se restringem à comunidade científica, sendo um desafio promover a aproximação desse meio com a Educação Básica, seu currículo e a comunidade local. Essa aproximação entre pesquisa científica e Educação Básica pode ser realizada desde o emprego de abordagens temáticas atualizadas até a construção e aplicação de metodologias de ensino ativas, resultando na formação de jovens engajados nos desafios atuais da sociedade, dada a associação do conhecimento científico e sua aplicação no cotidiano (Crusoé e Moreira, 2017; Moura e Lima, 2021).

Uma área de pesquisa relativamente nova em Química é a Química Reticular, que surgiu no final do século XX por meio da síntese de compostos nomeados redes metalorgânicas (do inglês *metal-organic framework* – MOF) (Diercks *et al.*, 2018). Esta área associa conceitos de Química Inorgânica, Química Orgânica, Engenharia de Cristais e Ciência dos

Materiais para planejar e sintetizar compostos formados a partir da ligação coordenada entre íons ou *clusters* metálicos (aglomerados metálicos unidos por ligação metal-metal ou através de ligantes em ponte) (Química Inorgânica) e ligantes orgânicos multitópicos (Química Orgânica), formando estruturas estendidas bi ou tridimensionalmente com poros em seu interior (Yaghi *et al.*, 2019). Esses materiais apresentam elevada cristalinidade, porosidade ( $500\text{-}10.000\text{ m}^2\text{ g}^{-1}$ ) e estabilidade térmica (decompondo-se entre  $300\text{-}500^\circ\text{C}$ ); algumas MOFs também são estáveis quimicamente, mantendo sua estrutura em solventes aquosos e não aquosos, mesmo em condições fortemente ácidas ou básicas (Yaghi, 2016).

As elevadas áreas superficiais das MOFs, e as incontáveis possibilidades de composição química em comparação a outros materiais porosos como carvões, cerâmicas e zeólitas, tornam esses compostos materiais de vanguarda na pesquisa em diversas aplicações, como armazenamento de gases (Hasan e Jung, 2015), entrega controlada de fármacos (Xiang *et al.*, 2023), sensores (Zhuang *et al.*, 2013), baterias (Qiu *et al.*, 2018), adsorventes em filtros (Wang *et al.*, 2015), membranas (Nik Zaiman *et al.*, 2022), catalisadores (Morgan *et al.*, 2022), entre outras aplicações (Jones, 2022). Além disso, modificações podem ser realizadas após a síntese das MOFs (modificações pós-sintéticas) para

modular suas características em prol da aplicação desejada ou otimizá-las, como a troca de ligante, inserção de grupos funcionais, troca ou inserção (dopagem) de metal, inserção ou troca de moléculas hóspedes, entre outras modificações (Mandal *et al.*, 2021).

As MOFs, via de regra, precipitam na forma de pó microcristalino durante as sínteses, o que restringe sua utilização a depender da aplicação. Por essa razão, também têm sido desenvolvidos compósitos com MOFs para ampliar as possibilidades de uso real desses materiais no cotidiano. Destacamos os compósitos formados pelo crescimento de cristais MOF sobre substratos, em especial, fibras celulósicas (celloMOFs) que originam tecidos funcionalizados. Esses compósitos já foram relatados como tecidos de proteção antibacteriana (Rodríguez *et al.*, 2014), adsorção de organofosforados – como pesticidas (Abdelhameed *et al.*, 2017) e agentes químicos de guerra (Koning *et al.*, 2022) –, tecidos com proteção antimosquito (Abdelhameed *et al.*, 2017), proteção UV, autolimpantes (Emam *et al.*, 2018), entre outros.

Muito se avançou na área das MOFs nas últimas três décadas. Mais de 90 mil estruturas de MOFs foram indexadas na base de dados *Cambridge Structural Database* (CSD) nos últimos 25 anos (Daglar e Keskin, 2020) e mais de 500.000 mil estruturas são preditas computacionalmente (Moosavi *et al.*, 2020). No entanto, esse tema ainda é pouco explorado nos livros didáticos de Ensino Superior, e menor ainda é a quantidade de trabalhos de aplicação da temática no Ensino de Química. No Brasil, há somente um livro em português sobre MOFs, publicado pelo grupo do professor Severino A. Junior, da Universidade Federal de Pernambuco, e dois artigos publicados nas revistas *Química Nova* (Frem *et al.*, 2018) e *Revista Virtual de Química* (Martins e Ronconi, 2017). Ainda não há relatos de abordagens em Ensino de Química no Brasil envolvendo esse tema, embora ele possibilite a discussão de fundamentos como teorias ácido-base, ligações químicas (ênfase em coordenação), propriedades de sólidos cristalinos, representação e propriedades de compostos metalorgânicos, entre outros. As aplicações de MOFs em diferentes áreas também permitem abordagens interdisciplinares do tema no Ensino de Química.

Neste trabalho, apresentamos pela primeira vez uma sequência didática para o Ensino Médio elaborada com atividades experimentais problematizadas (AEP) sobre redes metalorgânicas e seus compósitos celloMOFs, aplicadas no contexto de remoção de poluentes da água. Propomos atividades de pesquisa em textos científicos e experimentos inéditos de síntese de MOFs e celloMOFs para discussão de diferentes conceitos em Química. Destacamos a importância do estabelecimento de parcerias com Instituições de Ensino Superior (IES) ou Universidades, a fim de promover a aproximação dos estudantes aos meios onde a ciência de fronteira é desenvolvida de fato. Por meio dessa colaboração, proporcionamos aos estudantes o conhecimento de técnicas modernas de caracterização de sólidos cristalinos, como a difração de raios X e a microscopia eletrônica de varredura.

## Metodologia

A sequência didática foi estruturada em 5 aulas de 1h40min, contendo AEPs para o aprofundamento de tópicos em Química, e foi aplicada no contexto de uma disciplina eletiva do itinerário formativo do “Novo Ensino Médio” intitulada “MOFs para descontaminação de água”.

Vinte e oito estudantes do Ensino Médio (1ª, 2ª e 3ª séries) se inscreveram para participar da pesquisa, aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Espírito Santo (parecer 5.965.679), assinando os termos de consentimento e assentimento. Foram definidos grupos de 4 a 5 integrantes para a realização das atividades.

As AEPs seguiram os pressupostos de Ferreira *et al.* (2022), sendo estruturadas em cinco momentos: discussão prévia do problema (M1), organização metodológica e execução (M2), discussão interna do grupo (M3), socialização dos resultados (M4) e sistematização do conhecimento (M5) (Ferreira *et al.*, 2022).

Um resumo da estrutura da sequência didática e os objetos do conhecimento do currículo de Química contemplados em cada aula estão resumidos no Quadro 1.

Resultados foram coletados nos roteiros de aula e também registrados em diário de pesquisa da professora pesquisadora. Transcrição de áudios e falas dos estudantes foram realizadas, quando necessário, para a discussão dos resultados.

## Resultados e discussão

### *Aula 1 – Redes metalorgânicas (MOFs): propriedades e aplicação como material adsorvente*

Nessa vasta gama de compostos, basicamente varia-se o tipo de metal que forma a unidade básica de construção da MOF (*secondary building unit* - SBU) e o tipo de ligante orgânico utilizado na síntese. Esses materiais aliam a reatividade característica de sua composição ao acesso aos sítios ativos internos do sólido, capazes de serem acessados devido à elevada porosidade da rede, tornando-os promissores em diversas aplicações como sensores, catálise, armazenamento de gases, liberação controlada de fármacos, adsorção, entre outras (Ejsmont *et al.*, 2021).

Para introdução desse tema, a aula 1 foi iniciada com a discussão de reportagens acerca da contaminação da água de rios e bacias com agrotóxicos e metais pesados (AEP1-M1). Como tais substâncias não são totalmente removidas nas técnicas convencionais das Estações de Tratamento de Água, materiais adsorventes porosos como carvão ativado são comumente empregados para purificação da água por adsorção. A professora então apresentou as MOFs como materiais modernos que vêm apresentando desempenho de adsorção superior aos materiais carbonáceos devido a sua elevada porosidade e reatividade ajustável ao tipo de adsorvente (Almeida *et al.*, 2024; Fang *et al.*, 2022; Yang *et al.*, 2018). Utilizando um roteiro de pesquisa (disponível no material suplementar a este artigo, Quadro S1), artigos científicos e *sites* de suporte, os estudantes foram divididos

Quadro 1: Resumo das atividades experimentais problematizadas e objetos do conhecimento contempladas em cada aula da sequência didática “MOFs para descontaminação de água”.

Aula	AEP	Objetos do conhecimento
01	<b>Problema:</b> Como as MOFs removem contaminantes da água? <b>Objetivo:</b> Contextualizar a aplicação de MOFs em adsorção.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ligações químicas</li> <li>• Interações intermoleculares</li> <li>• Teoria ácido-base de Lewis</li> <li>• Processos de separação de misturas – adsorção</li> </ul>
02	<b>Problema:</b> Como sintetizar MOFs? <b>Objetivo:</b> Conhecer alguns métodos de síntese de MOFs e os parâmetros envolvidos no processo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ligações químicas</li> <li>• Interações intermoleculares</li> <li>• Teorias ácido-base de Arrhenius, Brønsted-Lowry e Lewis</li> <li>• Soluções e concentração</li> <li>• Cinética Química</li> <li>• Termoquímica</li> </ul>
03	<b>Problema:</b> É possível produzir MOF em outro formato além de pó? <b>Objetivo:</b> Produção de compósitos de MOFs com tecidos de algodão.	
04	<b>Problema:</b> Agora que sintetizamos MOFs e celloMOFs, como saber que esses materiais são realmente as MOFs de referência? <b>Objetivo:</b> Conhecer laboratórios de caracterização de sólidos. Visita técnica na UFES (fundamentação teórica e realização de análises de DRX e MEV).	
05	<b>Problema:</b> O que os dados gerados nas análises de DRX e MEV significam? <b>Objetivo:</b> Interpretação de resultados de DRX e MEV.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ondas e processo de difração</li> <li>• Modelos atômicos</li> <li>• Estrutura atômica</li> </ul>

Fonte: os autores.

em grupos para responder à questão problema: Como as MOFs removem contaminantes da água? (AEP1-M2). Ao término da pesquisa (AEP1-M3), houve correção coletiva do roteiro (AEP1-M4).

Os artigos foram disponibilizados traduzidos, e inicialmente houve dificuldade por parte dos estudantes em encontrar as respostas. No entanto, a atividade foi concluída com sucesso principalmente dada a colaboração entre os grupos. O primeiro bloco de perguntas possibilitou a discussão sobre composição química de MOFs, evidenciando sua porção inorgânica (*clusters* de metais de transição) coordenada a ligantes orgânicos (principalmente ácidos carboxílicos). O conceito de ligação covalente coordenada foi explicado pela professora de forma expositiva, complementando o que os estudantes apresentaram da pesquisa.

No segundo bloco de perguntas, foi dado enfoque inicial à escrita e compreensão de fórmulas em bastão dos ligantes de quatro MOFs. Os grupos conseguiram encontrar e representar corretamente a estrutura dos ligantes das MOFs HKUST-1 e MOF-808 (ácido trimésico), UiO-66 (ácido tereftálico) e UiO-67 (ácido bifeniltereftálico). Para essas MOFs, também foram fornecidos os valores das áreas específicas correspondentes, o que foi motivo de muitos comentários de espanto com os altos valores (1333, 2136, 1187 e 3000 m<sup>2</sup> g<sup>-1</sup> para HKUST-1, MOF-808, UiO-66 e UiO-67, respectivamente). O estudante A02 concluiu: “*Então se pegar 1 g de MOF dá 3 mil metros?*”. A professora explicou que

essa área corresponde à soma de toda a superfície interna dos poros e a externa, e que a MOF sintetizada de maior área já alcançada era a DUT-60, com incríveis 7840 m<sup>2</sup> g<sup>-1</sup> (Kirlikovali *et al.*, 2022).

Outras questões foram propostas aos estudantes, destacando-se a influência da alteração do metal e do ligante nas propriedades das MOFs (questão 6 do roteiro). O estabelecimento de ligações mais fortes com o metal aumenta a temperatura de decomposição do material, como pode ser exemplificado pelas MOFs HKUST-1 e MOF-808, nas quais o ligante é o mesmo, mas os metais são diferentes (cobre e zircônio, respectivamente). Além disso, a manutenção do metal e aumento da cadeia orgânica do ligante (UiO-66 e UiO-67) leva ao aumento na área superficial da MOF, como observado por A18: “*A molécula é a mesma, só que mais comprida. A área quase triplicou!*”. A professora então pediu que buscassem a estrutura de UiO-67 no *site Pore Packing and Topology* para observarem sua estrutura e o tamanho de seus poros, comparados a UiO-66, discutindo características texturais destas MOFs.

A porosidade das MOFs as torna materiais com excelentes resultados em aplicações que dependem da exposição de sítios ativos, como catálise e adsorção. A presença de grandes poros e a possibilidade de mudar quimicamente o interior desses espaços permite que esses materiais sejam excelentes adsorventes de contaminantes, como agrotóxicos, metais pesados e corantes, entre outros poluentes da água

(Ighalo *et al.*, 2021). As MOFs atuam como filtros microscópicos, por meio dos quais transpassa o solvente e os solutos ficam retidos em seus poros. Após essa associação discutida entre os grupos e a professora, a sistematização do conhecimento adquirido foi realizada pela correção coletiva do próprio roteiro de estudos (AEP1-M5).

#### Aulas 2 e 3 – Síntese de MOFs e celloMOFs

Nas AEP 2 e 3, os estudantes realizaram a síntese de HKUST-1 e de um compósito preparado pela cristalização dessa MOF sobre um tecido de algodão (cello-MOF). A AEP2 foi iniciada pela proposição da questão problema pela professora: “*Como sintetizar MOFs?*”. Os estudantes se organizaram em três grupos e, dotados de roteiro para a prática experimental (Quadro S2), iniciaram o procedimento auxiliados pela professora (AEP-M2). Dois métodos de síntese da MOF HKUST-1 foram propostos. No primeiro, via síntese direta, os estudantes sintetizaram a MOF por duas rotas sintéticas (sínteses 1 e 2), variando-se a temperatura. No segundo método, por difusão lenta, sintetizaram a MOF utilizando outro solvente, precursor do metal e sem aquecimento ou agitação (síntese 3). Um resumo das sínteses está apresentado na Figura 1.

Em todas as sínteses, foi realizada primeiramente a solubilização do sal precursor do metal e do ligante nos solventes adequados. Em seguida, foi adicionado lentamente o metal sobre a solução do ligante, levando à formação de um sólido azul. A capacidade de observação dos estudantes foi notória, pois sinalizaram, sem a interferência da professora, a diferença na velocidade de formação do produto nas sínteses 1 e 2. Em decorrência da temperatura elevada na síntese 1, essa reação ocorre mais rápido, formando o produto em maior

quantidade e menos tempo em relação à síntese 2. No caso dessas sínteses, a solução do ligante contém base (trimetilamina) para desprotonação das carboxilas.

O método 2, de difusão lenta, consiste na adição da solução do ligante em um tubo de ensaio, seguida pela adição de solvente com densidade menor que a da primeira solução (chamada de solução espaçadora) e seguida da adição da solução do metal, com densidade menor que a solução espaçadora. Com o tempo, ocorre a difusão do metal em direção à solução do ligante, levando a uma lenta formação do produto.

Durante o tempo de síntese, a professora realizou uma demonstração de formação imediata da MOF HKUST-1 ao se misturar, à temperatura ambiente e sem aquecimento, as soluções de metal e ligante, comparando o contra-íon do sal precursor de cobre. Para explicar a ocorrência de formação da MOF, foram utilizados os conceitos de acidez e basicidade da teoria de Brønsted-Lowry. A formação do produto é imediata quando se utiliza acetato de cobre (II), e muito mais lenta quando é utilizado o nitrato de cobre (II). No primeiro caso, o produto é formado imediatamente devido à força do íon acetato (base conjugada) em remover o íon H<sup>+</sup> da carboxila do ligante. Quanto mais ligantes desprotonados, maior a velocidade com que o metal se coordena e forma a rede MOF. Sínteses com nitrato de cobre são mais lentas devido ao íon nitrato ser uma base conjugada mais fraca que o íon acetato, o que pode ser discutido por análise do pKa dos ácidos de origem (ácido nítrico e ácido acético). Por essa razão, sínteses com contra-íons como nitrato, sulfato e cloreto requerem o uso de base para a desprotonação do ligante orgânico (sínteses 1 e 2). O esquema da síntese da MOF HKUST-1 (Figura 2) foi utilizado para discussão desses tópicos.

A porosidade das MOFs as torna materiais com excelentes resultados em aplicações que dependem da exposição de sítios ativos, como catálise e adsorção. A presença de grandes poros e a possibilidade de mudar quimicamente o interior desses espaços permite que esses materiais sejam excelentes adsorventes de contaminantes, como agrotóxicos, metais pesados e corantes, entre outros poluentes da água

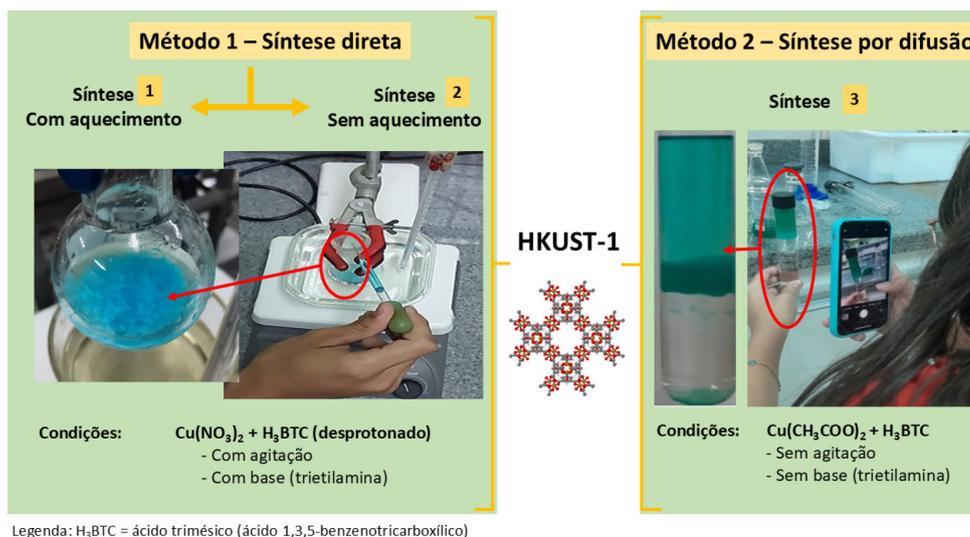


Figura 1: Resumo das sínteses realizadas para obtenção da MOF HKUST-1. Fonte: os autores.

Além das habilidades do currículo de Química desenvolvidos na aula, também foram desenvolvidas habilidades práticas durante a AEP 2, como a análise de rótulos e manuseio de reagentes com alto grau de pureza analítica, pesagem de sólidos em balança de precisão, medição volumétrica de líquidos com pipeta graduada e proveta, transferência de líquidos com pipeta de Pasteur, solubilização de sólidos sob aquecimento, medição de temperatura, regulagem de agitação com agitador magnético, descarte de resíduos, entre outras. Também se ressalta a importância do trabalho colaborativo em equipe. Todos os grupos foram capazes de se organizar pela leitura do roteiro, proporcionando a excelente execução dos experimentos.

Após o término das sínteses, os estudantes separaram os produtos por filtração simples em papel, que foi posto para secagem (naturalmente durante a semana). No caso do método 2 (síntese 3), a professora realizou a separação pela mesma estratégia após 24h de síntese, enviando fotos do resultado final para os estudantes no grupo de *WhatsApp* da turma. Todas as conclusões e observações da prática foram registradas pelos grupos no roteiro da aula, sistematizando o conhecimento (AEP2-M5). Para posterior caracterização, as amostras foram identificadas como A1, A2 e A, correspondentes aos produtos das sínteses 1, 2 e 3, respectivamente.

Na aula seguinte (AEP 3), a professora iniciou a aula problematizando as limitações do uso das MOFs no formato de pó para aplicações como adsorção de contaminantes. “É possível produzir MOF em outro formato além de pó?”, questionou. Alguns estudantes disseram não ter ideia se seria possível produzir a MOF em outro formato, então a professora apresentou uma estratégia para a síntese de MOFs em substratos de algodão (celulose), dando origem a celloMOFs, compósitos que podem

ser aplicados como filtros, roupas de proteção, adesivos e curativos, entre outros (Silva Pinto *et al.*, 2012; Dwyer *et al.*, 2018; Ma *et al.*, 2019; Mao *et al.*, 2017; Wang *et al.*, 2015). O método *layer-by-layer* de síntese *in situ* de MOFs sobre fibras celulósicas foi apresentado para demonstrar a confecção de compósitos celloMOFs. O roteiro utilizado está disponível no material suplementar (Quadro S3).

O tecido 100% algodão utilizado na produção do compósito foi previamente tratado com ácido cítrico para promover a inserção de grupos carboxila, que mimetizam a porção reativa do ligante (grupo carboxila) na superfície da fibra. Essa reação (esterificação) foi apresentada aos estudantes durante a discussão do procedimento por meio da ilustração mostrada na Figura 3.

Quatro grupos foram montados para realizar o mesmo procedimento (AEP3-M2). Durante a síntese, a fibra carboxilada foi adicionada à solução do metal para que houvesse a coordenação do  $\text{Cu}^{2+}$  aos grupos carboxilato (gerados pela desprotonação na presença do íon acetato). Após 3 minutos, a fibra foi transferida para a solução de limpeza, a fim de remover o excesso de metal que não reagiu. Na sequência, a fibra foi inserida na solução do ligante orgânico durante 3 minutos. Após lavagem do excesso de ligante, retornou-se

à solução do metal completando o ciclo, que foi realizado por 5 vezes. Esse método proporciona o crescimento dos cristais MOF sobre a fibra, camada por camada (*layer-by-layer*) (Figura 4a). Após o término dos ciclos, a fibra foi lavada em água destilada, posta para secagem à temperatura ambiente e finalmente armazenada para caracterização (Figura 4b).

Os estudantes apresentaram as observações do grupo no final da aula, discutindo coletivamente o resultado. Todos os grupos observaram a fibra enrijecendo ao longo dos ciclos. Questionados sobre o fenômeno,

O tecido 100% algodão utilizado na produção do compósito foi previamente tratado com ácido cítrico para promover a inserção de grupos carboxila, que mimetizam a porção reativa do ligante (grupo carboxila) na superfície da fibra. Essa reação (esterificação) foi apresentada aos estudantes durante a discussão do procedimento

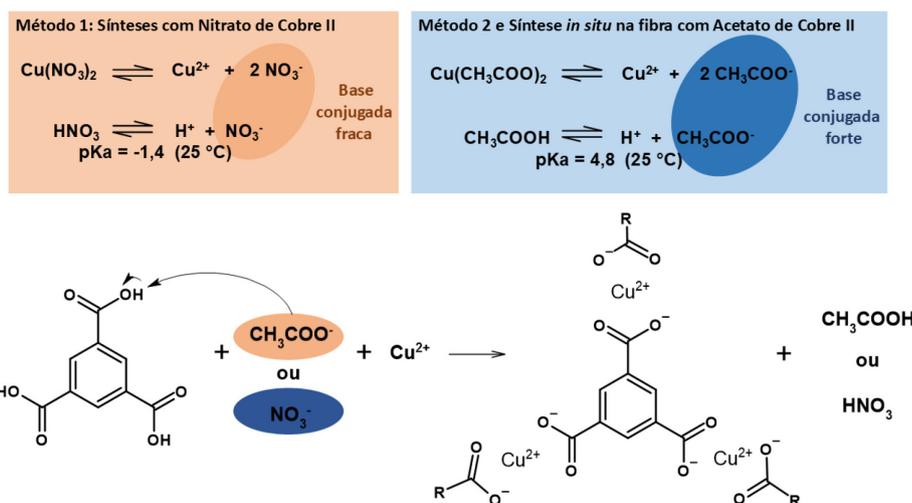


Figura 2: Representação da síntese de HKUST-1. O ligante ácido trimérico é desprotonado por ação dos contra-íons ( $\text{CH}_3\text{COO}^-$  ou  $\text{NO}_3^-$ ) gerando íons carboxilato, que se coordenam ao cátion metálico ( $\text{Cu}^{2+}$ ) presente no meio. Fonte: os autores.

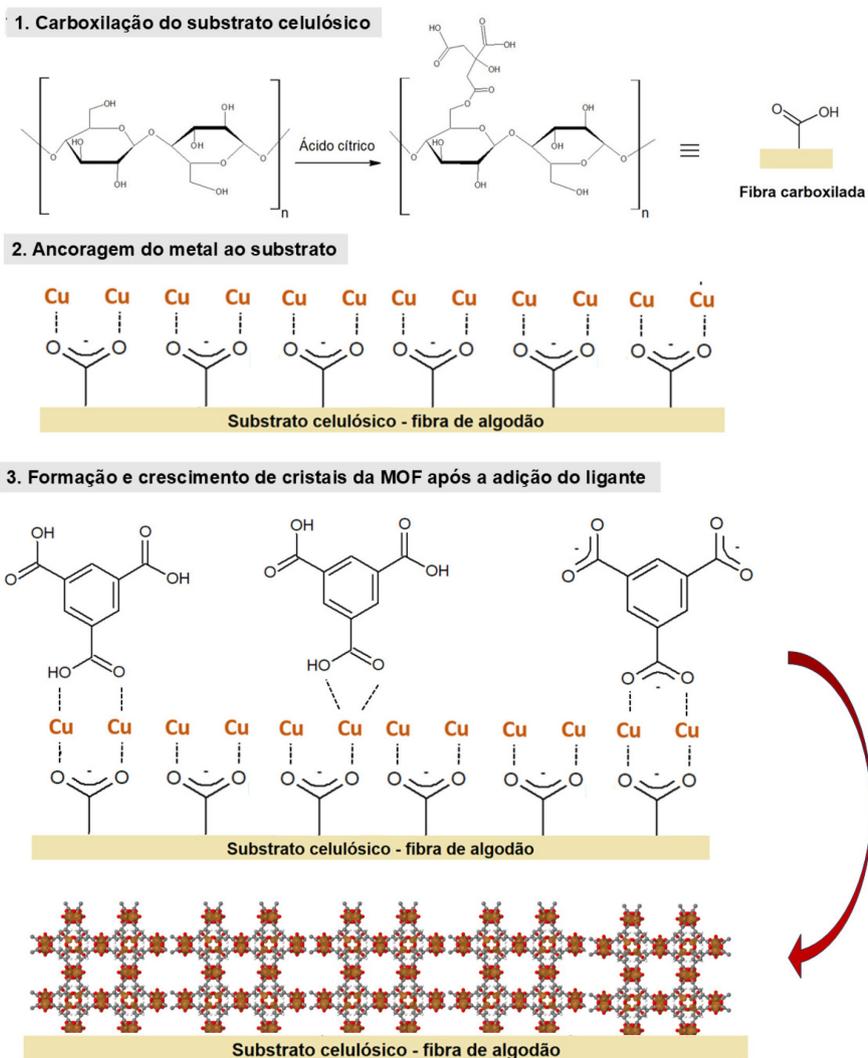


Figura 3: Representação do mecanismo de cristalização de redes metalorgânicas em substrato celulósico, via metodologia de síntese *layer-by-layer*. Fonte: os autores.

um aluno comentou: A23 “*Deve ter o pó da aula passada no meio da fibra, porque tem no fundo do béquer...*”. Essa observação se refere à formação de HKUST-1 no encontro do metal e ligante nos béqueres, formando o material não só sobre o substrato, mas também nas soluções utilizadas, em menor quantidade. Após as discussões coletivas, os estudantes registraram suas conclusões no roteiro da aula.

Esta AEP possibilita a abordagem de diversos conteúdos

do currículo de Química no Ensino Médio, como reações de esterificação (celulose e ácido cítrico), reconhecimento de funções orgânicas (álcool, éster, ácido carboxílico), acidez e basicidade de Brønsted-Lowry, ligações químicas (a interação do metal com o grupo carboxila pode ser iônica ou por diversos modos de coordenação), geometria molecular (observar a esfera de coordenação do cobre na SBU), concentração de soluções, cinética química (variando a

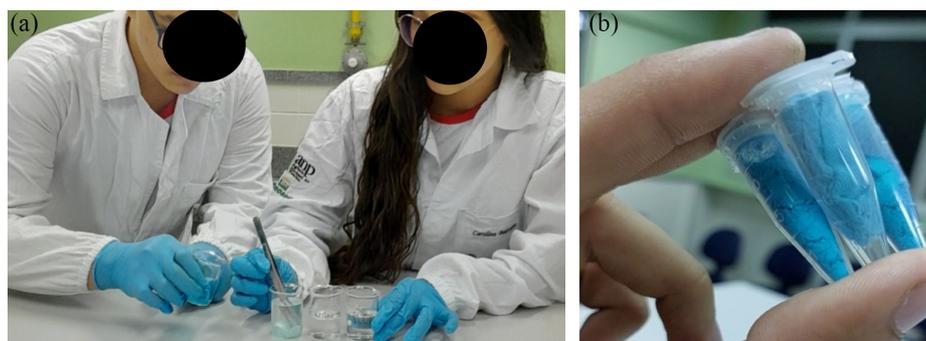


Figura 4: Execução da síntese *layer-by-layer* da MOF HKUST-1 em substrato celulósico (a) e armazenamento das amostras de HKUST-1 em pó e celloMOF para posterior caracterização (b). Fonte: os autores.

concentração e temperatura da síntese), entre outros tópicos, a depender do grau de aprofundamento desejado.

#### Aula 4 - Caracterização de HKUST-1 e celloMOFs

Questionados acerca de “*como ter certeza de que os materiais produzidos (pó e composto) eram realmente a MOF HKUST-1?*”, os estudantes foram incumbidos de responder a essa questão ao final de uma visita técnica a laboratórios de caracterização de sólidos da UFES. A primeira visita foi ao Laboratório de Ultraestrutura Celular Carlos Alberto Redins – LUCCAR/UFES, onde os estudantes foram recebidos pelo técnico que explicou princípios da microscopia eletrônica, diferenciando-a da óptica, e também o funcionamento do equipamento. Em grupos, os estudantes puderam adentrar a sala onde as amostras são metalizadas e, em seguida, onde a análise é realizada, conhecendo os equipamentos e até mesmo operando a ampliação das imagens de suas próprias amostras (Figura 5).

Houve grande surpresa dos estudantes em relação à magnificação das imagens (número de vezes que o equipamento é capaz de ampliar) e à morfologia das partículas da MOF, com aspecto cristalino, mesmo que a olho nu fosse imperceptível. Imagens de MEV foram obtidas para as amostras sintetizadas.

A visita continuou no campus Goiabeiras, onde os estudantes foram recebidos no Laboratório de Materiais Carbonosos – LMC/UFES para realização da análise de difração de raios X pelo método do pó. Novamente, receberam treinamento pelo técnico responsável acerca dos fundamentos da técnica e funcionamento do equipamento (Figura 6a), podendo adentrar à sala e preparar as amostras para análise do pó (A1 e A3) e da celloMOF (Figura 6b). Durante a realização das medidas, devido aos riscos de exposição à radiação, os estudantes observaram a

formação do difratograma pelo vidro da porta, do lado de fora da sala de análise. Os dados de todas as análises foram enviados para a professora, que os utilizou na aula seguinte para tratamento e interpretação dos resultados.

Após conversarem com os técnicos sobre a questão problema, ao término da visita os estudantes responderam à questão problema da aula, afirmando que os resultados obtidos nas análises deveriam estar em concordância com aqueles relatados nos artigos para a MOF em questão.

Mesmo a escola sendo localizada a 30 minutos de distância dos campi Maruípe e Goiabeiras, nenhum estudante havia visitado a universidade até então. Alguns estudantes questionaram “*quanto custa?*” para estudar na UF, indicando total desconhecimento do que é ofertado pela instituição (pública). Dessa forma, embora o objetivo da visita técnica fosse conhecer as técnicas e realizar a caracterização das amostras, os estudantes também tiveram a oportunidade de conhecer o espaço público de formação superior no estado, assim como os espaços de pesquisa (laboratórios) e biblioteca, além da área do campus.

#### Aula 5 – Interpretação de resultados de MEV e DRX

A AEP-5 foi utilizada para discutir os resultados da

visita técnica. Iniciando pelos difratogramas das amostras, os estudantes analisaram os dados já plotados pela professora (Figura 7a), uma vez que é necessário obter uma licença paga para a instalação do programa adequado. Para conferência dos ângulos de difração das amostras sintetizadas, foi disponibilizado papel transparente para que os estudantes

traçassem com caneta o padrão de difração da MOF HKUST-1 indexado no *Cambridge Crystallographic Data Centre* (CCDC) e sobrepusessem sobre os padrões obtidos para as amostras A1 e A3. A coincidência dos picos foi

[...] embora o objetivo da visita técnica fosse conhecer as técnicas e realizar a caracterização das amostras, os estudantes também tiveram a oportunidade de conhecer o espaço público de formação superior no estado, assim como os espaços de pesquisa (laboratórios) e biblioteca, além da área do campus.



Figura 5: Visita técnica ao Laboratório de Ultraestrutura Celular Carlos Alberto Redins – LUCCAR/UFES. Realização de microscopia eletrônica de varredura da celloMOF sintetizada na AEP. Fonte: os autores.

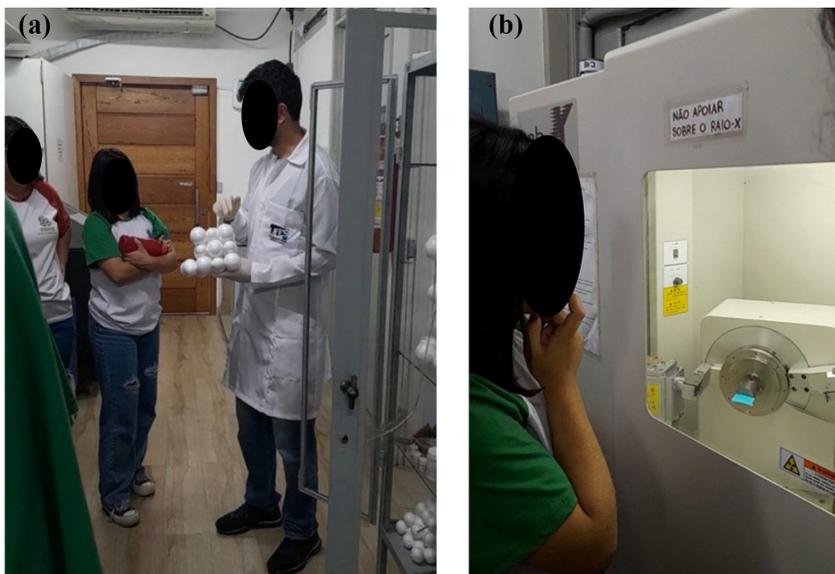


Figura 6: Visita técnica ao Laboratório de Materiais Carbonosos – LMC/UFES. (a) Recepção dos estudantes pelo técnico que realizou a apresentação da fundamentação teórica do funcionamento do equipamento de difração de raios X. (b) Suporte da celloMOF para posterior análise no aparelho de DRX. Fonte: os autores.

observada, permitindo a confirmação de que os materiais produzidos correspondiam, de fato, à MOF em questão. Amostras que possuem os mesmos picos de difração possuem o mesmo padrão de empacotamento cristalino, portanto, possuem a mesma estrutura e composição. O estudante A3 comentou que “*a amostra 3 tem uma linha mais grossa e umas ondinhas*” o que correspondente a uma estrutura menos cristalina (mais amorfa) que a MOF produzida pelo método 1. Possivelmente, a velocidade de síntese superior ocasionada pela reatividade do íon acetato no método 2 leva a diversos pontos de nucleação que, ao se unirem, tornam a partícula final menos organizada que as partículas que cresceram de forma mais lenta na reação do método 1 (Benedetto *et al.*, 2023).

Também foi discutido pela professora que cada pico corresponde a um ângulo de difração do feixe de raios X em um plano de difração do cristal. Os planos correspondentes aos três picos mais intensos foram comparados pelos estudantes com o padrão da fase cristalina correspondente ao HKUST-1, usando o *software* gratuito Vesta®, previamente instalado em cinco computadores no laboratório (passo a passo disponível no material suplementar) Os estudantes observaram a localização dos planos de difração na célula unitária da MOF HKUST-1, destacando os planos (222) em lilás, (220) em verde e (200) em amarelo (Figura 7b).

Em seguida, foram discutidos os difratogramas da celloMOF e as micrografias correspondentes. Cada grupo identificou os ângulos e planos de difração da MOF no composto (Figura 7c) e comentaram entre si a correspondência

dos ângulos do padrão no composto. Foi evidenciado pela professora que o padrão de difração da celulose não possui picos e sim halos devido a sua característica amorfa (não cristalina). Em seguida, os estudantes abriram as imagens de MEV no computador, realizando aproximações e observações acerca da morfologia dos cristais de HKUST-1 sobre a celloMOFs, numa magnificação de 500x (Figura 8). Visivelmente, a amostra apresenta alto recobrimento de cristais cujas faces e vértices são bem definidos. Houve comentários como: A24 - “*Todos os fios estão cheios de cristais! Não achava que com algumas camadas iria ficar assim*”; A2 - “*Pensei que os cristais fossem grandes, parecidos com os de shopping*”. Ambos os comentários denotam a reelaboração de modelos cognitivos do conhecimento prévio dos estudantes a partir da análise dos resultados experimentais.

Houve comentários como: A24 - “*Todos os fios estão cheios de cristais! Não achava que com algumas camadas iria ficar assim*”; A2 - “*Pensei que os cristais fossem grandes, parecidos com os de shopping*”. Ambos os comentários denotam a reelaboração de modelos cognitivos do conhecimento prévio dos estudantes a partir da análise dos resultados experimentais.

No momento final (AEP-M5), os estudantes sistematizaram o que aprenderam, resumindo no quadro as funções das duas técnicas. Associaram corretamente a técnica de DRX para confirmação da rede cristalina dos compostos obtidos experimentalmente com

o padrão indexado para a fase cristalina correspondente à MOF HKUST-1, e o uso da microscopia eletrônica para a visualização da morfologia dos cristais e também sua distribuição sobre o tecido.

## Conclusão

As AEPs sobre *Metal-organic frameworks* mostraram-se eficientes para o ensino de diversos tópicos em Química. Esse tema não era conhecido por nenhum estudante e possibilitou

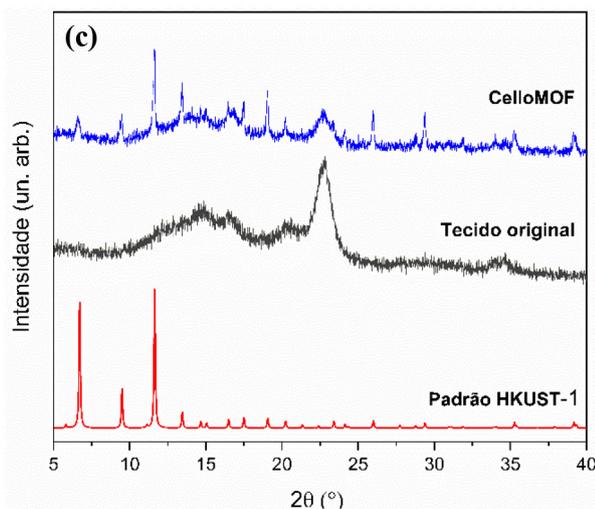
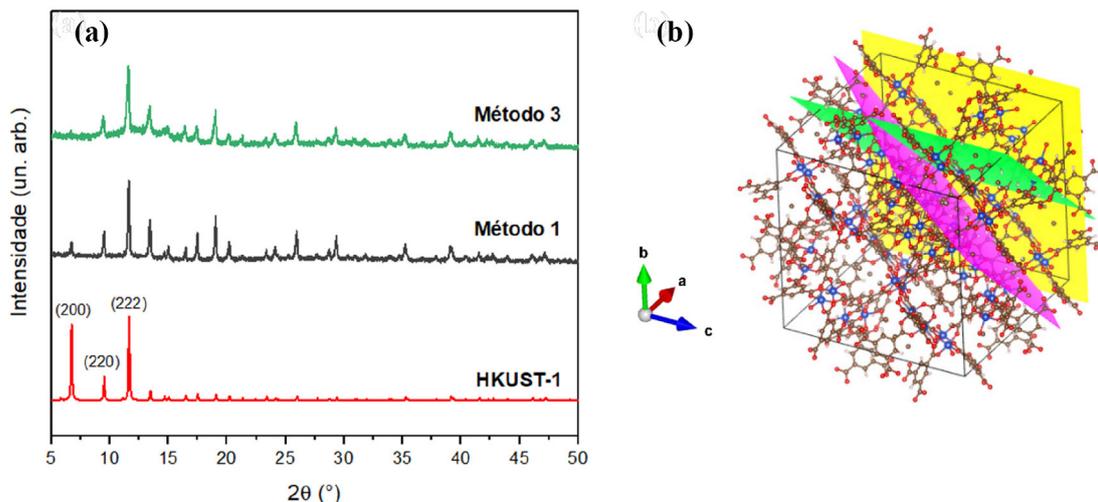


Figura 7: (a) Padrão de difração das MOFs sintetizadas pelos métodos 1 e 3 comparadas ao padrão de HKUST-1 indexado na base de dados CCDC (943008). (b) Planos de difração mais intensos da MOF HKUST-1 observados pelo programa Vesta<sup>®</sup>. Cores dos planos: lilás (222), verde (220) e amarelo (200). (c) Padrão de difração da celloMOF sintetizada comparado ao padrão do tecido original e ao padrão de HKUST-1 indexado na base de dados CCDC (943008). Fonte: os autores.

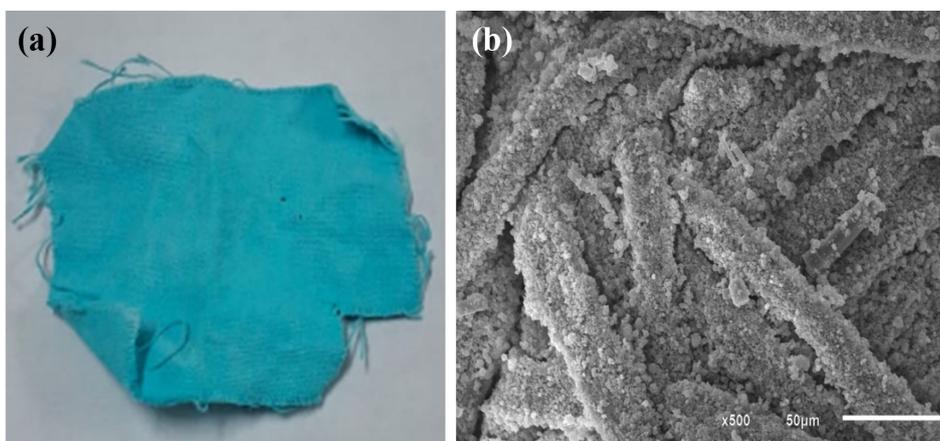


Figura 8. (a) CelloMOF após secagem. (b) MEV da celloMOF ampliada em 500x. Fonte: os autores.

a abordagem de conceitos importantes como porosidade, cristalinidade, acidez e basicidade, adsorção, funções e reações orgânicas, entre outros. A interdisciplinaridade se fez presente na correlação entre a porosidade das redes metalorgânicas e sua aplicação em adsorção de contaminantes, como pesticidas, fármacos, metais pesados, dentre

outros contaminantes da água. Por meio da metodologia de AEP, foi possível estimular o trabalho coletivo e ao mesmo tempo o protagonismo dos estudantes na condução do processo de construção do conhecimento, tanto na execução dos experimentos quanto na ação de pesquisar e interpretar dados científicos.

Além das potencialidades do tema para o ensino de Química, destacamos também o aspecto sociocultural da abordagem, uma vez que observamos a importância da visita técnica à universidade para promover a aproximação dos jovens ao Ensino Superior, em especial, à pesquisa científica. A visita também se mostrou excelente metodologia para a reconstrução de conceitos prévios e construção de novos olhares sobre a composição química e forma dos materiais no nível microscópico. Destacamos que, embora a sequência didática tenha sido elaborada e aplicada no Ensino Médio, sua estrutura pode ser utilizada em cursos superiores de Química, bastando ao professor proporcionar maior aprofundamento nos conhecimentos envolvidos na temática.

## Referências

ABDELHAMEED, R. M.; KAMEL, O. M.; AMR, A.; ROCHA, J. e SILVA, A. M. Antimosquito activity of a titanium-organic framework supported on fabrics. *ACS Applied Materials and Interfaces*, v. 9, n. 27, p. 22112-22120, 2017.

ABDELHAMEED, R. M.; ABDEL-GAWAD, H.; ELSHAHAT, M. e EMAM, H. E. Cu-BTC@cotton composite: design and removal of ethion insecticide from water. *RSC Advances*, v. 6, n. 48, p. 42324-42333, 2016.

ALMEIDA, C. B.; RONCONI, C. M.; MIRANDA, D. R.; BESSA, I. A.; JESUS, H. C. e LUZ, P. P. Adsorption of commercial glyphosate by MOF-808: a new ZrMOF for water purification. *Adsorption*, v. 30, p. 813-825, 2024.

BENEDETTO, G.; CLEARY, B. M.; MORRELL, C. T.; DURBIN, C. G.; BRINKS, A. L.; TIETJEN, J. e MIRICA, K. A. CD-MOF-1 for CO<sub>2</sub> uptake: remote and hybrid green chemistry synthesis of a framework material with environmentally conscious applications. *Journal of Chemical Education*, v. 100, n. 3, p. 1289-1295, 2023.

CRUSOÉ, N. M. C. e MOREIRA, N. R. Aproximação entre o campo acadêmico e o campo escolar: um diálogo possível. *Revista Tempos e Espaços em Educação*, v. 10, n. 23, p. 223-234, 2017.

DAGLAR, H. e KESKIN, S. Recent advances, opportunities, and challenges in high-throughput computational screening of MOFs for gas separations. *Coordination Chemistry Reviews*, v. 422, p. 213470, 2020.

DIERCKS, C. S.; KALMUTZKI, M. J.; DIERCKS, N. J. e YAGHI, O. M. Conceptual advances from Werner complexes to metal-organic frameworks. *ACS Central Science*, v. 4, n. 11, p. 1457-1464, 2018.

DWYER, D. B.; DUGAN, N.; HOFFMAN, N.; COOKE, D. J.; HALL, M. G.; TOVAR, T. M.; BERNIER, W. E.; DECOSTE, J.; POMERANTZ, N. L. e JONES JR, W. E. Chemical protective textiles of UiO-66-integrated PVDF composite fibers with rapid heterogeneous decontamination of toxic organophosphates. *ACS Applied Materials and Interfaces*, v. 10, n. 40, p. 34585-34591, 2018.

EJSMONT, A.; ANDREO, J.; LANZA, A.; GALARDA, A.; MACREADIE, L.; WUTTKE, S.; CANOSSA, S.; PLOETZ, E. e GOSCIANSKA, J. Applications of reticular diversity in metal-organic frameworks: an ever-evolving state of the art. *Coordination Chemistry Reviews*, v. 430, p. 213655, 2021.

## Material suplementar

O material suplementar deste trabalho está disponível em (<http://qnesc.sbq.org.br/>), na forma de arquivo PDF, com acesso livre.

**Caroline Batistín da Cruz Almeida** (batistincaro@gmail.com) é licenciada, mestre e doutora em Química pela Universidade Federal do Espírito Santo. Atualmente é professora da Rede Estadual de Ensino do Espírito Santo. **Paulo Rogério Garcez de Moura** (paulomoura.ufes@gmail.com) é licenciado em Química, mestre em Filosofia e doutor em Educação em Ciências pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Atualmente é professor do Departamento de Química da Universidade Federal do Espírito Santo. **Priscilla Paiva Luz** (priscilla.luz@ufes.br) é bacharel e doutora em Química pela Universidade de São Paulo. Atualmente é professora do Departamento de Química da Universidade Federal do Espírito Santo.

EMAM, H. E.; ABDELHAMID, H. N. e ABDELHAMEED, R. M. Self-cleaned photoluminescent viscose fabric incorporated lanthanide-organic framework (Ln-MOF). *Dyes and Pigments*, v. 159, p. 491-498, 2018.

FANG, F.; LV, Q.; LI, P.; TAO, Y.; ZHANG, Y.; ZHOU, Y.; LI, X. e LI, J. Screening of hierarchical porous UiO-67 for efficient removal of glyphosate from aqueous solution. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, v. 10, n. 3, p. 107824, 2022.

FERREIRA, M.; SILVA, A. L. S.; SILVA FILHO, O. L. e PORTUGAL, K. O. Atividade Experimental Problematizada (AEP): asserções praxiológicas e pedagógicas ao ensino experimental das ciências. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 27, n. 1, p. 308-322, 2022.

FREM, R. C.; ARROYOS, G.; FLOR, J. B.; ALVES, R. C.; LUCENA, G. N.; SILVA, C. M. D. e COURA, M. F. MOFs (metal-organic frameworks): a fascinating class of porous inorganic materials. *Química Nova*, v. 41, n. 10, p. 1178-1191, 2018.

HASAN, Z. e JHUNG, S. H. Removal of hazardous organics from water using metal-organic frameworks (MOFs): plausible mechanisms for selective adsorptions. *Journal of Hazardous Materials*, v. 283, p. 329-339, 2015.

IGHALO, J. O.; ADENIYI, A. G. e ADELODUN, A. A. Recent advances on the adsorption of herbicides and pesticides from polluted waters: performance evaluation via physical attributes. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, v. 93, p. 117-137, 2021.

JONES, C. W. Metal-Organic Frameworks and Covalent Organic Frameworks: emerging advances and applications. *JACS Au*, v. 2, n. 7, p. 1504-1505, 2022.

KIRLIKOVALI, K. O.; HANNA, S. L.; SON, F. A. e FARHA, O. K. Back to the basics: developing advanced metal-organic frameworks using fundamental chemistry concepts. *ACS Nanoscience Au*, v. 3, n. 1, p. 37-45, 2022.

KONING, M. C.; MA, K.; VAN GROEL, M.; IORDANOV, I.; KRUIJNE, M. J.; IDREES, K. B.; XIE, H.; ISLAMOGLU, T.; BROSS, R. P. T. e FARHA, O. K. Development of a metal-organic framework/textile composite for the rapid degradation and sensitive detection of the nerve agent VX. *Chemistry of Materials*, v. 34, n. 3, p. 1269-1277, 2022.

MA, K.; ISLAMOGLU, T.; CHEN, Z.; LI, P.; WASSON, M. C.; CHEN, Y.; WANG, Y.; PETERSON, G. W.; XIN, J. H. e FARHA, O. K. Scalable and template-free aqueous synthesis

of zirconium-based metal-organic framework coating on textile fiber. *Journal of the American Chemical Society*, v. 141, n. 39, p. 15626-15633, 2019.

MANDAL, S.; NATARAJAN, S.; MANI, P. e PANKAJAKSHAN, A. Post-synthetic modification of metal-organic frameworks toward applications. *Advanced Functional Materials*, v. 31, n. 4, 2006291, 2021.

MAO, Y.; LI, G.; GUO, Y.; LI, Z.; LIANG, C.; PENG, X. e LIN, Z. Foldable interpenetrated metal-organic frameworks/carbon nanotubes thin film for lithium-sulfur batteries. *Nature Communications*, v. 8, n. 1, 14628, 2017.

MARTINS, V. e RONCONI, C. M. Coordination networks: design, synthesis, topology and photophysical properties. *Revista Virtual de Química*, v. 9, n. 3, p. 1318-1341, 2017.

MOOSAVI, S. M.; NANDY, A.; JABLONKA, K. M.; ONGARI, D.; JANET, J. P.; BOYD, P. G.; LEE, Y.; SMIT, B. e KULIK, H. J. Understanding the diversity of the metal-organic framework ecosystem. *Nature Communications*, v. 11, 4068, 2020.

MORGAN, S. E.; WILLIS, M. L.; PETERSON, G. W.; MAHLE, J. J. e PARSONS, G. N. Green MOF-fabrics: benign, scalable sorption-vapor synthesis of catalytic composites to protect against phosphorus-based toxins. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, v. 10, n. 8, p. 2699-2707, 2022.

MOURA, A. C. e LIMA, J. C. Diálogos entre ensino e pesquisa: incentivo à pesquisa como atividade investigativa na Educação Básica. *Revista Pedagógica*, v. 23, p. 1-21, 2021.

NEUMANN, S. E.; NEUMANN, K.; ZHENG, Z.; HANIKEL, N.; TSAO, J. e YAGHI, O. M. Harvesting water in the classroom. *Journal of Chemical Education*, v. 100, n. 11, p. 4482-4487, 2023.

NIK ZAIMAN, N. F. H.; SHAARI, N. e HARUN, N. A. M. Developing metal-organic framework-based composite for innovative fuel cell application: an overview. *International Journal of Energy Research*, v. 46, n. 2, p. 471-504, 2022.

QIU, J.; ZHANG, X.; FENG, Y.; ZHANG, X.; WANG, H. e YAO, J. Modified metal-organic frameworks as photocatalysts. *Applied Catalysis B: Environmental*, v. 231, p. 317-342, 2018.

RODRÍGUEZ, H. S.; HINESTROZA, J. P.; OCHOA-PUENTES, C.; SIERRA, C. A. e SOTO, C. Y. Antibacterial activity against *Escherichia coli* of Cu-BTC (MOF-199) metal-organic framework immobilized onto cellulosic fibers. *Journal of Applied Polymer Science*, v. 131, n. 19, 40815, 2014.

SILVA, R. V. Panorama da pesquisa universitária no Brasil: angústias e proposições. *Revista de Educação e Ensino*, v. 20, p. 24-38, 2014.

SILVA PINTO, M.; SIERRA-AVILA, C. A. e HINESTROZA, J. P. In situ synthesis of a Cu-BTC metal-organic framework (MOF 199) onto cellulosic fibrous substrates: Cotton. *Cellulose*, v. 19, n. 5, p. 1771-1779, 2012.

WANG, C.; QIAN, X. e AN, X. In situ green preparation and antibacterial activity of copper-based metal-organic frameworks/cellulose fibers (HKUST-1/CF) composite. *Cellulose*, v. 22, n. 6, p. 3789-3797, 2015.

XIANG, Y.; YAN, H.; PENG, F.; KE, W.; FAHEEM, A.; LI, M. e HU, Y. Microorganisms@aMIL-125 (Ti): an amorphous metal-organic framework induced by microorganisms and their applications. *ACS Omega*, v. 8, n. 2, p. 2164-2172, 2023.

YAGHI, O. M. Reticular Chemistry - construction, properties, and precision reactions of frameworks. *Journal of the American Chemical Society*, v. 138, n. 48, p. 15507-15509, 2016.

YAGHI, O. M.; KALMUTZKI, M. J. e DIERCKS, C. S. *Introduction to reticular chemistry: metal-organic frameworks and covalent organic frameworks*. Weinheim: Wiley-VCH, 2019.

YANG, Q.; WANG, J.; CHEN, X.; YANG, W.; PEI, H.; HU, N.; LI, Z.; SUO, Y.; LI, T. e WANG, J. The simultaneous detection and removal of organophosphorus pesticides by a novel Zr-MOF-based smart adsorbent. *Journal of Materials Chemistry A*, v. 6, n. 5, p. 2184-2192, 2018.

ZHUANG, J. L.; AR, D.; YU, X. J.; LIU, J. X. e TERFORT, A. Patterned deposition of metal-organic frameworks onto plastic, paper, and textile substrates by inkjet printing of a precursor solution. *Advanced Materials*, v. 25, n. 33, p. 4631-4635, 2013.

**Abstract:** *Problematized experimental activities on metal-organic frameworks: introducing reticular chemistry in High School.* Metal-organic frameworks (MOFs) are highly porous coordination polymers studied in a field of Chemistry called Reticular Chemistry. This porosity can be used, among other applications, in water decontamination by adsorption. In this paper, we present a didactic sequence developed with experimental activities problematized with the theme "MOFs for water decontamination". Several principles of fundamental Chemistry were addressed through original experiments and solid characterization techniques were performed, in partnership with the local Federal University. In addition to learning in Chemistry, we highlight the leading role of students in the construction of learning and the sociocultural aspect of the approach, since the technical visit to the university promoted the approach of young people to public higher education, especially to scientific research, so distant from the reality of the researched public.

**Keywords:** metal-organic frameworks, reticular chemistry, problematized experimental activities

# Aplicação de sequência didática no ensino de química orgânica através de oficina temática com plantas medicinais em uma escola pública: uma pesquisa-ação

Jacqueslayne de Oliveira Chaves, Bruna Rodrigues Soares e Lúcia Meirelles Lobão Protti

Este estudo analisa o impacto de oficinas temáticas com plantas medicinais no ensino de química orgânica em uma escola pública. A abordagem prática e contextualizada visou conectar conceitos teóricos a aplicações do dia a dia. A oficina incluiu atividades como a identificação de compostos orgânicos presentes nas plantas, preparação de extratos e discussão sobre suas propriedades medicinais. Os resultados mostraram aumento no interesse e compreensão dos estudantes, além de valorizar o conhecimento tradicional e o uso sustentável de recursos naturais.

► ensino de química, plantas medicinais, aprendizagem contextualizada ◀



Recebido em 28/06/2024; aceito em 30/10/2024

167

## Introdução

A educação, no Brasil, enfrenta uma série de desafios, que requerem reflexões sobre questões estruturais e demandas da sociedade, que se encontra em transformação (Almeida, 2022). De acordo com a UNICEF (2022), a evasão escolar é um problema que assola nosso país e que apresenta como principais causas: questões familiares, necessidade de trabalhar, gravidez na adolescência, falta de contextualização do conteúdo com o cotidiano dos discentes e métodos de ensino desestimulantes.

As deficiências estruturais e sociais refletem na aprendizagem e motivação do aluno e podem ser observadas em avaliações externas. O Pisa, Programa Internacional de Avaliação de Estudantes, com base nos dados de 2015, apontou que os estudantes brasileiros apresentam um baixo nível de proficiência, atingindo apenas 401 pontos. Resultado muito inferior quando comparado a países como Finlândia, Canadá e Coreia do Sul que alcançaram pontuação superior a 500 (Brasil, 2015).

No ensino de química, o cenário não é diferente, uma vez que essa disciplina envolve conteúdos relativos à composição da matéria, suas propriedades e transformações, de modo que as dificuldades de aprendizagem compartilhadas pelos discentes incluem a complexidade intrínseca ao conteúdo, a realização de cálculos, a falta de recursos adequados, a necessidade de compreensão de conceitos abstratos e uma

abordagem pedagógica, muitas vezes ineficiente (Albano e Delou, 2023; Paiva *et al.*, 2022; Rodrigues *et al.*, 2020).

Em 1993, Johnstone destacou os três níveis de representação do conhecimento químico: macroscópico, que se refere às observações diretas e tangíveis, como reações visíveis e mudanças de estado; o submicroscópico, que trata das partículas que compõem a matéria (átomos, moléculas e íons) e suas interações, o que é essencial para entender as explicações teóricas dos fenômenos; e, por fim, o nível simbólico, que envolve o uso de símbolos, fórmulas químicas e equações para representar reações e processos químicos, facilitando a comunicação e a abstração dos conceitos (Johnstone, 1993).

Além disso, Johnstone investigou a carga cognitiva no aprendizado da química, sugerindo que a complexidade do assunto e a forma como é apresentado podem sobrecarregar a capacidade cognitiva dos estudantes, dificultando a aprendizagem. Ele propôs que diferentes estratégias de ensino devem ser desenvolvidas para aliviar essa carga cognitiva, facilitando a assimilação e a compreensão dos conceitos químicos (Johnstone, 1993).

No contexto da aprendizagem significativa, conforme pontuado por Ausubel (2003), o aprendizado ocorre de maneira mais efetiva quando novos conhecimentos são relacionados de forma substantiva e não-arbitrária ao que o aluno já conhece. Segundo o mesmo autor, esse processo de integração do novo conteúdo com os conhecimentos prévios permite a construção de significados mais profundos e



duradouros, favorecendo uma compreensão mais completa e aplicada do conteúdo abordado.

Assim, as oficinas temáticas aparecem como uma alternativa para aprimorar o ensino de Química, representando uma ferramenta que permite o estabelecimento de um ambiente investigativo em sala de aula. Tal abordagem visa ultrapassar os métodos tradicionais de ensino e promover uma compreensão mais profunda e significativa dos conceitos (Aguilar *et al.*, 2019).

De acordo com Vieira e Volquind (2002, p.12), uma oficina temática não se limita a um espaço para aprender por meio da prática; ela pressupõe, sobretudo, o pensar, o sentir e o agir. Isso resulta em uma transformação significativa do conhecimento a partir de conceitos teóricos e práticos. O desenvolvimento de uma Oficina Temática com Plantas Medicinais no ensino de química orgânica permite aproximação da teoria com o cotidiano dos alunos, tornando o aprendizado mais significativo (Santos e David, 2019).

Essa aproximação da química com o cotidiano dos discentes é possível, visto que o uso de plantas medicinais remonta aos primórdios da história humana, representando uma tradição arraigada desde os estágios iniciais da formação das civilizações, quando o uso destas plantas visava a cura, o tratamento e a prevenção de doenças (Silva *et al.*, 2022). No Brasil, essa prática é enriquecida pela diversidade cultural e pelos saberes acumulados ao longo do tempo pelas diferentes comunidades, além da vasta biodiversidade presente no país (Silva *et al.*, 2022).

Diante dessa perspectiva, este estudo tem por objetivo investigar a eficácia da aplicação de uma sequência didática, a partir do uso de oficinas temáticas relacionadas às plantas medicinais, no contexto do ensino e aprendizagem de química orgânica. Além disso, busca compreender como essas oficinas podem influenciar o engajamento dos alunos, facilitar a compreensão dos conceitos de química orgânica e a transferência de conhecimento teórico para situações práticas. Por fim, pretende-se explorar as percepções dos participantes sobre a relevância e aplicabilidade dessas atividades no contexto educacional.

## Metodologia

O estudo foi desenvolvido a partir do método pesquisa-ação. Esse tipo de pesquisa possui caráter empírico e é conduzido em associação com uma ação ou resolução de um problema coletivo (Thiollent, 2018). Na pesquisa-ação, tanto os pesquisadores quanto os participantes estão envolvidos de maneira operativa ou participativa, e buscam aspectos de transformação da situação investigada (Silva *et al.*, 2021).

Dessa forma, o desenvolvimento da pesquisa seguiu as seguintes fases: identificação do problema; planejamento da prática (ação); implementação da sequência didática; monitoramento; descrição e avaliação dos resultados (Figura 1).



Figura 1: Fluxograma do ciclo da pesquisa-ação para investigação da eficiência da sequência didática no ensino de química orgânica, com o uso de oficinas temáticas no Ensino Médio.

A pesquisa foi realizada em uma escola estadual localizada na Zona da Mata mineira. Foram escolhidos, como público-alvo, os alunos do 3º ano do ensino médio, devido ao fato de uma das pesquisadoras ser a docente de química das referidas turmas e de o conteúdo, química orgânica, ser parte do projeto pedagógico do período mencionado.

Inicialmente, as turmas totalizavam 86 alunos matriculados, contudo, devido à evasão ou a ausência em uma das etapas da pesquisa, compuseram a amostra final apenas 66 participantes.

A sequência didática proposta foi realizada em três ambientes distintos: sala de aula, laboratório de ciências e laboratório de informática da escola, sendo estas

consolidadas em 4 etapas (Quadro 1): i – aula expositiva-dialogada sobre química no cotidiano e funções orgânicas; ii - seminário sobre a química das plantas medicinais; iii – realização de atividade experimental, iv - confecção do relatório científico.

O engajamento dos alunos foi avaliado de forma qualitativa, por meio da observação da docente/pesquisadora, durante as atividades propostas na sequência didática. Já a apreensão do conhecimento e a relevância das estratégias educacionais utilizadas, avaliadas sob a ótica dos alunos, foram analisadas por meio da comparação de dois formulários.

Os formulários foram aplicados aos estudantes, em momentos distintos: o primeiro aplicado após a primeira etapa

[...] uma oficina temática não se limita a um espaço para aprender por meio da prática; ela pressupõe, sobretudo, o pensar, o sentir e o agir. Isso resulta em uma transformação significativa do conhecimento a partir de conceitos teóricos e práticos. O desenvolvimento de uma Oficina Temática com Plantas Medicinais no ensino de química orgânica permite aproximação da teoria com o cotidiano dos alunos, tornando o aprendizado mais significativo.

Quadro 1: Descrição detalhada das fases incluídas na sequência didática com utilização de oficina temática e plantas medicinais para alunos do Ensino Médio de uma escola pública.

Etapas	Duração	Descrição
Abordagem do tema: “ <i>Química no cotidiano</i> ” em sala de aula.	1 aula (50 minutos)	Aula expositiva dialogada: química no cotidiano e funções orgânicas, com ênfase na relação do saber popular e pesquisas científicas sobre plantas medicinais.
Seminário	1 aula (50 minutos)	Palestra com conteúdo sobre a identificação de funções orgânicas, destacando a presença destas em plantas medicinais.
Realização da atividade experimental no laboratório de ciências	2 aulas (100 minutos)	Identificação de possíveis funções orgânicas presentes nas plantas medicinais a partir do teste de Jones, teste de Brady e teste de Baeyer.
Confecção do Relatório Científico e Aplicação do Questionário de Avaliação da Aula, no laboratório de informática.	2 aulas (100 minutos)	Escrita científica, usando como fonte de pesquisa as bases de dados <i>Google Scholar</i> e <i>SciELO</i> . Em seguida os discentes avaliaram a metodologia usada para o estudo das funções orgânicas.

da sequência didática, com questões objetivas e discursivas; e o segundo questionário, aplicado após a quarta etapa, com o mesmo formato do anterior. Ambos abordaram conteúdos sobre o conhecimento de química e de plantas medicinais, aspectos específicos sobre as funções orgânicas, e questionamentos sobre as estratégias de ensino na química.

Posteriormente, as perguntas foram agrupadas por objetivo de investigação (interesse pela química orgânica; avaliação das atividades práticas; aquisição do conhecimento e opinião sobre a sequência didática) e comparadas, considerando as diferenças percentuais entre os resultados do primeiro e do segundo questionários. O teste do Qui-quadrado foi utilizado para comprovar a significância estatística entre essas diferenças, considerando um  $p < 0,05$ .

O projeto de pesquisa foi desenvolvido mediante a anuência da instituição envolvida. O estudo também foi previamente enviado ao Comitê de Ética e Pesquisa (CEP) e aprovado pelo comitê de ética conforme o CAAE número: 67032923.2.0000.8063.

## Resultados e discussão

Os resultados desta pesquisa foram apresentados em dois blocos: a avaliação qualitativa, baseada na percepção docente, e a avaliação quantitativa, derivada da análise dos formulários aplicados aos alunos.

### Análise qualitativa do envolvimento discente

O desenvolvimento de uma oficina temática requer a

consideração do conhecimento prévio e vivência dos alunos, possibilitando a contextualização do conhecimento e incentivando a participação ativa dos discentes na construção do saber (Marcondes, 2008). Dessa forma, foi possível verificar o aumento do interesse dos alunos ao longo do desenvolvimento da sequência didática.

Inicialmente, ao explicar o conteúdo funções orgânicas, usando o método tradicional de ensino (quadro e pincel), foi observada pouca interação e participação dos estudantes.

Ao solicitar que os discentes registrassem o conteúdo do quadro, notou-se a insatisfação de alguns, exigindo atenção e insistência da professora para realização da atividade proposta.

Durante o desenvolvimento do seminário “*Química das Plantas Medicinais*”, foi possível constatar uma maior participação e o despertar da curiosidade dos alunos. A aula foi iniciada com a apresentação de folhas frescas de plantas de capim limão e citre-

la. Em seguida, foram realizadas perguntas direcionadas aos alunos, sobre a sua identificação. Por se tratarem de plantas do cotidiano dos participantes, foi possível notar alteração do comportamento dos alunos, os quais se mostraram mais participativos e atentos às explicações, e também mais próximos da professora.

A visão dos autores Tito e Canto (2012), apresentada na obra “*Química na Abordagem do Cotidiano*,” enfatiza que, ao trazer exemplos do cotidiano para a sala de aula, como o uso de plantas medicinais ou os processos químicos envolvidos na culinária, é possível estabelecer uma conexão entre a teoria e a prática. Tal fato possibilita tornar a disciplina

mais acessível e atraente para os estudantes. Esses mesmos autores acreditam que essa metodologia pode contribuir, significativamente, para a formação integral do aluno, desenvolvendo habilidades críticas, investigativas e aplicáveis a diversas situações da vida real.

No entanto, a maior participação dos discentes foi notada durante a realização da aula prática. Desde o momento em que entraram no laboratório de ciências e foram apresentados aos equipamentos de proteção individual (EPIs), como jalecos, luvas e toucas, os estudantes demonstraram curiosidade e entusiasmo. Um aspecto essencial dessa etapa foi a contribuição ativa dos alunos, que trouxeram amostras de plantas medicinais, conforme solicitado anteriormente, e, por iniciativa própria, decidiram também trazer mudas para serem plantadas na escola. Essa ação espontânea contribuiu ainda mais para o desenvolvimento da oficina temática, fortalecendo a conexão dos alunos com o conteúdo ao se envolverem ativamente no processo desde o início.

Assim que os alunos entraram no laboratório de ciências, a professora apresentou-lhes a questão central do experimento, indagando-os como seria possível identificar diferentes funções orgânicas presentes nas plantas medicinais. Esse questionamento deu um direcionamento claro à atividade, permitindo que os discentes concentrassem sua curiosidade em resolver um problema real relacionado às amostras que trouxeram.

Antes de iniciar o experimento, os alunos foram incentivados a discutir quais compostos orgânicos poderiam estar presentes nas plantas medicinais que trouxeram, como camomila (*Matricaria chamomilla*), hortelã (*Mentha spicata*), capim-limão (*Cymbopogon citratus*) e erva-doce (*Foeniculum vulgare*). As discussões em grupo sugeriram hipóteses como a presença de fenóis, álcoois e cetonas, baseando-se nos conhecimentos adquiridos previamente em sala de aula.

Com as hipóteses formuladas, a turma foi organizada em grupos de cinco alunos e direcionados para a etapa da experimentação. Cada grupo foi encarregado de realizar três testes colorimétricos distintos—Teste de Jones, Teste de Brady e Teste de Bayer—para identificar funções orgânicas nas amostras de plantas medicinais. Eles prepararam infusões das plantas e as transferiram para tubos de ensaio, adicionando os reagentes correspondentes. O entusiasmo dos alunos era visível à medida que seguiam o roteiro da atividade experimental fornecido pela professora e registravam as mudanças de cor em cada amostra analisada.

Durante o experimento, os estudantes observaram com atenção as alterações nas cores das soluções e compararam os resultados entre os grupos. Eles notaram, por exemplo,

mudanças significativas de cor em determinadas plantas, confirmando a presença de compostos orgânicos como os aldeídos ou os fenóis. Cada observação foi cuidadosamente registrada, e os dados obtidos serviram de base para a discussão posterior.

Ao final da atividade, os alunos compararam os resultados observados com as hipóteses levantadas no início. Eles refletiram sobre as evidências, confirmando ou refutando suas suposições iniciais. Alguns resultados estavam alinhados com as hipóteses, enquanto outros trouxeram surpresas, o que gerou discussões animadas e reflexões críticas sobre o processo científico. Esse momento foi essencial para consolidar a experiência e o aprendizado, permitindo que os alunos compreendessem como o método científico se aplica na prática.

Sendo assim, no laboratório de ciências, os discentes puderam desenvolver as seguintes etapas do método científico: identificação do problema, levantamento de hipótese, experimentação, observação dos resultados e conclusão.

As atividades experimentais no ensino de química desempenham um papel crucial ao proporcionar uma abordagem prática e dinâmica, capaz de enriquecer a experiência educacional dos alunos. Além de despertarem o interesse e a motivação dos estudantes, essas práticas permitem uma compreensão conceitual mais profunda, uma vez que os alunos aplicam os conhecimentos teóricos em situações reais de laboratório. Ao mesmo tempo, as atividades experimentais desenvolvem habilidades práticas e cognitivas, promovendo o pensamento crítico, a resolução de problemas e o trabalho em equipe, preparando os discentes para os desafios do mundo científico moderno (Peixoto *et al.*, 2020; Passos e Vasconcelos, 2024).

Por fim, a elaboração do relatório científico, realizado em grupos com cinco integrantes, permitiu que os alunos documentassem de maneira organizada e detalhada todos os procedimentos realizados e os resultados obtidos durante a aula prática. Durante essa etapa da atividade, os alunos foram conduzidos ao laboratório

de informática, onde receberam orientações sobre como utilizar o *Google Scholar* como ferramenta de pesquisa. Nesse ambiente, puderam coletar dados relevantes para a elaboração da introdução e discussão do relatório científico.

Foi notório o empenho dos estudantes e o desenvolvimento de habilidades de pesquisa, seleção de informações relevantes e escrita científica. Além disso, esse momento proporcionou a oportunidade de adquirir conhecimento adicional sobre o assunto em questão, enriquecendo a experiência educacional dos alunos e preparando-os para a comunicação eficaz de seus resultados.

Ao final da atividade, os alunos compararam os resultados observados com as hipóteses levantadas no início. Eles refletiram sobre as evidências, confirmando ou refutando suas suposições iniciais. Alguns resultados estavam alinhados com as hipóteses, enquanto outros trouxeram surpresas, o que gerou discussões animadas e reflexões críticas sobre o processo científico. Esse momento foi essencial para consolidar a experiência e o aprendizado, permitindo que os alunos compreendessem como o método científico se aplica na prática.

### Análise quantitativa do conhecimento e da opinião discente sobre o ensino de química

A análise quantitativa permitiu identificar tendências, padrões e correlações nos resultados obtidos, possibilitando uma avaliação mais objetiva dos impactos das intervenções pedagógicas e das atividades experimentais na aprendizagem dos alunos. Os questionários foram aplicados em dois momentos: antes e após a realização da sequência didática, e as perguntas específicas forneceram a base para as análises subsequentes.

Os resultados obtidos a partir desta pesquisa, conforme demonstrado na Figura 2, apresentam o interesse dos estudantes pela disciplina de Química Orgânica.

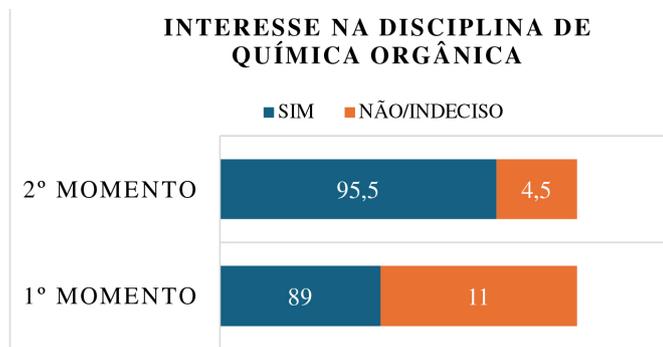


Figura 2: Comparação em porcentagem do nível de interesse dos estudantes na disciplina química orgânica antes e depois do desenvolvimento da Oficina Temática.

As perguntas que sustentaram a análise foram:

*Momento 1: “A química orgânica é uma matéria interessante?”*

*Momento 2: “Há conteúdos interessantes na disciplina química orgânica?”*

Uma parcela significativa dos alunos demonstrou interesse pela referida matéria, independentemente da estratégia de ensino utilizada em sala. Estudos anteriores sugerem que os alunos, costumeiramente, consideram a química uma disciplina desafiadora (Albano e Delou, 2023), mas importante, uma vez que conseguem perceber aplicação nos contextos cotidianos e profissionais (Schnetzler, 1992).

Diante disso, é possível que os alunos já possuam uma compreensão sobre a importância da química orgânica, moldada por experiências anteriores, influências da mídia, ou mesmo pelo ambiente familiar e comunitário. Apesar da diferença na frequência de respostas, sobre o interesse pela química, não ter sido significativa ( $\chi^2 = 2,12$ ,  $p > 0,05$ ), o aumento da porcentagem de respostas positivas para 95,5%, após a aplicação da oficina temática, sugere que a estratégia pedagógica adotada despertou maior interesse nos discentes, validando a visão de Lunkes et al. (2021). Os autores relatam, ainda, que

[...] métodos práticos e experimentais são eficazes na facilitação da compreensão dos conceitos químicos. Isso reforça a ideia de que a experimentação não é apenas um complemento, mas uma ferramenta essencial no ensino de Química, visto que conceitos abstratos podem ser melhor compreendidos através da observação prática e da experimentação.

o ensino convencional das disciplinas de química e outras ciências, frequentemente, apresenta-se como uma experiência desafiadora para os estudantes, muitas vezes carecendo de uma abordagem didática eficaz e da participação ativa dos alunos. Além disso, fatores como a curiosidade natural dos estudantes e a influência de professores entusiastas podem contribuir para este interesse (Lopes, 2020). A abordagem e o carisma do professor podem ter um impacto relevante na maneira como os alunos percebem e se interessam por uma disciplina.

A Figura 3 apresenta uma comparação sobre a opinião dos alunos em relação à influência das metodologias experimentais no processo de compreensão dos conteúdos de química orgânica, tanto antes quanto após o desenvolvimento da oficina temática com plantas medicinais.

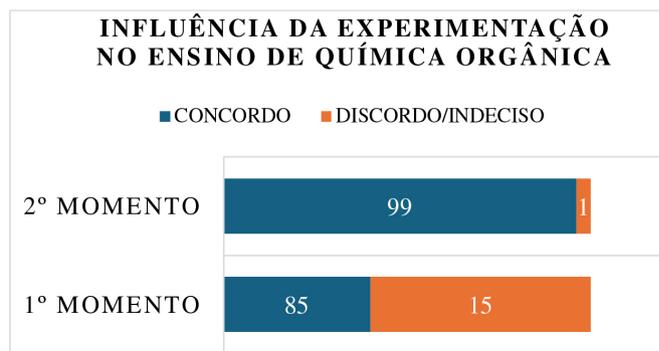


Figura 3: Comparação em porcentagem sobre a opinião dos alunos em relação a influência de metodologias experimentais, na compreensão dos conteúdos de química orgânica.

No primeiro momento, os estudantes foram questionados se “a experimentação facilita o entendimento dos conteúdos de química” e, após a implementação da oficina, uma nova questão foi apresentada: “A experimentação tornou o ensino de química mais atrativo e facilitou o entendimento dos assuntos abordados em sala de aula?”.

Os resultados iniciais da pesquisa apontaram que 85% dos alunos manifestaram total ou parcial concordância com a afirmativa, enquanto os 15% restantes apresentaram indecisão ou discordância em relação à mesma. Os resultados indicam que grande parte dos estudantes demonstraram uma percepção positiva das atividades práticas e experimentais, o que corrobora os resultados encontrados nos trabalhos de Santos e Menezes (2020) e Gonçalves e Goi (2021). Tais autores afirmam que métodos práticos e experimentais são eficazes na facilitação da compreensão dos conceitos químicos. Isso reforça a ideia de que a experimentação não é apenas um complemento, mas uma ferramenta essencial no ensino de Química, visto que conceitos abstratos podem ser melhor compreendidos através da observação prática e da experimentação.

Apesar de existirem porcentagens relativamente baixas de alunos que discordaram ou ficaram indecisos sobre a eficácia das práticas experimentais no processo de ensino aprendizagem, pode-se considerar essa informação importante, e a partir dela inferir que nenhum método de ensino é soberano em relação ao outro. Na realidade, a utilização de métodos variados é crucial, afinal existe grande diversidade acerca do melhor método de aprendizado individual (Bacich e Moran, 2018). Entretanto, destaca-se que a comparação entre a opinião dos alunos, antes e após as práticas da sequência didática, mostrou um aumento significativo ( $\chi^2 = 4,18$ ,  $p < 0,05$ ) pelo interesse com as atividades experimentais no aprendizado de química orgânica, conforme apresentado na Figura 3, na qual pode ser evidenciado que apenas 1% permaneceu indeciso ou discordou.

Esses elementos salientam, claramente, o impacto das atividades experimentais com plantas medicinais na percepção dos alunos, sugerindo uma contribuição efetiva das oficinas temáticas no aprimoramento do ensino de química orgânica, reafirmando a prática como uma ferramenta pedagógica valiosa para o ensino dessa disciplina (Santos e David, 2019; Braibante *et al.*, 2014; Brito *et al.*, 2019).

Além disso, a melhora no desempenho dos alunos do 3º ano do ensino médio também foi percebida (Figura 4) após a participação na oficina temática. Ao comparar os dados obtidos nos questionários inicial e final, observou-se um aumento considerável ( $\chi^2 = 58,11$ ,  $p < 0,05$ ) nas taxas de acertos em identificar as funções orgânicas presentes em plantas medicinais. As perguntas que originaram estes dados foram:

IDENTIFICAÇÃO DE FUNÇÕES ORGÂNICAS PRESENTES EM PLANTAS MEDICINAIS

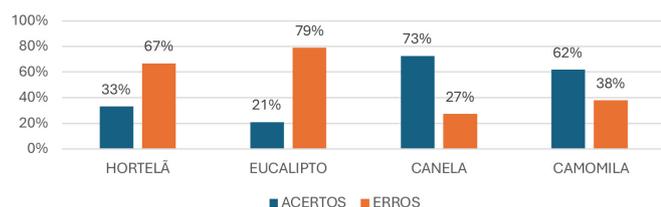


Figura 4: Impacto do uso de oficina experimental com plantas medicinais na identificação de funções orgânicas.

“Qual função orgânica está presente na mentona representada pela Figura 5, substância encontrada na hortelã?”

“Qual função orgânica está presente no timol (Figura 6), composto encontrado no eucalipto?”

“A canela contém substâncias com atividade anti-inflamatória. É consumida desde 2000 a.C., no antigo Egito, onde era usada como condimento para bebida, na medicina popular e como agente de embalsamamento. Um de seus compostos é representado na Figura 7. Qual grupo funcional pode-se encontrar nesta molécula?”

“O chá de camomila é bastante popular nas casas de famílias brasileiras e apresenta em sua composição substâncias benéficas, que é uma boa sugestão para tratamentos caseiros. A estrutura de um de seus componentes é mostrada

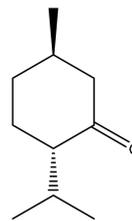


Figura 5: Representação da molécula de mentona.

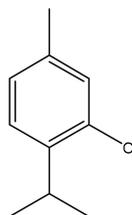


Figura 6: Representação da molécula de Timol presente no eucalipto.

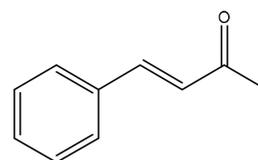


Figura 7: Composto orgânico presente na Canela.

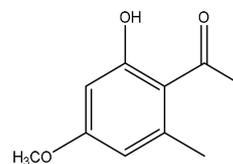


Figura 8: Composto orgânico presente na Camomila.

abaixo (Figura 8). Nela estão presentes quais as funções orgânicas?”

No questionário inicial, aplicado antes do desenvolvimento da oficina temática, foi apresentada a estrutura molecular da mentona, substância encontrada na hortelã, e do timol, substância encontrada no eucalipto. Observou-se uma taxa de 33% de acerto na identificação da cetona presente na mentona (hortelã) e de 21% de acerto na identificação do fenol presente no timol (eucalipto).

No questionário final, em contrapartida, aplicado após o desenvolvimento da oficina temática, foi apresentada a estrutura molecular de um princípio ativo presente na canela e na camomila buscando avaliar conhecimentos análogos (função orgânica) àqueles abordados no questionário inicial. Para essas perguntas, obteve-se 73% de acerto na identificação da cetona presente na canela e 62% de acerto na identificação das funções orgânicas éter, fenol e cetona presentes na camomila. Essa diferença substancial implica uma resposta ao uso da oficina temática no aprimoramento do conhecimento dos alunos sobre as propriedades químicas e funções orgânicas presentes nas plantas medicinais.

No questionário final, foram incluídas duas questões sobre a opinião dos alunos em relação à metodologia usada pela professora. As perguntas que geraram este gráfico foram:

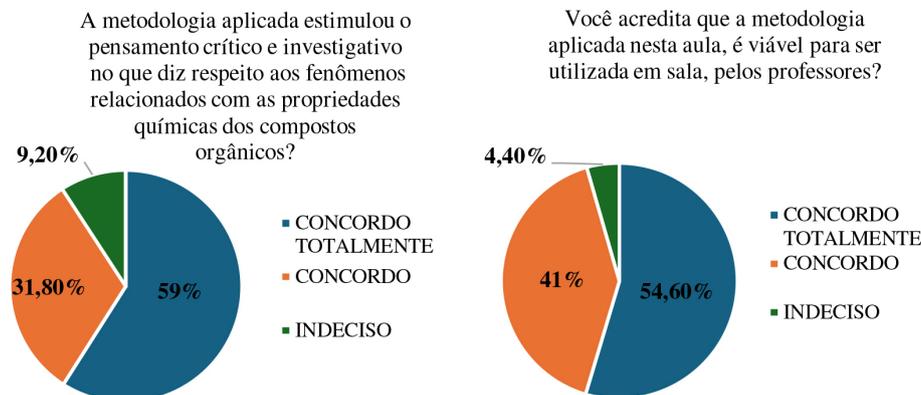


Figura 9: Viabilidade da reprodução da metodologia de ensino utilizada por outros professores.

“A metodologia aplicada estimulou o pensamento crítico e investigativo em relação aos fenômenos relacionados às propriedades químicas dos compostos orgânicos?” e “Você acredita que a metodologia aplicada nesta aula é viável para ser utilizada em sala pelos professores?”

As análises posteriores revelaram que 90,8% dos estudantes concordaram totalmente ou parcialmente com a estimulação do pensamento crítico e investigativo promovido pela oficina temática, para a identificação das propriedades químicas dos compostos orgânicos; enquanto apenas 9,2% ficaram indecisos sobre este quesito (Figura 9).

A partir desta pesquisa também pode-se observar, conforme a Figura 9, que 95,60% dos discentes concordaram, totalmente ou parcialmente, que a metodologia utilizada deve ser replicada por outros professores, enquanto 4,4% ficaram indecisos.

Contudo, é importante destacar os desafios encontrados no desenvolvimento da sequência didática. Um dos principais obstáculos foi a limitação de tempo disponível para as aulas, o que também foi apontado em um estudo semelhante de Santos e David (2019). Da mesma forma, nosso estudo reconhece a necessidade de realizar ajustes no cronograma das oficinas, a fim de proporcionar um aprendizado mais profundo e significativo para os alunos.

Além disso, é evidente a necessidade de formação continuada dos professores para reduzir a insegurança ao implementar práticas pedagógicas inovadoras (Libâneo, 2006). Com a evolução contínua da educação, os docentes devem se manter atualizados e prontos para ajustar suas abordagens pedagógicas, visando proporcionar uma experiência efetiva no processo de ensino e aprendizado dos alunos.

### Considerações finais

Os desafios enfrentados pela educação no Brasil demandam abordagens inovadoras e estratégias pedagógicas que promovam uma aprendizagem eficaz. A implementação de oficinas temáticas, como a utilização de plantas medicinais no ensino de química orgânica, demonstrou que pode ser uma ferramenta eficaz para aumentar o interesse e engajamento dos alunos, bem como melhorar a compreensão

dos conteúdos, possibilitando a resolução de questões de forma mais assertiva. Essas mudanças positivas sugerem que estratégias pedagógicas inovadoras podem ser eficazes na melhoria do ensino de química orgânica, superando, em parte, os desafios inerentes desta disciplina, fato este que corrobora a continuação e o desenvolvimento de estratégias pedagógicas semelhantes no futuro. Porém, vale ressaltar que para a execução de práticas pedagógicas inovadoras é necessário investir na formação continuada dos professores, tornando-os aptos para promover uma educação de qualidade e preparar os alunos para mundo contemporâneo.

**Jacqueslayne de Oliveira Chaves** (jacqueschaves@yahoo.com.br) é bacharel e licenciada em Química pelo Centro Universitário de Caratinga (2008), possui especialização em Ensino de Química pela Faculdade Futura e em Didática e Metodologias Ativas de Aprendizagem pela Faculdade Futura (2021) e é mestranda em Ensino de Ciências da Saúde e do Ambiente (PROCISA), pela Faculdade FADIP. Atualmente é professora efetiva na Escola Estadual “Regina Pacis” e no Centro Estadual de Educação Continuada - CESEC “Récio de Souza Ribeiro”. **Bruna Rodrigues Soares** (brunasoaressl@yahoo.com.br) é bacharel em Ciências Biológicas pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC-Minas), mestra e doutora em Parasitologia pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Atualmente é professora titular na Escola de Medicina e nos cursos de Fisioterapia, Farmácia, Enfermagem, Nutrição da Faculdade Dinâmica do Vale do Piranga (FADIP). É Docente Permanente do Programa de Pós-Graduação em Ensino, Saúde e Ambiente (PROCISA). **Lúcia Meirelles Lobão Protti** (lucia.fadip@gmail.com) é bacharel em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Juiz de Fora, mestra em Ecologia pela Universidade Federal de Juiz de Fora (2009) e doutora em Ecologia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Atualmente é Professora na Faculdade Dinâmica do Vale do Piranga (FADIP).

### Referências

- AGUIAR, J. A.; OLIVEIRA, T. A. L.; REIS, J. M. C.; SILVEIRA, M. P. De uma sequência didática a uma oficina temática: desafios do planejamento no âmbito de um subprojeto PIBID de Química. *ACTIO: Docência em Ciências*, v. 4, n. 1, p. 26-45, 2019.
- ALBANO, W. M. e DELOU, C. M. C. Principais dificuldades apontadas no Ensino Aprendizagem de Química para o Ensino Médio: Revisão sistemática. *Repositório Institucional da Fiocruz, Fundação Oswaldo Cruz*, Rio de Janeiro, 2023.
- ALMEIDA, V. C. A. Educação em perspectiva: a importância

- para o docente de conhecer a história da docência no Brasil. *Educere - Revista da Educação da UNIPAR*, v. 22, n. 1, 2022.
- AUSUBEL, D. P. *Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva*. Lisboa: Plátano, 2003.
- BACICH, L. e MORAN, J. *Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática*. Porto Alegre: Penso, 2018.
- BRAIBANTE, M. E. F.; SILVA, D. S.; BRAIBANTE, H. T. S. e PAZINATO, M. S. A Química dos Chás. *Revista Química Nova Na Escola*, v. 0, n. 0, p. 1-8, 2014.
- BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. *Relatório Nacional, PISA 2015*. Brasília, DF: Inep, 2015. Disponível em: [https://download.inep.gov.br/acoes\\_internacionais/pisa/resultados/2015/pisa2015\\_completo\\_fi\\_nal\\_baixa.pdf](https://download.inep.gov.br/acoes_internacionais/pisa/resultados/2015/pisa2015_completo_fi_nal_baixa.pdf)., acesso em jun. de 2024.
- BRITO, O. K. A.; MAMEDE, S. V. R. e ROQUE, L. K. A. Plantas medicinais no ensino de funções orgânicas: uma proposta de sequência didática para a educação de jovens e adultos. *Experiências em Ensino de Ciências*, v. 14, n. 3, 2019.
- GONÇALVES, R. P. N. e GOI, M. E. J. Experimentação no Ensino de Química na Educação Básica: Uma Revisão de Literatura. *Revista Debates em Ensino de Química*, v. 6, n. 1, p. 136-152, 2021.
- JOHNSTONE, A. H. O desenvolvimento do ensino de química: uma resposta em mudança à demanda em mudança”, *Simpósio sobre evolução R e evolução na educação química*, v. 70, n. 9, p. 701-705, 1993.
- LIBÂNEO, J. C. Diretrizes curriculares da pedagogia: imprecisões teóricas e concepção estreita da formação profissional de educadores. *Educação & Sociedade*, v. 27, p. 843-876, 2006.
- LOPES, D. G. *A Relação Professor-Aluno Na Sala De Aula: A Importância Da Afetividade No Processo De Ensino-Aprendizagem*. Monografia de Graduação em Licenciatura em Ciências Biológicas, Instituto Federal Goiano, 2020.
- LUNKES, S. G.; NICODEM, M. F. M., KURTZ, J. G. e MOHR, P. S. Importância de aulas práticas e tecnologias para aulas de Química. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, v. 7, n. 6, p. 518-535, 2021.
- MARCONDES, M. E. R. Proposições Metodológicas para o ensino de Química: Oficinas Temáticas para a aprendizagem da ciência e o desenvolvimento da cidadania. *Rev. Em Extensão*, v. 7, p. 67-77, 2008.
- PASSOS, B. S. e VASCONCELOS, A. K.P. perspectivas docentes sobre atividades experimentais no ensino de química: uma análise exploratória. *Revista de Ensino de Ciências e Matemática*, v. 15, n. 1, p. 1-24, 2024.
- PAIVA, M. M. P. C.; FONSECA, A. M. e COLARES, R. P. Estratégias didáticas potencializadoras no ensino e aprendizagem de química. *Revista de Estudos em Educação e Diversidade - REED*, v. 3, n. 7, p. 1-25, 2022.
- PEIXOTO, S. C.; SOLNER, T. B. B.; SOARES, G. O. e FANTINEL, L. Práticas experimentais aplicadas ao ensino de química como ferramenta para a aprendizagem. *Revista Triângulo*, v. 13, n. 1, p. 160-173, 2020.
- PERRUZZO, F. M. e CANTO, E. L. *Química na Abordagem do Cotidiano - Volume Único*. 4ª ed. Moderna, 2012.
- RODRIGUES, J. S. M.; RODRIGUES, M. V. A. e RODRIGUES, A. M. Ensino de físico-química: perspectivas e dificuldades elencadas por alunos se uma escola pública de ensino médio do Maranhão. *Justitia Liber*, v. 2, n. 2, p. 8-12, 2020.
- SANTOS, R. A. e DAVID, M. A. Plantas medicinais: uma temática para o ensino de Química. *Revista Interdisciplinar Sulear*, v. 3, 2019.
- SANTOS, R. e MENEZES, A. A Experimentação no ensino de química: principais abordagens, problemas e desafios. *Revista Eletrônica Pesquiseduca*, v. 12, n. 26, p. 180-207, 2020.
- SCHNETZLER, R. P. Construção do conhecimento e ensino de ciências. *Em Aberto*, ano 11, n. 55, p. 17-22, 1992.
- SILVA, E. G.; ZANATTA, S. C. e ROYER, M. R. Educação ambiental no ensino de química: revisão de práticas didático-pedagógicas sobre pilhas e baterias no ensino médio. *Revista Debates em Ensino de Química*, v. 8, n. 1, p. 56-71, 2022.
- SILVA, L.; MATIAS, C. e BARROS, A. Pesquisa em educação por meio da pesquisa-ação. *Revista eletrônica pesquiseduca*, v. 13, n. 30, p. 490-508, 2021.
- TITO, M. P. e Canto, E. L. *Química na abordagem do cotidiano*. 4ª ed. Editora FTD, 2012.
- THIOLLENT, M. *Metodologia da pesquisa-ação*. 18ª ed. São Paulo: Cortez, 2018.
- UNICEF. Dois milhões de crianças e adolescentes de 11 a 19 anos não estão frequentando a escola no Brasil 2022. Disponível em: <https://www.unicef.org/brazil/comunicados-deimprensa/dois-milhoes-de-criancas-e-adolescentes-de-11-a-19-anos-nao-estao-frequentando-a-escola-no-brasil>., acesso em mar. de 2024.
- VIEIRA, E. e VOLQUIND, L. *Oficinas de ensino? O quê? Por quê? Como?* 4ª ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2002.

**Abstract:** Application of a didactic sequence in the teaching of organic chemistry through a thematic workshop with medicinal plants in a public school: an action research. This study examines the impact of thematic workshops with medicinal plants on Organic Chemistry education in a public school. The practical and contextualized approach aimed to connect theoretical concepts to everyday applications. Workshops included activities such as identifying organic compounds in plants, preparing extracts, and discussing their medicinal properties. Results showed increased student interest and comprehension, alongside promoting traditional knowledge and sustainable use of natural resources

**Keywords:** chemistry teaching, medicinal plants, contextualized learning

# Investigação do percurso formativo de estudantes do curso técnico em Química integrado a partir dos estágios

Camila Ottonelli Calgaro e Nei Jairo Fonseca dos Santos Junior

O desenvolvimento tecnológico e as modificações constantes no mundo do trabalho exigem cada vez mais que os profissionais da área de Química apresentem, além do conhecimento técnico, habilidades comportamentais como: autonomia; trabalho em grupo; proatividade e capacidade de aprendizado contínuo. Isso motivou o desenvolvimento deste estudo, que teve como objetivo investigar o percurso formativo dos estudantes do curso Técnico em Química de um Instituto Federal da região sul do Brasil por meio dos estágios. Por isso, foi efetuada uma análise dos espaços profissionais em que os estudantes têm realizado os estágios e a partir dessa análise foi elaborado um questionário com base no Projeto Pedagógico do Curso. Entre os anos de 2015 a 2019 percebeu-se que 40,6% dos estágios foram realizados no Instituto Federal analisado. Percebeu-se que os estudantes têm obtido uma formação qualificada na área de análises químicas e controle de qualidade e desenvolveram a habilidade de trabalho em grupo.

► habilidades comportamentais, projeto pedagógico do curso, educação profissional ◀



175

Recebido em 21/05/2024; aceito em 29/08/2024

## Introdução

Nos mais de 100 anos de história da educação profissional no Brasil, ela atendeu, em cada tempo, às necessidades do país e, diferentemente de quando surgiu, hoje está à disposição de todas as pessoas que buscam real acesso às conquistas científicas e tecnológicas, voltando-se a preparar os jovens e adultos para um mercado de trabalho cada vez mais exigente (Garcia *et al.*, 2018). A educação profissional e tecnológica brasileira passou por significativas transformações ao longo do tempo, respondendo às mudanças nas demandas do mercado de trabalho e às políticas educacionais (Santos *et al.*, 2024).

As modificações da educação profissional devido às mudanças no mundo do trabalho são esperadas, uma vez que estas afetam substantivamente a vida dos trabalhadores de todos os níveis, e uma proposta democrática de escola não pode excluí-los de uma formação compatível com essas mudanças. Considerando-se que a educação escolar se vincula estreitamente ao desenvolvimento cognitivo (Libâneo, 2004b), a tarefa das escolas e dos processos educativos é desenvolver no sujeito que aprende a capacidade de aprender, em razão das exigências postas pelo volume crescente de dados acessíveis na sociedade e das redes informacionais, da

necessidade de tratar com um mundo diferente e, também, de educar a juventude em valores e ajudá-la a construir personalidades flexíveis e eticamente ancoradas (Libâneo, 2004a).

Nos últimos anos a educação profissional e tecnológica no Brasil tem assumido um importante papel de transformação social e de construção da cidadania de muitos jovens e adultos brasileiros (Côrrea Filho *et al.*, 2022). Mas, ela ainda precisa evoluir em termos quantitativos e qualitativos (Dallabona e Fariniuk, 2016), mantendo o compromisso com a melhoria contínua da qualidade da oferta educativa e a busca por inovação pedagógica para que possa cumprir seu papel estratégico no desenvolvimento do país (Côrrea Filho *et al.*, 2022).

A Educação Profissional e Tecnológica inclui os cursos de nível médio e pós-médio, sejam eles do tipo integrado, concomitante ou subsequente, bem como cursos superiores de tecnologia e cursos de formação inicial (Dallabona e Fariniuk, 2016). Dentre esses cursos, o Ensino Médio Integrado propõe uma formação integral, que considera a dimensão social e humana da realidade. Ele não desvincula o “saber fazer” do “saber pensar” e pode ser determinante para a transformação social (Araújo e Silva, 2017).

A concepção do Ensino Médio Integrado contempla a integração em três sentidos. O primeiro sentido refere-se



à concepção da formação omnilateral. O segundo sentido refere-se à indissociabilidade entre a educação profissional e a educação básica. O terceiro sentido refere-se à integração de conhecimentos gerais e específicos como totalidade (Ramos, 2008a; Ramos, 2008b).

Assim, a concepção de Ensino Médio Integrado busca assegurar uma formação que possibilite a compreensão do mundo e as contradições que lhe são intrínsecas, através da integração entre trabalho, ciência, tecnologia e cultura (Araújo e Silva, 2017). Desse modo, torna-se plausível afirmar que no Ensino Médio Integrado a preparação para o trabalho não é preparação para o emprego propriamente dita, mas sim a formação omnilateral (Pacheco, 2012).

A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) (Brasil, 1996; Brasil, 2017), as Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais para a Educação Profissional e Tecnológica (Brasil, 2021) e as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (Brasil, 1998; Brasil, 2018a) regulamentam o Ensino Médio Integrado. O Ensino Médio Integrado é descrito na seção IV-A da LDB (Brasil, 1996), denominada “Da Educação Profissional Técnica de Nível Médio”, que determina a obrigação de atendimento da formação geral do educando, para além disso, poder prepará-lo para o exercício de profissões técnicas (Brasil, 1996; Brasil, 2017).

As Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais para a Educação Profissional e Tecnológica (Brasil, 2021) também determinam para o Ensino Médio Integrado que as finalidades do Ensino Médio devem ser garantidas e observadas, além dos objetivos da Educação Profissional e Tecnológica, assegurando que os saberes sejam continuamente mobilizados, articulados e integrados, expressando-se em competências profissionais essenciais para resolver demandas complexas da vida cotidiana, do pleno exercício da cidadania do mundo do trabalho e na prática social (Brasil, 2021).

O Ensino Médio Integrado é uma das formas de ensino ofertadas pelos Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia do Brasil. Os Institutos Federais se fundamentam na organização pedagógica verticalizada, da educação básica a superior. Os Institutos Federais têm como objetivo aproximar o ensino técnico e o científico, articulando trabalho, ciência e cultura na perspectiva da emancipação humana. E, através disso, atuar em favor do desenvolvimento local e regional (Pacheco, 2010).

Dentre os cursos técnicos de nível médio, ofertados na forma integrada pelos Institutos Federais está o curso Técnico Integrado em Química. O Curso Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio é oferecido por diversos Institutos Federais brasileiros, como o Instituto Federal

Catarinense, o Instituto Federal da Bahia, o Instituto Federal de São Paulo e o Instituto Federal do Rio de Janeiro, entre outros (Catálogo Nacional de Cursos Técnicos, 2024).

De acordo com o Catálogo Nacional de Cursos Técnicos (2024) para a atuação como Técnico em Química são necessários conhecimentos acerca de planejamento e operação, a fim de assegurar a saúde e a segurança dos trabalhadores e dos futuros usuários e operadores de empresas em processos de transformação química. Além de conhecimentos relacionados à sustentabilidade do processo produtivo, às normas e relatórios técnicos, à legislação da área, às novas tecnologias relacionadas à indústria 4.0, à liderança de equipes, à solução de problemas técnicos e à gestão de conflitos (Catálogo Nacional de Cursos Técnicos, 2024).

A atuação de técnicos na área Química é uma atividade importante nos mais diversos setores produtivos da área, na busca de produtos e serviços de qualidade e para o atendimento de conformidades legais. As características mais importantes desses profissionais são: a capacitação técnica no controle de processos de produção, o domínio das principais tendências de aplicação dos princípios de conservação ambiental e da qualidade; e a capacidade de contribuir com

a gestão de políticas internas das empresas (Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro Campus Rio de Janeiro, 2014).

Em geral, o objetivo dos cursos Técnicos em Química Integrados ao ensino Médio é formar profissionais técnicos, de nível médio, na área profissional Química, em acordo com as tendências tecnológicas da região e em consonância com as demandas dos setores produtivos, visando atender às necessidades sob uma visão crítica do processo de

desenvolvimento social e econômico, tanto local quanto nacional (Centro Federal de Educação Tecnológica de Pelotas, 2007; Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro Campus Rio de Janeiro, 2014).

Das disciplinas que integram a formação profissional do Curso Técnico Integrado em Química, algumas, como, Operações Unitárias; Transporte de Fluidos e Instrumentação Industrial, são ministradas também em graduações de Engenharia Química de forma mais aprofundada. Da parte de formação técnica, com frequência, os Cursos Técnicos em Química, apresentam uma grade anual constituída em grande parte por disciplinas de Química, com maior carga horária em aulas práticas de laboratório e com a priorização da abordagem dos aspectos operacionais de cada assunto (Matsumoto e Kuwabara, 2005). Das disciplinas técnicas na área de Química pode-se destacar: Química Geral; Química Orgânica; Físico-Química; Análise Orgânica; Química Analítica Qualitativa; Química Analítica Quantitativa;

**O Ensino Médio Integrado é uma das formas de ensino ofertadas pelos Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia do Brasil. Os Institutos Federais se fundamentam na organização pedagógica verticalizada, da educação básica a superior. Os Institutos Federais têm como objetivo aproximar o ensino técnico e o científico, articulando trabalho, ciência e cultura na perspectiva da emancipação humana. E, através disso, atuar em favor do desenvolvimento local e regional (Pacheco, 2010).**

Análise Instrumental; Formulações Químicas. Outras disciplinas técnicas de áreas industriais são: Higiene e Segurança do Trabalho; Tratamentos de Águas e Resíduos, Recursos Energéticos; Tecnologia de Alimentos; Petroquímica; Corrosão, Tecnologia de Fertilizantes; Relações Humanas; Gestão e Empreendedorismo.

Além da carga horária mínima prevista, relacionada às disciplinas, o curso Técnico em Química poderá ter estágio curricular supervisionado obrigatório, a critério da instituição ofertante (Catálogo Nacional de Cursos Técnicos, 2024). O Estágio curricular supervisionado objetiva promover a integração teórico-prática das competências e habilidades desenvolvidas no decorrer do Curso. Os estágios são uma oportunidade de aproximação da Instituição de Educação com o mundo do trabalho. O estágio curricular, necessariamente, precisa ser realizado em uma área afim ao curso (Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica Campus Fortaleza, 2019).

Estudos apontam como crucial para a formação dos estudantes a realização do estágio curricular (Barreiro e Valverde, 2023; Auer, 2019), pois a prática do estágio vivenciada pelo aluno no contexto técnico, social e do trabalho, com situações reais e diferenciadas, aprimora o seu papel profissional, com mais qualidade, habilidade e segurança, articulando a teoria com o fato vivenciado, ou seja, com o mundo do trabalho (Barreiro e Valverde, 2023).

Normalmente, o estágio é realizado em alguma área afim externa ao Campus do Instituto Federal no qual o curso está inserido, mas dependendo da localização desse Campus e do arranjo produtivo local que esse Instituto se insere os alunos acabam realizando o estágio na estrutura física do próprio curso Técnico em Química. Assim, muitas vezes, os alunos acabam realizando o estágio nos laboratórios de aula, no almoxarifado ou ainda nos projetos de pesquisa e/ou inovação coordenados pelos docentes vinculados ao curso ou afins ao curso.

Entretanto, cada vez mais o mundo do trabalho exige que a formação profissional do Técnico em Química proporcione o desenvolvimento de outras habilidades além das operacionais, como habilidades comportamentais. Para atender às mudanças do mundo do trabalho, há a necessidade de formar técnicos capazes de acompanhar as tecnologias que se renovam a cada dia e que apresentem características de técnicos polivalentes, resilientes, com capacidade para resolução de problemas, tomada de decisão e trabalho em equipe (Sousa, 2015).

A formação técnica de nível médio é inegavelmente diferente da formação apenas de nível médio e precisa propiciar

aos estudantes o desenvolvimento de uma maior autonomia intelectual, capacidade de raciocínio, espírito empreendedor, iniciativa própria e pensamento crítico, assim como a capacidade de visualização e resolução de problemas. Aliado a isso, a necessidade constante de renovação nas empresas faz com que estas busquem, através da pesquisa, a criação de novos produtos, aprimoramentos dos já existentes e melhoramento dos processos, para conseguirem se manter em evidência em um mundo cada vez mais competitivo. Em virtude disto, a pesquisa é preponderante para o desenvolvimento dessas habilidades. Nesse contexto, a inserção da pesquisa no currículo de um Curso Técnico Integrado em Química se faz essencial (Sousa, 2015).

A utilização de metodologias ativas no desenvolvimento das disciplinas também tem sido apontada como eficaz para o desenvolvimento de conhecimentos, saberes e competências para o exercício da cidadania e qualificação para o trabalho dos estudantes. A atividade experimental em laboratório é comumente empregada e possibilita a compreensão de conceitos e fenômenos de forma atraente, enquanto contribui para aquisição de diversas habilidades requeridas pelo mundo do trabalho e a prática social, assim como a confecção dos relatórios para o aprimoramento da escrita e do pensamento crítico. Atividades como monitoria, visitas técnicas, feiras de ciências, gincanas e voluntariados também são eficientes para formação intelectual, pessoal e profissional dos futuros técnicos (Fernandes e Salgado, 2020).

A interdisciplinaridade e a contextualização são princípios pedagógicos para promover uma aprendizagem mais eficaz, ambos estão presentes em documentos que norteiam a modalidade de Ensino Médio Integrado, contemplada na Educação Profissional e Tecnológica que se expande juntamente com os Institutos Federais (Faria *et al.*, 2019),

o que pode ser utilizado como princípio para o desenvolvimento das habilidades comportamentais dos estudantes a fim de formar profissionais e cidadãos mais completos.

Diante disso, o objetivo deste estudo foi analisar o percurso formativo dos alunos de um Curso Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio, da região Sul do Brasil, através da análise do Projeto Pedagógico do Curso, bem como dos espaços profissionais que os alunos, oriundos desse curso, têm realizado os estágios, por meio de um questionário elaborado com base no Projeto Pedagógico do Curso e aplicado

aos professores orientadores e/ou supervisores. O Projeto Pedagógico do Curso foi escolhido como base para estudo por apresentar as diretrizes organizacionais e operacionais que expressam e orientam a prática pedagógica do curso,

**A formação técnica de nível médio é inegavelmente diferente da formação apenas de nível médio e precisa propiciar aos estudantes o desenvolvimento de uma maior autonomia intelectual, capacidade de raciocínio, espírito empreendedor, iniciativa própria e pensamento crítico, assim como a capacidade de visualização e resolução de problemas. Aliado a isso, a necessidade constante de renovação nas empresas faz com que estas busquem, através da pesquisa, a criação de novos produtos, aprimoramentos dos já existentes e melhoramento dos processos, para conseguirem se manter em evidência em um mundo cada vez mais competitivo.**

sua estrutura curricular e o perfil profissional esperado dos estudantes formados, sendo a observação da atuação desses estudantes no estágio uma forma de avaliar esse percurso formativo e o quanto ele está alinhado com o que o mundo do trabalho espera dos estudantes.

### Procedimentos metodológicos

Este estudo foi realizado a partir de uma abordagem metodológica qualitativa na forma de estudo de caso. Esta abordagem foi escolhida, pois segundo essa perspectiva, um fenômeno pode ser melhor compreendido no contexto em que ocorre e do qual é parte, devendo ser analisado numa perspectiva integrada. A pesquisa em forma de estudo de caso se caracteriza por uma pesquisa empírica que investiga fenômenos contemporâneos dentro de seu contexto de vida real e tem como técnicas fundamentais de pesquisa a observação e a entrevista (Godoy, 1995).

Assim, a partir da abordagem metodológica de estudo de caso a análise do percurso formativo do estudante de um Curso Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio, ofertado em um Instituto Federal da região sul do Brasil, foi realizada em 3 etapas:

- Primeira etapa: consistiu na análise da documentação do curso e na identificação dos espaços profissionais dos estágios realizados pelos alunos, no período de 2015 a 2020;
- Segunda etapa: elaborou-se um questionário que foi enviado aos responsáveis pelos espaços profissionais que mais receberam estagiários no período avaliado;
- Terceira etapa: as respostas dos questionários foram analisadas a partir das premissas formativas apontadas no Projeto Pedagógico do Curso Técnico Integrado em Química, ofertado em um Instituto Federal da região sul do Brasil.

A definição dessas três etapas de estudo foi inspirada na Análise de Conteúdo por Bardin que se estrutura em três fases, iniciando com uma pré-análise e finalizando com o tratamento e interpretação dos resultados (Souza e Marinho dos Santos, 2020).

#### *Análise documental e identificação dos espaços profissionais dos estágios*

O Projeto Pedagógico do Curso (PPC) Técnico em Química de Nível Médio estudado mostra que o curso é composto por 8 semestres, totalizando 3360 h, das quais 3060 h são disciplinas e 300 h são referentes ao estágio. O PPC indica que o egresso deve adquirir um perfil profissional constituído pela autonomia, pela responsabilidade, pela postura investigativa e pela capacidade para integração social.

O espaço físico do curso conta com laboratórios de Química Experimental voltados para o ensino, laboratórios com equipamentos Análise Instrumental Química (Cromatografia e Espectrometria), laboratórios relacionados a área de microbiologia e alimentos, almoxarifado com reagentes e materiais e laboratórios de pesquisa (Contaminantes Ambientais, Combustíveis, Química Orgânica e Biotecnologia).

Foram coletados os dados dos locais de realização dos estágios dos alunos do curso Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio através da Diretoria de Pesquisa e Extensão de um Instituto Federal da região sul do Brasil, que forneceu a base de dados do ano de 2015 até o ano de 2019. Esses dados são anuais e contém a informação da matrícula, do nome do aluno, da Empresa, da carga horária do estágio (se a carga horária foi cumprida), do ano e do período letivo. Para este estudo, foram incluídos apenas os estágios cumpridos integralmente, com carga horária de 300 horas. Como critério, foram contabilizados apenas o número de estágios realizados no ano em locais diferentes por cada aluno.

Foram coletados os dados dos locais de realização dos estágios dos alunos do curso Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio através da Diretoria de Pesquisa e Extensão de um Instituto Federal da região sul do Brasil, que forneceu a base de dados do ano de 2015 até o ano de 2019. Esses dados são anuais e contém a informação da matrícula, do nome do aluno, da Empresa, da carga horária do estágio (se a carga horária foi cumprida), do ano e do período letivo.

Além disso, em um segundo momento, utilizou-se o diário cadastrado no Sistema do Instituto Federal da turma de concluintes do segundo semestre letivo de 2020, para identificação dos espaços profissionais de realização do estágio, uma vez que o diário fornecia informações mais específicas do ambiente de estágio, possibilitando a identificação do setor e do laboratório em que o estágio era realizado, quando dentro da própria Instituição de Ensino. Essa aquisição de dados foi realizada no dia 23/06/2022 diretamente no Sistema, através do perfil Docente.

#### *Elaboração e aplicação do questionário de avaliação dos estagiários aos professores orientadores e/ou supervisores*

Foi elaborado um questionário contendo seis questões: quatro questões objetivas e duas questões descritivas, buscando identificar se os estagiários apresentavam um percurso formativo de acordo com o Projeto Pedagógico do Curso Técnico em Química Integrado de Nível Médio. Para isso, foram elaboradas questões com o propósito de identificar a apropriação do conhecimento técnico e para assinalar as habilidades comportamentais dos estagiários.

A partir da análise dos locais de realização dos estágios foi definido o grupo de aplicação do questionário, sendo utilizado como critério o espaço profissional que recebeu mais estágios. O questionário foi aplicado através de um formulário do Google Forms.

#### *Análise das respostas manifestadas nos questionários*

Após a aplicação do questionário, foram gerados gráficos e as respostas foram analisadas com base no Projeto Pedagógico

do Curso Técnico em Química de Nível Médio na forma Integrada do Instituto Federal da região sul do Brasil.

## Resultados e discussão

### Identificação dos locais de estágio

Os espaços profissionais de realização de estágios foram analisados com base nos dados de 2015 até 2019, obtidos a partir Diretoria de Pesquisa e Extensão de um Instituto Federal da região sul do Brasil e através da turma de formandos do segundo semestre de 2020, adquiridos no Sistema da Instituto.

### Estágios identificados entre 2015 e 2019

A Figura 1 apresenta o percentual de estágios realizados no Instituto Federal e em locais externos ao Instituto Federal nos anos de 2015, 2016, 2017, 2018 e 2019 por alunos oriundos do Curso Técnico em Química Integrado de Nível Médio. Neste período, foram 261 estágios realizados. Pode-se perceber que durante esses 5 anos um percentual significativo dos estágios foi realizado no próprio Instituto Federal, sendo o menor percentual de 22% ocorrido no ano de 2017 (Figura 1) e o maior de 49% no ano de 2019. Isso sugere que o Instituto Federal oferece várias oportunidades de estágio para os estudantes, destacando-se o Curso Técnico em Química pela atuação nos laboratórios e pela realização de projetos de pesquisa. O que pode ser identificado como uma opção e uma oportunidade para o aprendizado dos estudantes do curso. Além do Instituto Federal escolhido para o estudo, nos anos de 2015 e 2016 (Figura 1) foram realizados estágios em outros Institutos Federais.

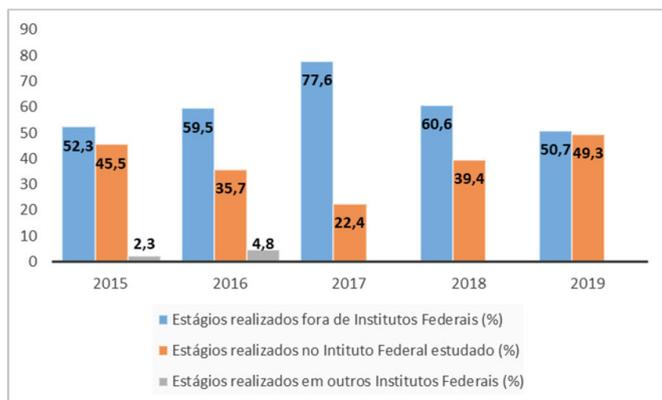


Figura 1: Percentual dos locais de estágios realizados nos anos de 2015, 2016, 2017, 2018 e 2019.

A Tabela 1 apresenta os principais locais de estágios realizados entre os anos de 2015 a 2019 pelos estudantes oriundos do Curso Técnico em Química Integrado de Nível Médio do Instituto Federal da região sul do Brasil. Pode-se observar que o Instituto Federal ofertante do curso foi o local onde o maior número de estágios foi realizado, totalizando um percentual de 40,6% (Tabela 1). Isso indica que o Instituto Federal estudado oferece um número significativo de vagas e /ou oportunidade para a realização de estágios. O segundo local com maior

número de estágios foram as farmácias de manipulação, com 12,6%. Também com um percentual significativo de estágios (5,7%) há o Serviço Autônomo de Saneamento. Na Tabela 1, podem ainda ser observados laboratórios de análises clínicas, a Embrapa, a Refinaria e indústrias do setor alimentício como locais com muitos estágios realizados. Locais esses que são característicos da região sul do Brasil e que contemplam a área de atuação de Técnicos em Química de acordo com o Catálogo Nacional de Cursos Técnicos (Catálogo Nacional de Cursos Técnicos, 2024).

Através dos dados dos locais de estágios, foi possível identificar também que majoritariamente os estágios são realizados na região onde o Instituto Federal está inserido, destacando-se os locais na própria cidade, indústrias de fertilizantes, refinarias, prefeituras e farmácias de cidades próximas. A escolha do local do estágio tem muita relação com o fato de que, geralmente, os alunos realizam o estágio curricular e outros estágios não obrigatórios concomitantemente com as disciplinas, favorecendo a preferência por locais próximos ao Instituto Federal e inclusive, a própria estrutura física do Curso Técnico.

De acordo com o Projeto Pedagógico do Curso Técnico em Química Integrado de Nível Médio do curso estudado, os técnicos em Química podem atender o crescente campo de trabalho no Estado do Rio Grande do Sul, onde destacam-se as áreas de oleoquímica, petroquímica, fertilizantes, carboquímica e fármacos. Em termos de estágios realizados, observou-se a predominância do atendimento apenas das áreas de fármacos e fertilizantes (Tabela 1). Nesse sentido, cabe destacar que o Estado do Rio Grande do Sul apresenta uma indústria diversificada, que se desenvolveu predominantemente a partir das agroindústrias e de outros segmentos ligados ao setor primário. A indústria de produtos alimentícios apresenta elevada dispersão territorial no Rio Grande do Sul, sendo que a cidade de Pelotas juntamente com a cidade de Porto Alegre e de Caxias do Sul concentram 14% dos estabelecimentos desse segmento. Além disso, a cidade de Rio Grande destaca-se em termos de unidades industriais de fabricação de produtos químicos, principalmente pelas muitas fábricas de insumos químicos agrícolas instaladas na cidade (Departamento de Planejamento Governamental- RS, 2021). O que vai ao encontro com os locais em que estágios foram realizados (Tabela 1), podendo-se notar uma significativa relação dos setores industriais mais desenvolvidos da região com a área específica que os espaços profissionais de estágio podem ser classificados.

### Estágios identificados a partir da base de dados do SUAP em 2020

A turma de estudantes formandos de 2020, no segundo semestre, é composta por 13 alunos. Cabe destacar que essa turma de formandos foi impactada pelo atraso no calendário acadêmico devido à pandemia de Covid-19. A partir da base de dados do Sistema do Instituto Federal pôde-se perceber que, para essa turma, a maioria dos estágios foi realizado no próprio Instituto e que 46 % dos alunos da turma ainda

Tabela 1: Principais locais de estágios realizados pelos alunos entre os anos de 2015 a 2019.

Área da empresa	Número de estágios	Percentual de estágios (%)
Farmácia de manipulação	33	12,6
Farmácia	3	1,1
Manipulação de produtos veterinários	3	1,1
Serviço Autônomo de Saneamento	15	5,7
Companhia Riograndense De Saneamento (CORSAN)	1	0,4
Laboratórios de análises clínicas	6	2,3
Laboratórios de análises ambientais	5	1,9
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)	8	3,1
Indústria de produção de arroz	4	1,5
Prefeitura municipal de Pelotas	4	1,5
Prefeitura Municipal De Capão Do Leão	2	0,8
Refinaria	8	3,1
Cooperativa de Pequenos Agricultores	4	1,5
Cooperativa de Laticínios	1	0,4
Indústria de conservas	5	1,9
Indústria de sorvetes	1	0,4
Instituto Federal estudado	106	40,6
Outros Institutos Federais	3	1,1
Universidade Federal de Pelotas (UFPEL)	12	4,6
Empresa Concessionária de Rodovias	2	0,8
Indústria de fertilizantes	2	0,8
Instituto Nacional de Seguro Social (INSS)	2	0,8
Fundação Universidade Federal de Rio Grande	1	0,4
Fundação de apoio universitário	3	1,1
Hospital de apoio universitário	5	1,9
Indústria de equipos hospitalares	3	1,1
Indústria de laticínios e derivados	2	0,8
Indústria e comércio de produtos químicos	3	1,1
Empresa de exportação e importação	2	0,8
Outros*	12	4,6

\*Outros: correspondem a espaços profissionais identificados apenas pelo CNPJ na base de dados, o que impossibilitou a identificação mais precisa do local.

não haviam realizado o estágio até o momento da consulta, de acordo com a Figura 2. Esses dados observados podem ser justificados pela influência do período pandêmico de Covid-19, que acabou dificultado a realização de estágio pelos alunos fora da instituição. Apenas um aluno, equivalente a 8% da turma (Figura 2), realizou o estágio fora da estrutura física do Instituto Federal. Esse estágio foi realizado em um consultório odontológico. A Figura 3 mostra os espaços profissionais em que os estágios foram realizados no Instituto. Todos os estágios foram realizados dentro da área física do Curso técnico em Química, uma vez que o Laboratório de Central Analítica, o Laboratório de Análise de Contaminantes Ambientais e o Laboratório de Bioquímica fazem parte do Curso Técnico. Contudo, conforme expressa

a Figura 3, 40% dos estágios indicam a realização no Curso Técnico, mas não especificam o laboratório.

O percentual de estágios realizados, no Instituto Federal estudado, pela turma de formandos do segundo semestre de 2020 foi ainda maior do que o observado entre os anos de 2015 a 2019. Além disso, a partir do ano de 2017 houve uma tendência de aumento do percentual de estágios realizados nas dependências do Instituto Federal. Essa tendência pode estar relacionada a maior oferta de estágios pelos Professores do Curso Técnico em Química vinculados a projetos de pesquisa, o que contribuiu para a formação investigativa e crítica do estudante, mas também revela a falta de oportunidade de estágios em espaços profissionais da região em que o Instituto se insere (identificada pelos relatos em sala

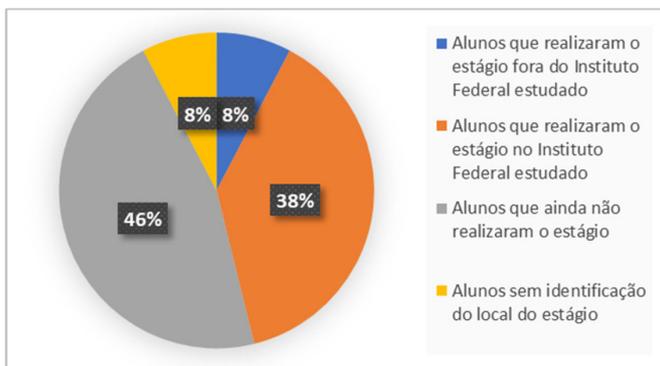


Figura 2: Percentual do local de estágio dos alunos formandos do segundo semestre de 2020.

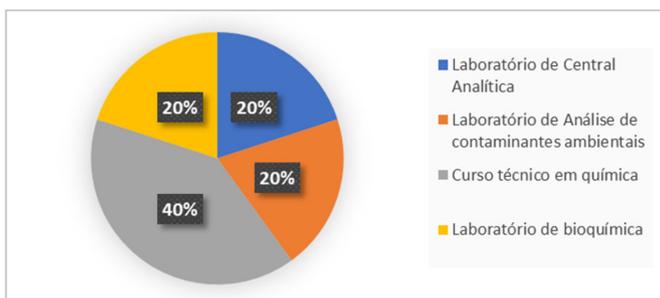


Figura 3: Locais de realização do estágio de alunos formandos do segundo semestre de 2020 no Instituto Federal estudado.

de aula dos alunos) e que, possivelmente, muitos estudantes optam por realizar os estágios durante o curso dentro do Curso Técnico em Química pela disponibilidade e facilidade de acesso.

#### Análise do resultado dos questionários

A partir da análise dos espaços profissionais de realização dos estágios, nos anos de 2015 até 2019, percebeu-se que 40,6% dos estágios foram realizados no próprio Instituto Federal estudado (Tabela 1) e, a partir dos dados dos alunos formandos do segundo semestre letivo de 2020, identificou-se que todos os estágios obrigatórios que foram realizados no Instituto, ocorreram no Curso Técnico em Química. Por isso, os professores que orientam e/ou supervisionam os estágios dos alunos do Curso Técnico em Química de Nível Médio na forma Integrada, foram definidos como o público a que se destinou o questionário de avaliação do percurso formativo dos alunos do curso. Cabe destacar que os professores orientadores e/ou supervisores dos estágios são professores que ministram disciplinas da área técnica no curso e/ou que desenvolvem pesquisa na estrutura física do mesmo. São 19 professores lotados no Curso Técnico em Química e foram obtidas 9 respostas dos questionários.

As Figuras 4, 5, 6, 7, 8 e 9 apresentam, respectivamente, as perguntas que compuseram o questionário aplicado, bem como as respostas obtidas. As questões 1, 2 e 3 buscaram identificar qualidade do conhecimento técnico dos alunos oriundos do Curso Técnico em Química de Nível Médio na forma Integrada (Figuras 4, 5 e 6). A competência técnica dos alunos estagiários foi classificada por mais de 55% dos

1. De modo geral, avalie a competência técnica apresentada pelos estagiários oriundos do Curso Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio, de acordo com a classificação abaixo.

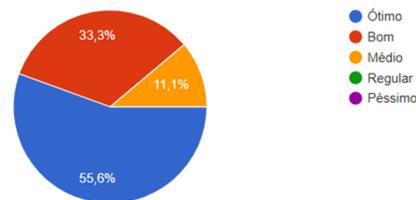


Figura 4: Questão 1 com respostas do questionário aplicado.

2. Durante os estágios, realizados pelos estudantes, foi possível identificar que eles apresentaram conhecimento e capacidade adequada para:

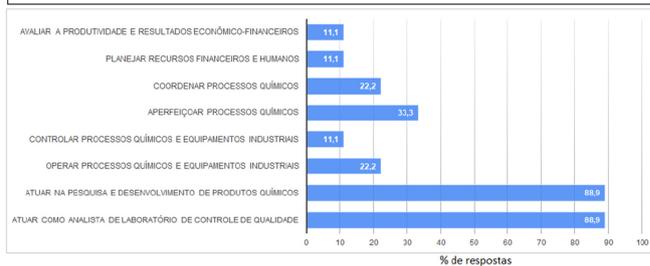


Figura 5: Questão 2 com respostas do questionário aplicado.

3. Qual o ponto forte da capacidade técnica do estudante do Curso Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio você destaca?

- R1- Realizar tarefas em laboratório com destreza e segurança.
  - R2- Conhecimento científica e capacidade de elaboração de relatórios técnicos
  - R3- Capacidade técnica
  - R4- Capacidade de realizar análises em diferentes áreas da química.
  - R5- Habilidade de realizar, não esmorecem diante do desafio. Buscam a informação e fazem acontecer.
  - R6- Desenvolvimento com acurácia do procedimento analítico
- \*Observação: as respostas foram agrupadas de acordo com a semelhança

Figura 6: Questão 3 com respostas do questionário aplicado.

entrevistados como ótima, por cerca de 33% como boa e por apenas 11% como média (Figura 4). Isso indica que os alunos têm demonstrado um bom conhecimento técnico adquirido durante o curso, mas que ainda pode melhorar.

Ainda sobre o conhecimento técnico, a questão 2 (Figura 5) avaliou a capacidade dos estagiários desempenharem atividades que são atribuídas à atuação dos Técnicos em Química no Projeto Pedagógico do Curso. A Figura 5 mostra que as atividades de “atuar na pesquisa e desenvolvimento de produtos químicos” e atuar como “analista de laboratório de controle de qualidade” foram marcadas por aproximadamente 90% dos entrevistados, indicando uma boa capacidade dos estagiários para desenvolvê-las. O que possivelmente está relacionado aos conteúdos presentes das disciplinas do curso relacionadas à Química e à prática da Química em laboratório. O bom desempenho dessas atividades vai ao encontro com as principais respostas da questão 3 (Figura 6), identificadas como R1, R2, R4 e R6, que destacam como pontos fortes da capacidade técnica os conhecimentos relacionados a laboratório, análises de laboratório e relatórios resultantes da prática de laboratório.

Entretanto, a questão 2 (Figura 5) mostra 3 atividades que foram assinaladas por apenas 11% dos entrevistados, são elas: “avaliar a produtividade e resultados econômico-financeiros”, “planejar recursos financeiros e humanos” e “controlar processos químicos e industriais”, identificando áreas do curso que ainda carecem de desenvolvimento. Os dois primeiros itens relacionam-se diretamente à área de gestão e planejamento financeiro, mostrando a importância da inserção de uma disciplina mais voltada para essa área aplicada à parte industrial na grade curricular do curso. O terceiro item pode ser interpretado de duas formas, aplicado ao controle de processos propriamente dito, que é estudado na disciplina de Instrumentação Industrial e que talvez poderia ser mais desenvolvido através de práticas experimentais ou ainda em termos de gestão de processos, que é contemplado pela disciplina de Gestão e Empreendedorismo, mas que poderia ser aprofundado a partir da aplicação em casos práticos, por exemplo, em projetos de extensão.

A questão 2 (Figura 5) mostra ainda a capacidade de “aperfeiçoar processos químicos” assinalada por cerca de 33%. Isso indica a necessidade de desenvolvimento dessa capacidade no percurso formativo do estudante. Esta área poderia ser melhorada a partir de uma maior inserção da pesquisa no currículo do curso e/ou até de um aumento da participação dos estudantes nos projetos pesquisa que já são desenvolvidos pelo Curso Técnico em Química. O estudo de Sousa (2015) mostra a importância da pesquisa no ensino médio profissionalizante e a sua relevância para desenvolver a capacidade de melhorar os processos químicos. Os outros dois itens da questão 2 (Figura 5), que foram marcados por apenas 22% dos entrevistados, relacionam-se à gestão e operação de processos químicos e equipamentos industriais, carecendo também de atenção para o seu desenvolvimento e mostrando que as disciplinas mais relacionadas à atuação industrial como Operações Unitárias necessitam de mais atenção para melhorar a capacitação dos alunos nessa área. Além disso, a realização de estágios fora das dependências do Instituto Federal, principalmente em indústrias, assim como visitas técnicas e trabalhos de extensão, poderiam auxiliar no desenvolvimento dessa área de formação.

As questões 4 e 5 (Figuras 7 e 8) estão relacionadas com a avaliação das habilidades comportamentais dos estagiários. A questão 4 (Figura 7) mostra que mais de 55% avalia como boas as habilidades comportamentais dos estagiários e cerca de 22% avalia como ótimas. Mas, há um pequeno percentual que avalia como médias e regulares, apontando para possibilidade de melhoria no desenvolvimento das habilidades comportamentais. Sobre essas habilidades, o Projeto Pedagógico do Curso afirma que o egresso deve adquirir um perfil profissional constituído pela autonomia, pela responsabilidade, pela postura investigativa e pela capacidade para integração. A partir da questão 5 (Figura 8) fica mais evidente quais habilidades comportamentais podem ser consideradas como pontos fortes dos estagiários do Curso Técnico em Química de Nível Médio na forma Integrada, são elas: responsabilidade, com 100% das pessoas entrevistadas

assinalando este item, habilidade de trabalhar em grupo, com cerca de 67%, e integração social e características de formação humana integral com 56%. É possível verificar também que características precisam ser mais desenvolvidas, são elas: o perfil investigador e o perfil autônomo (Figura 8).

4. De forma geral, avalie as habilidades relacionadas a “soft skills” (comunicação, capacidade de solução de problemas, trabalho de equipe, proatividade, adaptabilidade...) apresentadas pelos estagiários, de acordo

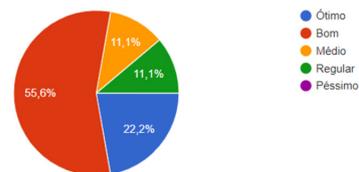


Figura 7: Questão 4 com respostas do questionário aplicado.

5. Durante a realização das atividades do estágio, os estudantes do Curso Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio apresentaram um perfil:

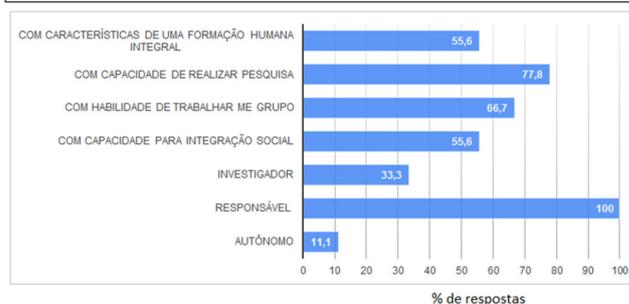


Figura 8: Questão 5 com respostas do questionário aplicado.

A questão 6 (Figura 9) apresenta a visão dos Professores do Curso Técnico em Química de Nível Médio na forma Integrada, sob a ótica de avaliação dos estagiários oriundos do curso, do que poderia ser melhorado. As respostas R1 (“Poderia ter o conteúdo de análises clínicas”) e R7 (“Incluir disciplinas tais como análises clínicas, pois há uma demanda grande nessa área e os nossos alunos gostariam de saber realizar...”) sugerem a inserção de disciplinas e conteúdos relacionados a análises clínicas, possivelmente para atender

6. Sugira ações e/ou conteúdo que o Curso Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio pode desenvolver para qualificar mais a formação de seus estudantes.

- R1 - Poderia ter o conteúdo de análises clínicas.
- R2 - Inserir conhecimento de biotecnologia
- R3 - Atividades relacionadas as possibilidades de atuação no mercado de trabalho e quais as habilidades que são necessárias para ocupar essas vagas
- R4 - Mais atividades de extensão desde o início do curso
- R5 - Atualizar as áreas de ensino, introduzindo novos conteúdos, de acordo com as necessidades do mercado. Aumentar o número de visitas técnicas, adotar a prática de projetos multidisciplinares, etc.
- R6 - Atividades que motivem a uma maior autonomia e pró atividade nas mais diferentes disciplinas do curso.
- R7 - Incluir disciplinas tais como análises clínicas, pois há uma demanda grande nessa área e os nossos alunos gostariam de saber realizar as análises laboratoriais clínicas (exames de sangue, urina...)
- R8 - Ofertar a realização de seminários semestrais que abordem temas diversos da área (controle de qualidade, legislação ambiental, legislação alimentar e legislação farmacológica).

Figura 9: Questão 6 com respostas do questionário aplicado.

a demanda da região na qual o curso está inserido e também pelo interesse dos alunos. O mesmo se refere à inserção do conhecimento relacionado a área de biotecnologia do curso, apresentado na resposta R2 (“Inserir conhecimento de biotecnologia”).

Outras respostas contemplam justamente os pontos fracos e passíveis de desenvolvimento no curso, identificados nas questões anteriores, como é o caso do desenvolvimento de um perfil autônomo e proativo (resposta R6 - Atividades que motivem a uma maior autonomia e pró atividade nas mais diferentes disciplinas do curso) e da atualização do curso visando atender às novas necessidades do mundo do trabalho através da promoção da multidisciplinariedade (resposta R5 - Atualizar as áreas de ensino, introduzindo novos conteúdos, de acordo com as necessidades do mercado. Aumentar o número de visitas técnicas, adotar a prática de projetos multidisciplinares etc.). Também há respostas contemplando uma maior aproximação dos alunos com o mundo do trabalho e o desenvolvimento de projetos de extensão (respostas R3 e R4).

Os projetos de extensão podem ser uma forma efetiva de aproximar os estudantes do mundo do trabalho e das necessidades da sociedade como um todo, pois de acordo com a Resolução CNE/CES nº 7/2018 (Brasil, 2018b), que estabelece as diretrizes para a Extensão na Educação Superior, a extensão constitui-se em processo interdisciplinar, político educacional, cultural, científico, tecnológico, que promove a interação transformadora entre as instituições de ensino e os outros setores da sociedade, por meio da produção e da aplicação do conhecimento, em articulação permanente com o ensino e a pesquisa. Além de uma resposta (R8) relacionada à apresentação de seminários semestrais contemplando as principais áreas de atuação do curso, o que poderia favorecer o desenvolvimento de importantes pesquisas durante o curso.

## Conclusões

A análise do percurso formativo dos estudantes do Curso Técnico em Química de Nível Médio na Forma Integrada de um Instituto Federal da região sul do Brasil foi realizada a partir da identificação inicial dos espaços profissionais que

os alunos oriundos do curso têm realizado estágios e da aplicação de um questionário para os professores orientadores e/ou supervisores dos estagiários.

Entre os anos de 2015 a 2019 foram 261 estágios realizados. Pôde-se perceber que durante esses 5 anos um percentual significativo dos estágios foi realizado no próprio Instituto Federal, cerca de 40,6%, apresentando um crescimento entre os anos de 2017 e 2019, alcançando um valor de 49% no ano de 2019. Isso indica que o Instituto Federal estudado oferece muitas oportunidades de espaços profissionais para os estudantes, destacando-se o Curso Técnico em Química pela atuação nos laboratórios e em projetos de pesquisa.

Através da aplicação do questionário foi possível identificar que a formação dos estudantes do Curso Técnico em Química de Nível Médio de forma Integrada é qualificada em termos de conhecimento técnico relativo à atuação em laboratórios de análises químicas e de controle de qualidade, assim como no desenvolvimento de relatórios técnicos relacionados à prática laboratorial. Mas que as áreas relacionadas a gestão, planejamento financeiro, operação e controle industrial ainda podem ser mais desenvolvidas no percurso formativo do curso. Os alunos apresentam um perfil responsável, com capacidade para pesquisa e trabalho em grupo. Contudo, estes precisam avançar no desenvolvimento da sua autonomia profissional.

A promoção de projetos de extensão, seminários, aproximações do mundo do trabalho, visitas técnicas, participação em projetos de pesquisa e a atualização contínua do Projeto Pedagógico do Curso, buscando a sua melhoria contínua, podem ser consideradas ações que influenciam positivamente o percurso formativo dos estudantes.

---

**Camila Ottonelli Calgaro** (camilacalgaro@ifsul.edu.br) possui graduação em Engenharia Química pela Universidade Federal de Santa Maria (2012), mestrado em Engenharia de Processos pela Universidade Federal de Santa Maria (2015) e doutorado em Engenharia Química pelo Programa de Pós Graduação em Engenharia Química da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2019). Atualmente é professora de Ensino Básico, Técnico e Tecnológico do IFSul, Campus Pelotas, Pelotas-RS, Brasil. **Nei Jairo Fonseca dos Santos Junior** (nejunior@ifsul.edu.br) é licenciado em Filosofia pela UNIJUÍ (2005), mestre em Filosofia pela UNISINOS (2008) e doutor pelo Programa de Pós-Graduação em Educação pela UFPel (2017). Atualmente é professor efetivo no Instituto Federal Sul-Rio-Grandense (IFSul), Campus Pelotas, Pelotas-RS, Brasil.

## Referências

ARAÚJO, A. C. e DA SILVA, C. N. N. *Ensino médio integrado no Brasil: fundamentos, práticas e desafios*. Brasília: Editora IFB, 2017.

AUER, E. Q. A importância da realização do estágio supervisionado no curso técnico em mecânica. *Revista IfesCiência*, v. 5, n. 2, p. 163-174, 2019.

BARREIRO, M. G. e VALVERDE, V. R. L. O desenvolvimento de competências dos estudantes do curso técnico em enfermagem sobre imunização: relato de experiência da contribuição da campanha de vacinação contra a influenza. *Revista Foco*, v. 16, n. 1, p. 01-12, 2023.

BRASIL. Congresso Nacional. Lei 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L9394.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9394.htm), acesso em jun. 2022.

BRASIL. Conselho Nacional de Educação. Resolução CNE/CEB nº 3, de 26 de junho de 1998. Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. Brasília: 1998. Disponível em: [http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/rceb03\\_98.pdf](http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/rceb03_98.pdf), acesso em jun. 2022.

BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. Resolução nº 1, de 05 de janeiro de 2021. Define as Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais para a Educação Profissional e Tecnológica. Disponível em: <https://www>.

in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-cne/cp-n-1-de-5-de-janeiro-de-2021-297767578, acesso em jun. 2022.

BRASIL. Resolução N° 3, de 21 de Novembro de 2018a. Atualiza as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. Brasília: MEC/SEB. 2018. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/docman/novembro-2018-pdf/102481-rceb003-18/file>, acesso em jun. 2022.

BRASIL. Resolução n° 7, de 18 de dezembro de 2018b. Estabelece as Diretrizes para a Extensão na Educação Superior Brasileira. Brasília: 2018. Disponível em: [https://www.in.gov.br/materia/-/asset\\_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/55877808](https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/55877808), acesso em jun. 2022.

BRASIL. Senado Federal. LDB: Lei de diretrizes e bases da educação nacional. 2017. Disponível em: [https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/529732/lei\\_de\\_diretrizes\\_e\\_bases\\_1ed.pdf](https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/529732/lei_de_diretrizes_e_bases_1ed.pdf), acesso em jun.2022.

Catálogo Nacional de Cursos Técnicos (CNCT). Técnico em Química. Disponível em: <http://cnct.mec.gov.br/cursos/curso?id=199>, acesso em mai. 2024.

CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE PELOTAS. Curso Técnico De Nível Médio Em Química-Forma Integrada-Projeto De Curso. 2007. Disponível em: [www.cefetr.br](http://www.cefetr.br), acesso em jun. 2022.

CÔRREA FILHO, I. O.; PAIXÃO, J. A. e NOGUEIRA, M. O. Origem, expansão e interiorização da educação profissional e tecnológica no Brasil. *Revista Diálogo Educacional*, v. 22, n. 74, p. 996-1022, 2022.

DALLABONA, C. A. e FARINIUK, T. M. D. EPT no Brasil: histórico, panorama e perspectivas. *POIÉSIS*, v. 10, n. Especial, p. 46-65, 2016.

FARIA, A. G. V.; CARDOSO, R. A. e GODOY, R. R. Ensino de química no técnico de nível médio integrado em informática: uma proposta de ensino contextualizado e interdisciplinar. *Revista Brasileira da Educação Profissional e Tecnológica*, v. 2, n. 17, p. e7667, 2019.

FERNANDES, M. S. e SALGADO, T. D. M. Estratégias docentes no desenvolvimento de competências em estudantes de um curso técnico em química. *Revista Prática Docente*, v. 5, n. 2, p. 1040-1056, 2020.

GARCIA, A. D. C.; DORSA, A. C.; OLIVEIRA, E. D. e CASTILHO, M. A. D. Educação profissional no Brasil: origem e trajetória. *Revista Vozes dos Vales*, v. 12, p. 1-18, 2018.

GODOY, A. S. Pesquisa qualitativa - tipos fundamentais. *Revista de Administração de Empresas*, v. 35, n. 3, p. 20-29, 1995.

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO DE JANEIRO CAMPUS RIO DE JANEIRO. Plano do Curso Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio. 2014. Disponível em: [https://portal.ifrj.edu.br/](https://portal.ifrj.edu.br/sites/default/files/IFRJ/PROET/plano_de_curso_2018_0.pdf)

[sites/default/files/IFRJ/PROET/plano\\_de\\_curso\\_2018\\_0.pdf](https://portal.ifrj.edu.br/sites/default/files/IFRJ/PROET/plano_de_curso_2018_0.pdf), acesso em mai. 2024.

LIBÂNEO, J. C. A aprendizagem escolar e a formação de professores na perspectiva da psicologia histórico-cultural e da teoria da atividade. *Educar*, v. 24, p. 113-147, 2004a.

LIBÂNEO, J. C. A didática e a aprendizagem do pensar e do aprender: a teoria histórico-cultural da Atividade e a contribuição de Vasili Davydov. *Revista Brasileira de Educação*, v. 27, p. 5-24, 2004b.

MATSUMOTO, T. L. J. e KUWABARA, I. H. A formação profissional do técnico em química: caracterização das origens e necessidades atuais. *Química Nova*, v. 28, n. 2, p. 350-359, 2005.

PACHECO, E. *Perspectivas da educação profissional técnica de nível médio - Proposta de Diretrizes Curriculares Nacionais*. São Paulo: Editora Moderna Ltda, 2012.

PACHECO, E. M. *Os Institutos Federais - Uma revolução na educação profissional e tecnológica*. Natal: IFRN, 2010.

PRÓ-REITOR DE ENSINO DO INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, C. E T. S. RESOLUÇÃO No 0078/2012. Disponível em: <http://intranet.ifsul.edu.br/catalogo/curso/117>, acesso em nov. 2022.

RAMOS, M. *Concepção do ensino médio integrado*. Disponível em: [http://forumeja.org.br/go/sites/forumeja.org.br/go/files/concepcao\\_do\\_ensino\\_medio\\_integrado5.pdf](http://forumeja.org.br/go/sites/forumeja.org.br/go/files/concepcao_do_ensino_medio_integrado5.pdf), acesso em jun. 2022a.

RAMOS, M. *Concepção do ensino médio integrado*. Texto apresentado em seminário promovido pela Secretaria de Educação do Estado do Pará nos dias 8 e 9 de maio de 2008, p. 1-26, 2008b.

SANTOS, S. M. A. V.; LEITE, A. C. K.; SOBRINHO, B. B.; SOARES, F. D.; DA SILVA, G. B.; DA SILVA, L. I. e DE OLIVEIRA, T. S. História, historiografia e memória da educação profissional. *Revista Caderno Pedagógico*, v. 21, n.3, p. 1-21, 2024.

SECRETARIA DE PLANEJAMENTO, GOVERNAÇÃO E GESTÃO. *Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul*. 6ª ed. 2021.

SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA CAMPUS FORTALEZA. Projeto Pedagógico do Curso Técnico Integrado em Química, 2019. Disponível em: <https://ifce.edu.br/fortaleza/cursos/tecnicos/integrados/quimica/pdf/ppc-matriz-2019.pdf>, acesso em mai. 2024.

SOUSA, A. B. *O papel da formação em pesquisa no ensino médio profissionalizante e sua relevância para o profissional técnico em química atuante na indústria*. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2015.

SOUZA, J. R. e SANTOS, S. C. M. Análise de conteúdo em pesquisa qualitativa: modo de pensar e de fazer. *Pesquisa e Debate em Educação*, v. 10, n. 2, p. 1396-1416, 2020.

**Abstract:** Investigation of the training of students in the integrated Chemistry technical course through internships. Technological development and constant changes in the world of work increasingly require chemistry professionals to present, in addition to technical knowledge, behavioral skills such as: autonomy; group work; proactivity and capacity for continuous learning. This motivated the development of this study, which aimed to examine the training path of students on the Chemistry Technician course at a Federal Institute in the southern region of Brazil through internships. Therefore, an analysis was carried out of the professional spaces in which students have carried out internships and based on this analysis, a questionnaire was created based on the Pedagogical Project of the Course. Between the years 2015 and 2019, it was noted that 40.6% of internships were carried out at the Federal Institute analyzed. It was noticed that the students have obtained qualified training in the area of chemical analysis and quality control and have developed the ability to work in groups.

**Keywords:** behavioral skills, pedagogical project of the course, professional education



## LUZ, cor e reação! A fotossíntese como base para discussão de conceitos químicos

**Douglas Costa da Silva e Gabriel José Soares Coura**

Utilizando os processos de fotossíntese e respiração celular como base, este artigo explora a utilização de um experimento interdisciplinar para abordar os conceitos químicos vinculados a esses fenômenos biológicos. O experimento é uma adaptação que utiliza materiais de baixo custo para evidenciar os processos biológicos e viabilizar com maior amplitude sua utilização. Ele permite a observação de fenômenos químicos como alterações no pH, formação de ácidos, classificação de compostos químicos, reações de oxirredução e absorção de gases, fornecendo uma gama extensa de conteúdos a serem trabalhados em quaisquer dos anos do Ensino Médio. Para além disso, há o destaque da possibilidade de adaptação do experimento para diferentes contextos educacionais, devido à grande quantidade de conteúdos vinculados, o que tende a promover uma abordagem colaborativa entre as disciplinas que compõem o currículo das Ciências da Natureza, permitindo assim a compreensão sobre fenômenos naturais de forma integrada.

► experimentação, fotossíntese, interdisciplinaridade ◀

Recebido em 28/05/2024; aceito em 24/10/2024



### Introdução

A capacidade de relacionar conceitos para explicar um fenômeno pode ser considerada um indicador da alfabetização científica. Essa relação, por sua vez, é uma das principais características da interdisciplinaridade (Mozena e Ostermann, 2014). Dessa forma, a abordagem interdisciplinar pode ser uma importante ferramenta para que o processo de ensino e aprendizagem de Ciências seja efetivo em alfabetizar cientificamente os estudantes. Esse processo pode ser feito explorando conceitos que emergem a partir de uma situação-problema ou fenômenos.

Nesse contexto, a exploração de fenômenos como a respiração celular e a fotossíntese na disciplina de Química possibilita a integração entre conceitos químicos e biológicos. Esses fenômenos tradicionalmente são explorados em disciplinas de Ciências da Natureza, no Ensino Fundamental, e de Biologia, no Ensino Médio, não sendo discutidos na Química com frequência. Com isso, diversos conceitos químicos relacionados a esses processos biológicos deixam de ser discutidos e isso reflete na dificuldade encontrada tanto por estudantes quanto por professores durante a abordagem dessas temáticas (Trazzi e Brasil, 2017).

Em uma pesquisa feita na base de dados *Periódicos CAPES*, na qual foram utilizadas as palavras-chave “interdisciplinaridade, fotossíntese e química” e selecionados os filtros “revisão por pares, artigos e delimitação de tempo (2017 a 2024)”, apenas um resultado foi obtido: o trabalho de Medeiros *et al.* (2018). Isso reforça o argumento apresentado anteriormente de que fenômenos de natureza biológica não são frequentemente utilizados em aulas de Química, em especial no que diz respeito às práticas experimentais.

No trabalho supracitado, as autoras utilizaram um experimento similar ao que descrevemos neste texto para discutir os processos de fotossíntese e respiração celular durante um minicurso para alunos de um curso técnico. As autoras desenvolveram a atividade experimental baseada na estratégia Predizer-Observar-Argumentar (POA), a partir da qual alguns conceitos químicos foram utilizados para explicar os resultados observados no experimento. Pelo trabalho, nota-se que os conceitos já eram de conhecimento dos estudantes, ou seja, o experimento não foi utilizado para abordar tais conceitos, como é o foco deste artigo.

Apesar da semelhança entre as propostas, os materiais utilizados pelas autoras podem dificultar a replicação em escolas com recursos limitados para a realização de atividades



experimentais. Além disso, o foco da proposta do trabalho de Medeiros *et al.* (2018) estava nos processos de fotossíntese e respiração celular, sem destaque para outros conceitos químicos que podem emergir desses processos biológicos.

A fotossíntese é um fenômeno realizado por plantas, algas, alguns protistas e bactérias. Nesse fenômeno, pigmentos como a clorofila captam a energia de fótons de comprimentos de onda característicos para promover a transformação de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e água (H<sub>2</sub>O) em carboidratos ([CH<sub>2</sub>O]<sub>n</sub>) e oxigênio (O<sub>2</sub>) (Equação 1).



A respiração celular, por sua vez, é um processo a partir do qual as células produzem energia por meio da oxidação de carboidratos. No caso da respiração aeróbica, o oxigênio é usado como agente oxidante. Por meio desse fenômeno, os carboidratos são transformados em dióxido de carbono e água (Equação 2).



O objetivo deste trabalho é apresentar uma proposta interdisciplinar de discussão de conceitos químicos a partir de um experimento, adaptado de Santos *et al.* (2018), por meio do qual os processos de fotossíntese e respiração celular são evidenciados.

### Procedimento experimental

O procedimento para a preparação e execução do experimento está contido no material suplementar a este trabalho. Conforme descrito no material, é importante destacar que os resultados do experimento podem ser visualizados após o período de, no mínimo, um dia, o que deve ser levado em consideração no planejamento da sequência didática a partir do procedimento experimental. O Quadro 1 apresenta um resumo das condições testadas no experimento, assim

Quadro 1: Possibilidades de condições que podem ser testadas durante o experimento, utilizando soluções indicadoras obtidas a partir do repolho roxo.

Tubo	Descrição dos tubos contendo solução indicadora	Cor da solução indicadora - Início	Cor da solução indicadora - Final
1	Tubo descoberto	arroxeado	arroxeado
2	Tubo coberto com plástico filme e papel alumínio	arroxeado	arroxeado
3	Tubo, contendo folha, coberto, apenas com plástico filme	arroxeado	arroxeado
4	Tubo, contendo folha, coberto com plástico filme e papel alumínio	arroxeado	rosáceo

Fonte: autores.

como as cores das soluções a serem observadas no início e no final do mesmo.

O objetivo deste trabalho é apresentar uma proposta interdisciplinar de discussão de conceitos químicos a partir de um experimento, adaptado de Santos *et al.* (2018), por meio do qual os processos de fotossíntese e respiração celular são evidenciados.

### Adaptações consideradas para o experimento

Para simplificar a proposta e viabilizá-la em termos de custos, foram utilizados materiais disponíveis no ambiente escolar, com exceção das vidrarias. O extrato de repolho roxo (*Brassica oleracea*) foi empregado como indicador de pH, pois seu uso é possível devido à presença de “pigmentos

da classe dos flavonoides, responsáveis pela coloração azul, vermelha e roxa de diversos tecidos vegetais, inclusive flores e frutos. As transformações estruturais nas moléculas desses pigmentos, que ocorrem quando há variação no pH do meio, são responsáveis pelas mudanças de coloração observadas” (Soares *et al.*, 2001).

Foi necessário escolher a planta que forneceria as folhas para o experimento. Pela facilidade de obtenção foi escolhida a vinca (*Catharanthus roseus*), pois essa planta é amplamente usada como ornamental (Cordeiro, 2019). Para cada experimento, utilizam-se duas folhas, conforme as observações requeridas.

### Organização experimental

Como os processos observados são naturais e influenciados pela luz, é necessário comparar o pH da solução com e sem sua presença. Para isso, o experimento é simples (como descrito e ilustrado no material suplementar), envolvendo a exposição dos tubos de ensaio. Esse arranjo permite estudar a taxa de ocorrência dos fenômenos, com base nas alterações das soluções, promovidas pelos produtos resultantes dos processos de fotossíntese e respiração celular.

### Resultados e discussão

#### Observações acerca do experimento

O experimento propõe observar as taxas de fotossíntese e respiração celular comparando a quantidade de dióxido de carbono produzido e absorvido pelas folhas. O CO<sub>2</sub>

dissolvido na solução altera o pH ao formar e ionizar o ácido carbônico, mudando a cor da solução indicadora. Essa variação de pH é visível ao final do experimento, como mostrado na Figura 1.

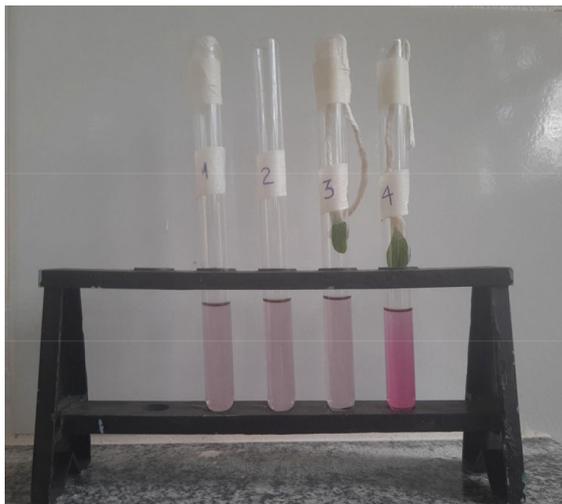


Figura 1: Resultado experimental após o tempo de espera (Solução de extrato de repolho roxo). A mudança de cor foi observada no tubo contendo a folha que não ficou exposta à luz. Fonte: autores.

A mudança da coloração ocorreu do arroxeadado para um tom rosáceo, indicando factualmente a redução do pH da solução, comprovada comparando as cores às presentes na escala apresentada na Figura 2, adaptada da proposta de Santos *et al.* (2019). Além disso, pode-se levantar a hipótese da diferença no tempo para a dissolução do  $\text{CO}_2$  pela solução, havendo necessidade de menor, ou maior, tempo de espera para a realização do experimento. Com isso, os conteúdos que emergem dessa discussão se expandem, possibilitando a abordagem de diversas temáticas, como será destacado na próxima seção.



Figura 2: Escala de cores apresentada pela solução indicadora em função do pH para o extrato de repolho roxo. Fonte: os autores, adaptado de Santos *et al.*, 2019.

### Os conceitos relacionados ao experimento

Fotossíntese e respiração celular são processos de oxirredução que envolvem transformações entre compostos orgânicos e inorgânicos. Com base no experimento, pode-se explorar tanto a classificação de compostos químicos quanto os processos de oxirredução. A Figura 3 compara esses processos aos eletrodos de uma célula eletroquímica. Assim, os resultados do experimento podem ser explicados por analogia às reações eletroquímicas, comparando a respiração às reações de pilhas, nas quais a reação gera energia a ser dissipada por meio de um fluxo de elétrons, e

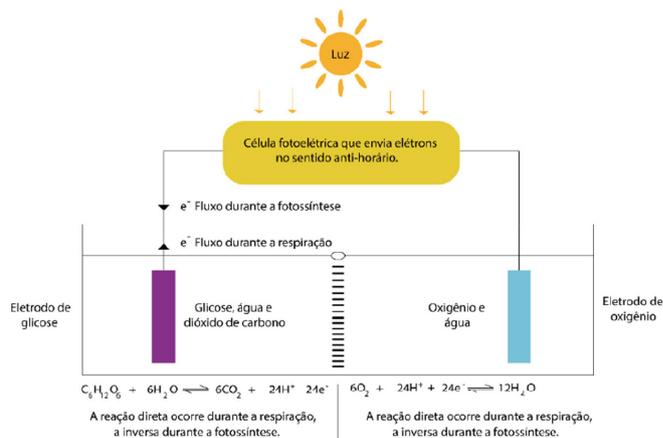


Figura 3: Os processos de fotossíntese e respiração celular podem ser comparados a uma célula eletroquímica. Fonte: Adaptado de MacDonald, 1995.

a fotossíntese ao processo de eletrólise, em que a energia luminosa impulsiona a formação de carboidratos.

A mudança de cor da solução indicadora abre espaço não só para a discussão sobre escala de pH e os diferentes indicadores, mas também para os óxidos, em especial os óxidos ácidos (como é o caso do  $\text{CO}_2$ ). A mudança de cor da solução com a produção de  $\text{CO}_2$  pode ser utilizada para explorar fenômenos causados por ele e outros óxidos ácidos, tais como a chuva ácida, o branqueamento de recifes de corais e a combustão. No caso do último fenômeno, a respiração celular pode ser descrita como um processo de combustão controlada. Partindo da discussão sobre óxidos ácidos, o processo de fotossíntese anoxigênica também pode ser explorado, destacando, por exemplo, o uso de sulfeto de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{S}$ ) por algumas bactérias, no lugar da água, como fonte de elétrons, o que ocorre em ambientes com baixo pH e ricos em enxofre. Além disso, visando uma expansão das maneiras como a interdisciplinaridade pode ser trabalhada, conteúdos do campo da Física como óptica, ondas eletromagnéticas e energia podem ser abordados. Cabe acrescentar a possibilidade de se estudar práticas de enriquecimento e adubação do solo, levando em conta as condições de descarte das folhas de repolho citadas no material suplementar.

### A implementação do experimento e suas limitações

A natureza interdisciplinar de uma prática experimental a torna versátil do ponto de vista contextual. Ou seja, o contexto de aplicação é variável. O experimento proposto pode ser utilizado em uma sequência de ensino nas disciplinas de Biologia, Química, em alguma eletiva da área de Ciências da Natureza ou até mesmo de forma colaborativa entre professores de Química e Biologia, na qual diferentes aspectos do experimento podem ser trabalhados por cada professor. A forma de execução da prática também pode ser modificada conforme as estratégias pedagógicas e o tempo disponível para a sua realização, podendo ser parte de uma Atividade Experimental Problemática (AEP), como destaca o trabalho de Ferreira *et al.* (2022) ou uma

experimentação demonstrativa para apresentação dos conteúdos, por exemplo. Além disso, como utiliza materiais de baixo custo, o experimento pode ser implementado em escolas com poucos recursos.

Apesar de o experimento possibilitar a abordagem de diversos conceitos químicos e biológicos, ele possui algumas limitações. Do ponto de vista químico, a solução de antocianinas deve ser utilizada após um preparo recente, pois essas substâncias sofrem degradação com facilidade. Ademais, por meio do aspecto visual, não é possível determinar o produto responsável pela diferença entre as colorações dos sistemas iluminado e não-iluminado. Além disso, as mudanças no pH do sistema podem ser avaliadas de forma qualitativa não evidenciando o nível de acidez exato provocado pelo acúmulo do dióxido de carbono na condição sem iluminação. Assim, para compensar esses aspectos, o experimento pode ser associado a outros, que envolvam quantificação do dióxido de carbono nas soluções antes e após a realização dos testes experimentais e determinação do pH do sistema de forma quantitativa (com um pHmetro, por exemplo).

### Considerações finais

Apesar de a atividade experimental ter como foco evidenciar a ocorrência dos processos de respiração celular e fotossíntese, uma série de temáticas e conceitos químicos podem

ser explorados a partir do experimento. Além de propiciar o desenvolvimento de habilidades de observação, elaboração de hipóteses e análise crítica, abre espaço para que o professor explore diversos conceitos a partir da problemática dos processos biológicos. Isso não só desperta o interesse dos estudantes nos resultados observados, mas também abre espaço para a apropriação de conceitos químicos por meio da relação entre diferentes fenômenos. Uma abordagem integrada de conteúdos conceituais, de forma interdisciplinar, potencializa a atribuição de sentido para conhecimentos específicos tanto da Biologia quanto da Química.

### Material suplementar

O material suplementar deste trabalho está disponível em (<http://qnesc.sbg.org.br/>), na forma de arquivo PDF, com acesso livre. (em fonte menor que a da usada no restante do texto)

**Douglas Costa da Silva** ([douglas.costa@caxias.ifrs.edu.br](mailto:douglas.costa@caxias.ifrs.edu.br)) é licenciado em Química e Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Minas Gerais, mestre em Química pela Universidade Federal de Viçosa e doutorando do programa de Pós-graduação em Química da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Atualmente é professor EBTT do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS), *Campus Caxias do Sul*. **Gabriel José Soares Coura** ([gabrieljsc@ufmg.br](mailto:gabrieljsc@ufmg.br)) é licenciado em Química pela Universidade Federal de Viçosa e mestrando em Química pela Universidade Federal de Minas Gerais. Atualmente é professor de Química e Itinerários Formativos na Secretaria de Estado de Educação de Minas Gerais.

### Referências

CORDEIRO, S. Z. *Catharanthus roseus* (L.) G. Don. Herbário Prof. Jorge Pedro Pereira Carauta (HUNI) – UNIRIO, 2019. Disponível em: <https://www.unirio.br/ccbs/ibio/herbariohuni/catharanthus-roseus-l-g.don>, acesso em abr. 2024.

FERREIRA, M.; SILVA, A. L. S.; FILHO, O. L. S. e PORTUGAL, K. O. Atividade Experimental Problemática (AEP): asserções praxiológicas e pedagógicas ao ensino experimental das Ciências. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 27, n. 1, p. 308-322, 2022.

MACDONALD, J. J. Photosynthesis: why does it occur? *Journal of Chemical Education*, v. 72, n. 12, p. 1113-1114, 1995.

MEDEIROS, E. F.; SILVA, M. G. L. e LOCATELLI, S. W. A argumentação e o potencial metacognitivo de uma atividade experimental baseada na POA (previsão-observação-argumentação). *Revista de Educação em Ciências e Matemáticas*, v. 14, n. 29, p. 27-42, 2018.

MOZENA, E. R. e OSTERMANN, F. Uma revisão bibliográfica

sobre interdisciplinaridade no ensino de Ciências da Natureza. *Revista Ensaio*, v. 16, n. 2, p. 185-206, 2014.

SANTOS, D. Y. A. C.; CHOW, F. e FURLAN, C. M. *A Botânica no cotidiano*. São Paulo: Edusp, 2018.

SANTOS, V. M. S.; MATIAS, T. B.; GOMES, S. I. A. A.; GIUSTI, E. D. e STADLER, J. P. Emprego do extrato de *brassica oleracea l.* como indicador alternativo de pH em titulações ácido-base: uma atividade experimental integradora para o ensino de química. *Experiências em Ensino de Ciências (EENCI)*, v. 14, n. 1, p. 143-159, 2019.

SOARES, M. H. F. B.; CAVALHEIRO, É. T. G. e ANTUNES, P. A. Aplicação de extratos brutos de flores de quaresmeira e azaléia e da casca de feijão preto em volumetria ácido-base. Um experimento para cursos de análise quantitativa. *Química Nova*, v. 24, n. 3, p. 408-411, 2001.

TRAZZI, P. S. S. e BRASIL, E. D. F. Aprendizagem dos conceitos de fotossíntese e respiração celular na perspectiva histórico-cultural. *Kiri-kerê: Pesquisa em Ensino*, v. 2, p. 137-154, 2017.

**Abstract:** *Light, color and reaction! Photosynthesis as a basis for discussing chemical concepts.* Using the processes of photosynthesis and cellular respiration as a foundation, the article explores the application of an interdisciplinary experiment to address the chemical concepts linked to these biological phenomena. The experiment, an adaptation, employs low-cost materials to highlight the biological processes and broaden the accessibility of its implementation. The experiment allows the observation of chemical phenomena such as pH changes, acid formation, chemical compound classification, redox reactions, and gas absorption, providing a wide range of content to be addressed in any year of high school education. Furthermore, the article emphasizes the possibility of adapting the experiment to different educational contexts, due to the broad scope of related content. This flexibility fosters a collaborative approach among the disciplines within the Natural Sciences curriculum, thus facilitating an integrated understanding of natural phenomena.

**Keywords:** experimentation, photosynthesis, interdisciplinarity



# Indicadores ácido-base de extratos naturais: uma proposta experimental para o ensino de Química

Paulo Cardoso Gomes-Junior e Renata Martins dos Santos Paro



Considerando que as mudanças de cores dos extratos vegetais causadas pela variação do pH podem ser atrativas para estudantes na compreensão de conceitos de ácido-base, este trabalho relata uma abordagem alternativa de baixo custo utilizando indicadores ácido-base extraídos de espécies vegetais da região amazônica. A proposta visa a aprendizagem de conceitos ácido-base e elaboração de uma escala de pH em cores para alunos do ensino médio. Os experimentos foram desenvolvidos e aplicados em sala de aula, usando extratos vegetais etílicos à base de açai (*Euterpe oleracea* Mart.), helicônia-papagaio (*Heliconia psittacorum*), salsa (*Ipomea asarifolia*) e a corriola (*Ipomoea cairica*). Os indicadores foram testados em produtos de uso doméstico, e seus valores de pH foram estimados comparando as cores observadas em cada produto com as cores de escalas padrão construídas com soluções de pH conhecido. As observações sugerem que a abordagem proposta estimulou o interesse dos estudantes durante o desenvolvimento da temática, tanto no aspecto teórico quanto experimental.

► indicadores ácido-base naturais, escala de pH em cores, abordagens alternativas de ensino ◀

Recebido em 04/07/2024; aceito em 15/10/2024

189

## Introdução

O uso de indicadores de pH (potencial hidrogeniônico) remonta ao século XVII, com experimentos conduzidos por Robert Boyle (1663-1744), que, utilizando um extrato de violeta, observou que, tanto em solução quanto em papel, a cor se tornava vermelha em meio ácido e verde em básico. Dessa forma, foram obtidos os primeiros indicadores de pH (Baccan *et al.*, 1979). Diversas espécies vegetais são mencionadas na literatura como potenciais fontes para uso de indicadores, como repolho roxo (Gouveia-Matos, 1999 ; Lima *et al.*, 1995), flores (Mota e Cleophas, 2014; Oliveira *et al.*, 2023), feijão preto (Soares *et al.*, 2001) e pigmentos de extratos vegetais em geral (Almeida *et al.*, 2020 ; Couto *et al.*, 1998).

Os trabalhos mencionados descrevem propostas de aprendizagens baseadas na utilização desses corantes contidos no tecido vegetal para demonstrar conceitos relacionados às propriedades ácidas e básicas, usando indicadores de fontes naturais e de baixo custo. Nesse sentido, Penaforte e Santos

(2014) ressaltam a importância de abordagens experimentais que oportunizam aos alunos a construção coletiva de conhecimentos científicos por meio de discussões, observações e explicações para os fenômenos que acontecem à sua volta.

As mudanças na coloração de extratos de tecidos vegetais com a variação do pH devem-se às transformações estruturais de pigmentos, especialmente as antocianinas (ACYS), que

são flavonoides solúveis em água e responsáveis por tonalidades que variam do vermelho ao azul em muitas frutas, legumes e hortaliças (Mazza e Miniati, 1993). Em linhas gerais, as ACYS são derivadas da estrutura primária do cátion flavilium ( $AH^+$ ) (Figura 1) e suas formas glicosiladas (antocianidinas ou agliconas), encontradas naturalmente, derivam dos

grupos substituintes das posições R1, R2 e R3, levando às formas de Cianidina, Tricetidina, Aurantidina, Delfinidina, 6-Hidroxicianidina, Malvidina, Pelargonidina, Luteolidina, Peonidina e Petunidina (Guimarães *et al.*, 2012).

Do ponto de vista de aplicação, diversos trabalhos reportam o uso das ACYS para fins didáticos, desde os conceitos

O uso de indicadores de pH (potencial hidrogeniônico) remonta ao século XVII, com experimentos conduzidos por Robert Boyle (1663-1744), que, utilizando um extrato de violeta, observou que, tanto em solução quanto em papel, a cor se tornava vermelha em meio ácido e verde em básico.



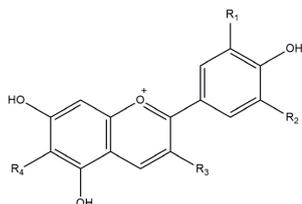


Figura 1. Estrutura do cátion flavilium

ácido-base (Monteiro e Freitas, 2020) até fundamentos espectrofotométricos, Lei de Beer, hidrólise e efeito no pH do ponto final em volumetria por meio de titulações espectrofotométricas (Cortes *et al.*, 2007; Guimarães *et al.*, 2012). Considerando o potencial das ACYS para abordagens mais atrativas de conceitos na química para alunos em geral, o presente trabalho demonstra uma abordagem prática para elaborar uma escala de pH baseadas em cores, utilizando extratos de tecidos vegetais nativos da região amazônica como indicadores ácido-base para estimar valores de pH de produtos de uso doméstico.

## Metodologia

Ácidos e bases são temáticas da matriz curricular de Química para o Ensino Médio, e por vezes, seus conceitos são pouco compreendidos pelos alunos devido às diferentes teorias para defini-los. Paik (2015) e Souza e Silva (2018) relatam tais dificuldades e sugerem estratégias de sequências didáticas para melhor entendimento desses conceitos, a partir de experimentos com elementos do cotidiano dos alunos.

Assim, a proposta elaborada para estudantes do ensino médio de uma escola pública da rede Estadual do Pará, localizada no município de Capitão Poço, seguiu as seguintes etapas: (i) aulas teóricas sobre funções inorgânicas e noções básicas de equilíbrio ácido-base; (ii) abordagem sobre o uso de matérias-primas de origem vegetal como indicadores ácido-base; (iii) apresentação de conceitos gerais de métodos de extração e preparo de soluções; (iv) desenvolvimento prático – escolha das espécies vegetais, preparo dos extratos e testes dos indicadores. Não houve necessidade de aprovação de um comitê de ética, conforme a resolução 510 de 2016 do CONEP, no seu Art. 1º, parágrafo VIII, inciso § 1º, que isenta

Ácidos e bases são temáticas da matriz curricular de Química para o Ensino Médio, e por vezes, seus conceitos são pouco compreendidos pelos alunos devido às diferentes teorias para defini-los.

da apresentação de protocolo de pesquisa ao sistema CEP/ CONEP para trabalhos de relatos (CONEP, 2016).

## Coleta e identificação das plantas

As plantas e o fruto do açaí foram selecionados e coletados na região de Capitão Poço, Pará (Figura 2). O fruto do açaí (*Euterpe olarecea*) (Figura 2A) foi escolhido para elaboração de um extrato por ser fonte de ACYS bem relatada na literatura (Yamaguchi *et al.*, 2015). As espécies vegetais *Heliconia psittacorun* (Helicônia-papagaio) (Figura 2B), *Ipomea asarifolia* (Salsa) (Figura 2C) e a *Ipomoea cairica* (Corriola) (Figura 2D) foram escolhidas qualitativamente como potenciais fontes de ACYS devido à coloração das suas pétalas. Além disso, os alunos utilizaram o aplicativo *PlantNet* (gratuito) para *smartphone* e as identificaram no aspecto botânico e distribuição geográfica.

*Açaí (Euterpe olarecea)*: a palmeira do açaí (*Euterpe olarecea* Mart.) é uma espécie nativa da Amazônia com grande importância socioeconômica e cultural para a região. Sua distribuição geográfica compreende a porção oriental da Amazônia, sobretudo na região do estuário (Pará, Amapá e Maranhão). Seus frutos possuem coloração roxa escura e

são ricos em diversos nutrientes essenciais como ACYS, fibras, ácidos graxos insaturados, vitaminas e minerais (Laurindo *et al.*, 2023).

*Helicônia-papagaio (Heliconia psittacorun)*: é uma espécie que se adapta a diversos

ambientes (desde áreas de florestas tropicais úmidas até áreas abertas com solos úmidos). Sua tolerância a solos ácidos e de baixa fertilidade a torna uma colonizadora pioneira em áreas degradadas (Krause, 2019; e Malakar *et al.*, 2022). Em comunidades mais tradicionais, suas flores são utilizadas na medicina popular auxiliando no tratamento de doenças respiratórias (Krause, 2019).

*Corriola (Ipomea cairica)*: popularmente conhecida por Ipoméia, Jitiriana, Campainha ou Corda-de-viola, é uma planta trepadeira herbácea, muito florífera e perene, sendo amplamente utilizada na medicina popular (Tognon e Petry, 2012).

*Salsa (Ipomea asarifolia)*: é uma planta nativa na América tropical, ocorrendo nas regiões da América do Sul e Central. No Brasil, ela é muito comum na Amazônia e em



Figura 2: Frutos e espécies vegetais coletadas, em (A) frutos do açaí, (B) flor da *Heliconia psittacorun*, (C) flor da *Ipomea asarifolia*, e em (D) flor da *Ipomoea cairica*. Fonte: Autores (2024).

todo o litoral da região Norte, sendo encontrada às margens de rios, lagoas e estradas, praias marítimas, e terrenos abandonados (Araújo *et al.*, 2008).

#### Preparação dos extratos

**Pétalas de flores:** após coletadas, foram pesadas ( $\approx 10$  g) e maceradas utilizando um pilão e imersas separadamente em 30 mL de álcool etílico 70 % (v/v). O tempo de extração foi estabelecido em 24 horas, seguido por filtração com sistema semelhante ao proposto por Oliveira *et al.* (2023) e armazenadas sob refrigeração.

**Frutos do açaí:** cerca de 30 caroços foram submetidos a um processo de branqueamento (tratamento via submersão dos frutos em água quente, seguido de resfriamento imediato) para facilitar a remoção da polpa. Após removida, a polpa foi macerada, e 50 mL de álcool etílico 70 % (v/v) foi adicionado. Em seguida, o extrato foi filtrado e armazenado.

#### Testes com os extratos vegetais em diferentes pH

As escalas foram elaboradas com soluções de pH padronizadas de ácido clorídrico (pH 1) e tampão Britton-Robinson (pH 2 ao 10) – mistura de ácidos acético, bórico e fosfórico. Todas as soluções utilizadas foram de concentração  $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ , e seus valores de pH foram ajustados com NaOH e monitorados com pHmetro portátil da marca Hanna. Esses procedimentos foram realizados no Laboratório de Eletroquímica e Célula à Combustível da Universidade Federal do Pará (LECaC-UFGPA), sem a presença dos alunos, mas os procedimentos experimentais foram explicados em sala. Os testes com os extratos elaborados nas soluções padronizadas para construir a escala em cores e com produtos de uso doméstico (amônia, bicarbonato, soda cáustica, ácido clorídrico e vinagre) foram realizadas em sala.

### Resultados e discussão

Nas aulas introdutórias, o assunto ácido-base foi contextualizado e discutido com os alunos, com a intenção de acessar informações prévias sobre conceitos de acidez e basicidade na perspectiva de Arrhenius, propriedades organolépticas, escala numérica de pH, indicadores ácido-base convencionais (fenolftaleína, alaranjado de metila, indicador universal, entre outros) e naturais (à base de extratos vegetais), métodos básicos de extração das ACYS e a influência do pH do meio sobre as cores observadas em função das reações de equilíbrio com  $\text{AH}^+$ .

As cores observadas nos testes conduzidos com as soluções de pH padronizado e os indicadores elaborados

estão ilustradas na Figura 3. Como pode ser observado, a tonalidade do indicador variou do vermelho (pH 1) até um marrom esverdeado/amarelo (pH 10), usando o indicador a base de açaí. Enquanto nos extratos a base de flores, as escalas de cores apresentaram tonalidades muito próximas, dificultando a estimativa dos valores de pH das amostras a partir da comparação visual de cores com as soluções de pH padronizado. No entanto, os resultados demonstram a presença dos pigmentos extraídos, sobretudo o conteúdo de ACYS nesses indicadores, que são uns dos principais cromóforos que se alteram mediante ao pH do meio (Kapilraj *et al.*, 2019).

Conforme observado nas possíveis estruturas de equilíbrio das ACYS no Esquema 1, as colorações avermelhadas devem-se à forma do  $\text{AH}^+$  que predomina entre pH 1 e 2. A depender do tipo de ACYS, essa tonalidade pode estender-se até o pH 5 (observado para o extrato de açaí, Figura 3). A partir do pH 6, as cores passam a imprimir tonalidades

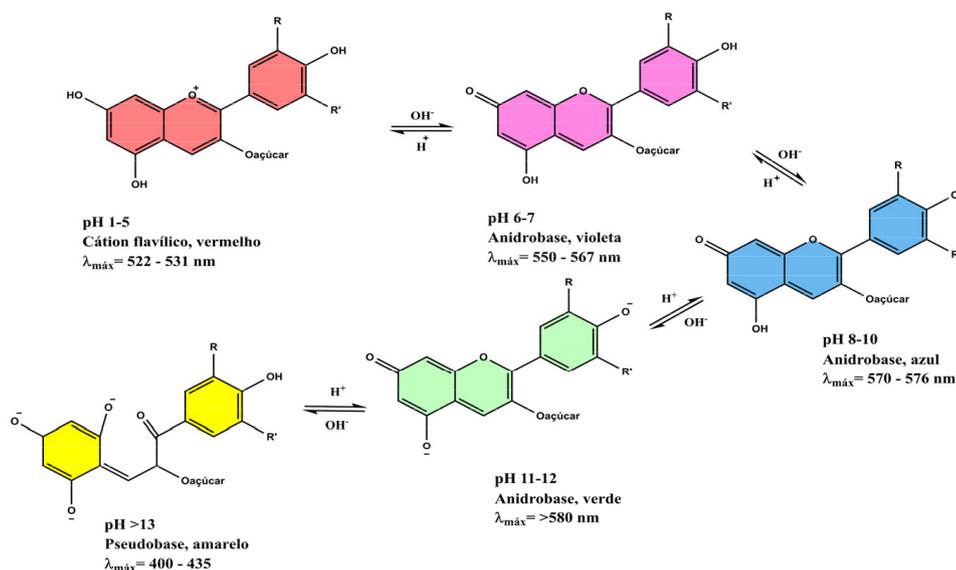
do violeta ao azul, com formas predominantes de anidrobases quinoidais, que podem ionizar-se com aumento gradual do pH entre valores de 6,5 e 9. Nos pHs entre 10 e 12, a coloração verde predomina (extratos das flores) em meios extremamente alcalinos (pH > 13), o equilíbrio entre formas ionizadas de chalconas *cis* e *trans* pode produzir coloração amarela (Março e Poppi, 2008).

Nos extratos elaborados, o indicador à base de açaí apresentou melhores distinções de cores na escala construída, em comparação aos indicadores das

flores, fato constatado nas observações dos alunos ao testá-lo com os produtos de uso doméstico (Tabela 1). A pouca variabilidade de cores nos indicadores à base de flores pode estar associada aos tipos de ACYS e sua estabilidade, visto que fatores como calor, oxigênio, luz e pH podem acelerar sua degradação (Março e Poppi, 2008; Yamaguchi *et al.*, 2015). Esses fatores dificultam, por exemplo, a determinação experimental da constante de acidez ( $\text{pK}_a$ ) das ACYS, dado que as rápidas reações competitivas de hidratação do  $\text{AH}^+$  levam à formação de hemiacetal e chalconas isoméricas, que impedem a determinação dos espectros da base quinoidal. No entanto, com base nas absorções ( $\lambda_{\text{máx}}$ ) condicionadas pelos grupos substituintes R1, R2 e R3 do  $\text{AH}^+$ , os valores de  $\text{pK}_a$  podem variar de 3,5 a 8,5 (Freitas *et al.*, 2007 e Kapilraj *et al.*, 2019). Ademais, os testes realizados com soluções de produtos domésticos estão apresentados na Tabela 1, e seus valores de pH foram estimados com base nas cores observadas e comparadas à escala padrão (Figura 3).

Com relação à proposta experimental, as determinações qualitativas dos valores de pH, usando os indicadores ácido-base a partir das comparações das escalas de cores,

Nas aulas introdutórias, o assunto ácido-base foi contextualizado e discutido com os alunos, com a intenção de acessar informações prévias sobre conceitos de acidez e basicidade na perspectiva de Arrhenius, propriedades organolépticas, escala numérica de pH, indicadores ácido-base convencionais (fenolftaleína, alaranjado de metila, indicador universal, entre outros) e naturais (à base de extratos vegetais), métodos básicos de extração das ACYS e a influência do pH do meio sobre as cores observadas em função das reações de equilíbrio com  $\text{AH}^+$ .



Esquema 1: Prováveis estruturas das antocianinas em meio aquoso em função do pH (Março e Poppi, 2008).

Tabela 1: Comportamento dos indicadores a base de extratos naturais em diferentes produtos de uso caseiro.

Indicadores	Produtos	Coloração Inicial	Coloração Final	pH
Extrato (açai)	Amônia	Incolor	Marrom	10 – >10
	Ácido clorídrico	Incolor	Vermelho	1 – 2
	Bicarbonato	Incolor	Marrom	9 – 10
	Vinagre	Incolor	Vermelho	2 – 3
	Soda cáustica	Incolor	Violeta	> 10
Extrato ( <i>Heliconia psittacorum</i> )	Amônia	Incolor	Marrom-claro	10 – >10
	Ácido clorídrico	Incolor	Marrom-escuro	1 – 2
	Bicarbonato	Incolor	Marrom	9 – 10
	Vinagre	Incolor	Marrom	2 – 3
	Soda cáustica	Incolor	Amarelo-claro	> 10
Extrato ( <i>Ipomea cairica</i> )	Amônia	Incolor	Bege-escuro	10 – >10
	Ácido clorídrico	Incolor	Bege-escuro	1 – 2
	Bicarbonato	Incolor	Marrom-claro	9 – 10
	Vinagre	Incolor	Bege	2 – 3
	Soda cáustica	Incolor	Amarelo	> 10
Extrato ( <i>Ipomea asarifolia</i> )	Amônia	Incolor	Marrom	10 – >10
	Ácido clorídrico	Incolor	Vermelho-claro	1 – 2
	Bicarbonato	Incolor	Marrom	9 – 10
	Vinagre	Incolor	Bege-alaranjado	2 – 3
	Soda cáustica	Incolor	Amarelo-esverdeado	> 10

podem ser uma alternativa para discutir temas que envolvem definições complexas, referentes aos conceitos de equilíbrio ácido-base, à influência do pH do meio para a transição de cor e à estabilidade química das ACYS em alguns extratos, notadamente aqueles preparados a partir de materiais vegetais que podem ser encontrados nas demais regiões do país. Isso é especialmente importante em locais com estruturas limitadas para desenvolver aulas práticas que podem ser úteis em abordagens desde conceitos elementares de teorias

ácido-base à titulações empregando esses extratos vegetais (Cortes *et al.*, 2007).

### Considerações finais

Em relação à proposta, quanto à perspectiva da aprendizagem, os alunos puderam vivenciar na prática uma melhor compreensão dos conceitos gerais de ácido-base, elaboração de soluções, processos de extração, noções básicas de



Figura 3: Escalas de pH elaborada a partir dos extratos vegetais. Fonte: Autores (2024).

equilíbrio ácido-base e uso de uma escala de pH em cores baseada em indicadores de extratos vegetais. Do ponto de vista funcional, os indicadores elaborados se mostraram eficazes na diferenciação visual de ácidos e bases, especialmente o indicador a base de açaí, que apresentou melhores variações nas cores com a mudança do pH. Outro ponto que merece destaque nesta abordagem metodológica são as possibilidades de inserir novas variedades de espécies vegetais como alternativas aos indicadores tradicionalmente utilizados na identificação de ácidos e bases, especialmente em escolas que não possuem infraestrutura de laboratório adequada para desenvolver aulas práticas de química.

### Agradecimentos

À Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Belina Campos Coutinho.

**Paulo Cardoso Gomes-Junior** (junior.cardoso@aluno.ifsp.edu.br) é licenciado em Química pelo IFPA-Campus Belém, mestre em Química pela UFPA e especialista em Educação: Ciência, Tecnologia e Sociedade pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo. Atualmente é professor no ensino básico na Secretaria de Educação do Estado do Pará (SEDUC-PA). **Renata Martins dos Santos Pato** (renata.santos@ifsp.edu.br) é bacharel em Ciências Biológicas pela UNIFAL, mestre em Ecologia e Recursos Naturais e doutora em Ciências pela UFSCar. Atualmente é professora no IFSP-Campus São Carlos, São Carlos-SP, Brasil.

### Referências

ALMEIDA, C. S.; YAMAGUCHI, K. K. L. e SOUZA, A. O. O uso de indicadores ácido-base naturais no ensino de Química: uma revisão. *Research, Society and Development*, v. 21, n. 1, p. 1–9, 2020.

ARAÚJO, J. A. S.; RIET-CORREA, F.; MEDEIROS, R. M. T.; SOARES, M. P.; OLIVEIRA, D. M. e CARVALHO, F. K. Intoxicação experimental por *Ipomoea asarifolia* (Convolvulaceae) em caprinos e ovinos. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, v. 28, n. 10, p. 488–494, 2008.

BACCAN, N.; ANDRADE, J. C.; GODINHO, O. E. e BARONE, J. S. *Química analítica quantitativa elementar*. 2ª ed. São Paulo: E. Blücher, 1995.

CONEP. RESOLUÇÃO Nº 510, DE 07 DE ABRIL DE 2016. 2016. Publicada no DOU nº 98, 24 de maio de 2016 - seção 1, páginas 44, 45, 46.

CORTES, M. S.; RAMOS, L. A. e CAVALHEIRO, É. T. G. Titulações espectrofotométricas de sistemas ácido-base utilizando extrato de flores contendo antocianinas. *Química Nova*, v. 30, n. 4, p. 1014–1019, 2007.

COUTO, A. B.; RAMOS, L. A.; CAVALHEIRO, É. T. G. Aplicação de pigmentos de flores no ensino de Química. *Química Nova*, v. 21, n. 2, p. 221–227, 1998.

FREITAS, A. A.; SHIMIZU, K.; DIAS, L. G.; QUINA, F. H. A computational study of substituted flavylum salts and their quinonoidal conjugate-bases: S<sub>0</sub>→S<sub>1</sub> electronic transition, absolute pK<sub>a</sub> and reduction potential calculations by DFT and semiempirical methods. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, v. 18, n. 8, p. 1537–1546, 2007.

GOUVEIA-MATOS, J. A. M. Mudanças nas cores dos extratos de flores e do repolho roxo. *Química Nova na Escola*, v. 10, p. 6–10, 1999.

GUIMARÃES, W.; ALVES, M. I. R. e ANTONIOSI FILHO, N. R. Antocianinas em extratos vegetais: aplicação em titulação ácido-base e identificação via cromatografia líquida/espectrometria de massas. *Química Nova*, v. 35, n. 8, p. 1673–1679, 2012.

KAPILRAJ, N.; KEERTHANAN, S. e SITHAMBARESAN, M. Natural Plant Extracts as Acid-Base Indicator and Determination of Their pK<sub>a</sub> Value. *Journal of Chemistry*, v. 2019, p. 2–7, 2019.

KRAUSE, S. *Caracterização morfológica e molecular de Heliconia densiflora e Heliconia psittacorum ( Heliconiaceae )*. Caracterização morfológica e molecular de *Heliconia densiflora e Heliconia psittacorum ( Heliconiaceae )*. Dissertação de Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas, Universidade do Estado de Mato Grosso, Tangará da Serra, 2019.

LAURINDO, L. F.; BARBALHO, S. M.; ARAÚJO, A. C.;

- GUIGUER, E. L.; MONDAL, A.; BACHTEL, G. e BISHAYEE, A. Açáí (*Euterpe oleracea* Mart.) in Health and Disease: A Critical Review. *Nutrients*, v. 15, n. 4, 2023.
- LIMA, V. A.; BATTAGLIA, M.; GUARACHO, A. e INFANTE, A. Demonstração do efeito tampão de comprimidos efervescentes com extrato de repolho roxo. *Química Nova na Escola*, v. 1, p. 33–34, 1995.
- MALAKAR, M.; BERUTO, M. e BARBA-GONZALEZ, R. Biotechnological approaches to overcome hybridization barriers and use of micropropagation tool for further improvement in Heliconia: a review. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, v. 149, n. 3, p. 503–522, 2022.
- MARÇO, P. H. e POPPI, R. J. Procedimentos Analíticos para Identificação de Antocianinas Presentes em Extratos Naturais. *Química Nova*, v. 31, n. 5, p. 1218–1223, 2008.
- MAZZA, G. e MINIATI, E. *Anthocyanins in fruits, vegetables, and grains*. CRC Press. 1993.
- MONTEIRO, E. P. e FREITAS, L. A. Identificação De Antocianinas Em Frutas Da Região Amazônica: Um Indicador Natural Usado Como Recurso Didático Para O Ensino De Química. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 11, p. 86590–86600, 2020.
- MOTA, T. C. e CLEOPHAS, M. G. Proposta para o Ensino de Química Utilizando a Planta Pterodon abruptus (Moric.) Benth. como Indicador Natural de pH. *Revista Virtual de Química*, v. 6, n. 5, p. 1353–1369, 2014.
- OLIVEIRA, W. S.; SOUSA, P. S. A. e COLE, T. S. S. Produção de Indicadores Ácido-Base Naturais em Solução e em Papel a Partir de Extratos de Plantas com Potencial Aplicação no Ensino de Química. *Química Nova na Escola*, v. 45, n. 2, p. 131–141, 2023.
- PAIK, S. H. Understanding the Relationship among Arrhenius, Brønsted-Lowry, and Lewis Theories. *Journal of Chemical Education*, v. 92, n. 9, p. 1484–1489, 2015.
- PENAFORTE, G. S. e SANTOS, V. S. O ensino de química por meio de atividades experimentais: aplicação de um novo indicador natural de pH como alternativa no processo de construção do conhecimento no ensino de ácidos e bases. *EDUCAmazônia*, v. XIII, p. 8–21, 2014.
- SOARES, M. H. F. B.; CAVALHEIRO, É. T. G. e ANTUNES, P. A. Aplicação de extratos brutos de flores de quaresma e azaléia e da casca de feijão preto em volumetria ácido-base. Um experimento para cursos de análise quantitativa. *Química Nova*, v. 24, n. 3, p. 408–411, 2001.
- SOUZA, C. R. e SILVA, F. C. Uma Sequência Investigativa Relacionada à Discussão do Conceito de Ácido e Base. *Química Nova na Escola*, v. 40, p. 276–286, 2018.
- TOGNON, G. B. e PETRY, C. Estaquia de Ipomoea cairica (L.) sweet. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, v. 14, n. 3, p. 470–475, 2012.
- YAMAGUCHI, K. K. D. L.; PEREIRA, L. F. R.; LAMARÃO, C. V.; LIMA, E. S. e DA VEIGA-JUNIOR, V. F. Amazon acai: Chemistry and biological activities: A review. *Food Chemistry*, v. 179, p. 137–151, 2015.

**Abstract:** Acid-base indicators of natural extracts: an experimental proposal for Chemistry teaching. Considering that color changes in plant extracts caused by pH variation can be attractive to students for understanding acid-base concepts, this work reports an alternative low-cost approach using acid-base indicators extracted from plant species from the Amazon region as a proposal for learning acid-base concepts and developing a color pH scale for high school students. The experiments were developed and applied in the classroom using ethyl plant extracts based on açáí (*Euterpe oleracea* Mart.), helicônia-papagaio (*Heliconia psittacorum*), salsa (*Ipomea asarifolia*), and corriola (*Ipomoea cairica*). The indicators were tested on household products, and their pH values were estimated by comparing the colors observed in each product with the colors of standard scales constructed with solutions of known pH. Observations suggest that the proposed approach stimulated students' interest during the development of the theme, both in theoretical and experimental aspects.

**Keywords:** natural acid-base indicators, pH scale in colors, alternative teaching approaches

# Educação inclusiva com estudantes no espectro autista: o uso de organizadores visuais em aulas de ciências



## Inclusive education with students on the autistic spectrum: the use of visual organizers in science classes

Joanna de Paoli e Patrícia Fernandes Lootens Machado

**Resumo:** A partir de estudos sobre as estratégias de ensino e avaliação desenvolvidas com estudantes no espectro autista, identificamos como possibilidade a utilização dos Organizadores Visuais. Por isso, tivemos como objetivo investigar contribuições dos organizadores visuais em aulas de ciências no ensino de pessoas com autismo. Para o período de busca (1943-2022), identificamos apenas um trabalho nacional e seis internacionais. As pesquisas internacionais apresentaram maior centralidade com o uso de organizadores visuais e estabeleceram justificativas específicas da escolha da ferramenta com base em características do diagnóstico de autismo, porém, pautadas em déficits tanto na compreensão do autismo quanto na organização de abordagens comportamentalistas. Concluímos que não é o material em si que promove o ensino de estudantes com autismo, mas o modo que a estratégia pode compor a atividade de estudos. Na investigação e análise sobre o uso de organizadores visuais no ensino de estudantes com autismo, conseguimos identificar contribuições potenciais nos processos educacionais, mas precisamos avançar no ensino inclusivo com pessoas com Transtorno do Espectro Autista (TEA).

**Palavras-chave:** inclusão, autismo, educação científica

**Abstract:** Based on studies on teaching and assessment strategies developed with students on the autistic spectrum, we identified the use of Visual Organizers as a possibility. Therefore, we aimed to investigate the contributions of visual organizers in science classes to teaching people with autism. For the search period (1943-2022) we identified only one national and six international works. International research showed greater centrality with the use of visual organizers and established specific justifications for the choice of the tool based on characteristics of the autism diagnosis, however, based on deficits in both the understanding of autism and the organization of behaviorist approaches. We conclude that it is not the material itself that promotes the teaching of students with autism, but the way in which the strategy can compose the study activity. In the investigation and analysis of the use of visual organizers in teaching students with autism, we were able to identify potential contributions to educational processes, but we need to advance in inclusive teaching with people with Autism Spectrum Disorder (ASD).

**Keywords:** inclusion, autismo, scientific education

**Joanna de Paoli** ([joanna.paoli@edu.se.df.gov.br](mailto:joanna.paoli@edu.se.df.gov.br)) é licenciada em Química, mestre em Ensino de Química (PPGEC) e doutora em Educação em Ciências (PPGEduC) pela Universidade de Brasília (UnB). Atualmente é professora da Secretaria de Educação do Distrito Federal, Brasília-DF, Brasil. **Patrícia Fernandes Lootens Machado** ([plootens@unb.br](mailto:plootens@unb.br)) é bacharel em Química pela Universidade Federal do Ceará (UFC), mestre e doutora em Engenharia (PPGE3M) pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Atualmente é professora da Divisão de Ensino de Química da Universidade de Brasília e do Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências (PPGEduC/UnB). Brasília-DF, Brasil.  
Recebido em 10/04/2024; aceito em 14/11/2024

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.



## Introdução

Como os demais marcos legais de inclusão, o direito à educação escolar de todos e de todas é um movimento em consolidação, representa, até então, a possibilidade teórica mais avançada entre os modelos históricos de convivência e atividades educativas. Nele, encontram-se inúmeras inter-relações – nas quais seus contrários coabitam – como o direito à igualdade e à diferença que se embricam, incluindo-se e excluindo-se na dialética complexa que formam. Além do legislativo abstrato e forçoso, a inclusão escolar é composta por sujeitos reais, que quanto mais vivenciam situações enriquecidas na cultura, maiores são as oportunidades de aprendizado e de desenvolvimento individual e coletivo.

Em uma sociedade plural em aspectos de gênero, raça, etnia, religião e psicofisiologia, a inclusão social é inalienável à formação de cidadãos cientificamente críticos. Em nossa estrutura societal, a escola toma centralidade no processo de constituição da consciência singular e coletiva e configura-se como o espaço privilegiado de relações por excelência, pois, mesmo na reprodução de condutas contraditórias, diferentemente de outros contextos, nela apresenta-se a possibilidade real e sistematizada de ensinar a dialogar sobre as tensões que marcam a interseccionalidade que envolve a humanidade, e a trilhar novos caminhos de convivência. Essas são as ações fundantes da educação escolar, a organização intencionada por meio do planejamento político e posicionamento pedagógico no ensino processual de conhecimentos científicos, valores e comportamentos democráticos com vias à superação de desafios e construção de um futuro. Na elegante explicação de Dermeval Saviani (2013, p. 13), o trabalho educativo refere-se ao “ato de produzir, direta e intencionalmente, em cada indivíduo singular, a humanidade que é produzida histórica e coletivamente”, com vias “à identificação dos elementos culturais que precisam ser assimilados pelos indivíduos [e] à descoberta das formas mais adequadas para atingir esse objetivo”.

No Brasil, ainda não identificamos uma discussão expressiva sobre os processos de ensino e a avaliação de estudantes com autismo, assim como não há um respaldo legislativo, pensando nos processos educacionais, que direcionem uma apresentação minuciosa: *do que* foi ensinado, *como* foi ensinado, *quais* foram os indícios de seus aprendizados e as *relações* com o currículo geral. Em pesquisas na área de ensino de ciências, nos poucos dados que existem, percebemos que os processos avaliativos, quando apresentados, são escassos em evidências de aprendizados conceituais de ciências. Também não mostram as possíveis contribuições ao processo de desenvolvimento dos(as) estudantes, nem os impactos em suas relações e consciência, de como colaboraram nos processos de inclusão do(a) estudante e na superação de dificuldades descritas em pesquisas e manuais diagnósticos acerca do autismo.

Mesmo na recente Base Nacional Comum Curricular (BNCC) não há uma discussão nem orientações acerca da

inclusão de pessoas com deficiência e, também, sequer menciona a palavra autismo (Paoli *et al.*, 2023). Tudo isso favorece a um esvaziamento dos conhecimentos escolares, dos processos criativos e imaginativos voltados ao público da educação especial. A sensação que temos é de um conformismo com a precarização da educação geral, com a desvalorização de um saber objetivo, com a ausência de orientações legislativas sobre o ensino, e com a própria negação de um ensino para pessoas com deficiência e autismo. Na mesma medida, uma sensação de que há uma satisfação apenas por essas pessoas conviverem nos mesmos espaços comuns. Na escola, a forma (metodologia) e o conteúdo (científico) deveriam ser compreendidos em sua indissociabilidade.

No processo educacional, é fundamental o planejamento da avaliação. Conforme Esteban (2004), as avaliações devem oportunizar a interação dos sujeitos, a fim de que compartilhem suas singularidades e ampliem seus saberes. Afinal, toda produção de conhecimento, como os científicos, é um processo de relações humanas. Ao tornarem-se conscientes de novos saberes, os sujeitos também se reconhecem e aprendem mais sobre si mesmos, “o ato de conhecer e o produto de conhecimento são inseparáveis” (p. 173). Assim, os processos de aprendizado são inalienáveis das relações sociais, da expressão do seu desenvolvimento e da produção no mundo em que convivem.

Como defende Lev Semionovitch Vigotski (2007), é a partir da avaliação da zona de desenvolvimento proximal, dos conhecimentos que ainda precisam do apoio do outro, que uma boa educação, com objetivos prospectivos, antecipa e promove o desenvolvimento. Nesse processo, deve-se resguardar a existência de distintas formas e complexificações na compreensão e expressão dos aprendizados, pois não há uma única metodologia ou ação que consiga avaliar de forma métrica o desenvolvimento. Wu *et al.* (2020) sugerem a coerência entre o ensino e as formas avaliativas que integram o processo pedagógico, a fim de que não se restrinja à condução de aulas específicas, mas contemple todo o processo escolar. De acordo com Esteban (2007, p. 173), a avaliação envolve um

conjunto de práticas escolares e sociais que enfatiza a produção do conhecimento como processo realizado por seres humanos em interação, que ao conhecerem se conhecem, ao produzirem o mundo no qual vivem se produzem, ao viverem vão esgotando suas possibilidades de vida individual e estreitando os laços que unem cada um e cada uma em infinita rede de vida.

A partir de estudos sobre as estratégias de ensino e avaliação desenvolvidas com estudantes no espectro autista, identificamos como possibilidade a utilização dos *Organizadores Visuais*. Assim, temos como objetivo investigar contribuições dos organizadores visuais em aulas de ciências no ensino de pessoas

com autismo em publicações nacionais e internacionais desde o surgimento do diagnóstico (1943) até o ano de 2022.

### Organizadores visuais como ferramenta de inclusão de estudantes com autismo

Conforme pontuado por Maldaner (2014), os problemas da educação e do ensino no contexto brasileiro correspondem, especialmente, a situações persistentes de uma estrutura de desigualdades sociais, dificuldades que não se restringem às particularidades do ensino em ciências, mas à educação em sua forma mais ampla. Entre os problemas estão as condições que não favorecem apropriações intelectuais e suas interações com as demais funções psíquicas e condutas culturais para a complexificação da personalidade, e da participação social.

Para Chioate (2021), em nosso País, o acesso à escolarização, o acompanhamento à permanência e a qualidade interventiva para todas as crianças e jovens, com ou sem autismo, ainda não se consolidou. Com a alegação de algumas características do desenvolvimento de pessoas no espectro autista, notadamente, aquelas que ainda necessitam de maior apoio para se comunicar e se organizar em ambientes coletivos, justificam-se as suas não inclusões no espaço escolar para o convívio diverso e a mobilização máxima para seus desenvolvimentos.

O autismo foi especialmente caracterizado na literatura médica em 1943 por Leo Kanner (1997) como *distúrbios autísticos de contato afetivo* e, em 1944, por Hans Asperger (1991) como *psicopatia autista*. A compreensão diagnóstica do autismo tem sido objeto de debates e contradições ao longo do tempo. De acordo com Paoli e Machado (2022), o trabalho de Kanner se tornou uma referência para o diagnóstico de autismo, enquanto o de Asperger só ganhou notoriedade quase 40 anos depois, com os estudos da psiquiatra britânica Lorna Wing, que tinha uma filha autista. Wing identificou similaridades entre as pesquisas de Kanner e Asperger. No entanto, a proposição de um diagnóstico único em um *continuum* gerava controvérsias. Por isso, ela propôs uma distinção diagnóstica entre o *autismo* e a *Síndrome de Asperger* (Wing, 1981). Assim, ambos os diagnósticos eram caracterizados por dificuldades nas interações sociais e por padrões de comportamento restritos e repetitivos, mas se diferenciavam quanto ao uso da linguagem. As pessoas com autismo tinham um maior comprometimento na apropriação e no desenvolvimento da linguagem. Nos anos seguintes, insatisfeita com as diferentes categorias, Wing lutou pelo conceito de *espectro autista* (Paoli e Machado, 2022).

O diagnóstico clínico de autismo geralmente é fundamentado no *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders* (DSM) da *American Psychiatric Association* (APA), que tem estabelecido modificações nos critérios e categorias ao longo das edições, culminando na versão revisada atual, o DSM-5-TR (APA, 2022). Grandin (2015) descreve as mudanças e os desdobramentos históricos do diagnóstico de autismo. A seguir, apresentamos uma breve síntese.

Quando foi lançada a primeira versão do DSM-I, em 1952, o diagnóstico de autismo não estava incluído; nas duas referências à expressão *autismo*, a relação era direcionada aos sintomas da esquizofrenia. O mesmo ocorreu no DSM-II, de 1968. Somente no DSM-III, lançado em 1980, foi introduzida a categoria diagnóstica *Autismo Infantil*, dentro dos Transtornos Globais do Desenvolvimento (TGD). Na versão revisada, em 1987, o DSM-III-R alterou a classificação para *Transtorno Autista*. O DSM-IV, publicado em 1994, trouxe modificações significativas, subdividindo o TGD em: *Transtorno Autista*, *Transtorno de Asperger* (oficialmente, incluído), *Transtorno de Rett*, *Transtorno Desintegrativo da Infância* e *Transtorno Invasivo do Desenvolvimento não especificado*. As modificações nos critérios diagnósticos contribuíram para um aumento substancial de diagnósticos de autismo e o Transtorno de Asperger adquiriu, popularmente, a reputação de *Autismo de Alto Funcionamento*. Na revisão de 2000, o DSM-IV-R permitiu tanto o diagnóstico TGD quanto o de Transtorno do Espectro Autista (TEA). Em 2013, o DSM-5 unificou os diferentes diagnósticos relacionados ao autismo sob o termo TEA, que passou a integrar a categoria dos Transtornos do Neurodesenvolvimento — um grupo de condições que geralmente se manifestam nos primeiros anos de vida. Com essa mudança, no DSM, a Síndrome de Asperger deixou de ser um diagnóstico separado. Ademais, as relações de Asperger com o nazismo tem provocado intensas discussões na comunidade autista (Silberman, 2016; Czech, 2019; Sheffer, 2019).

Atualmente, no DSM-5-TR, o TEA é classificado como uma condição que se apresenta desde os primeiros anos de vida com manifestações de déficits na comunicação e interação social somados a comportamentos restritos e repetitivos que, em conjunto, implicam em “prejuízo clinicamente significativo nas áreas sociais, ocupacionais ou outras áreas importantes do funcionamento atual” (APA, 2022, p. 62)<sup>1</sup>. Na materialidade, as pessoas com autismo não formam um grupo homogêneo. As características descritas no DSM se manifestam em um espectro, com diferentes especificidades e variadas necessidades de suportes para a comunicação. Essas necessidades podem ser classificadas em três níveis: *nível 3* “exigindo apoio muito substancial”, *nível 2* “exigindo apoio substancial” e *nível 1* “exigindo suporte” (para mais informações, ver APA, 2022, p. 59).

A etiologia do autismo ainda é desconhecida, mas suas interrupções, em uma perspectiva Histórico-Cultural, envolvem afastamentos das relações sociais – a essência da apropriação cultural – e marcam contradições. Na medida em que se opõem, também se impregnam mutuamente, desdobrando-se em seus respectivos modos de desenvolvimentos, qualitativamente singulares. A dialética do movimento da contradição, como qualquer luta dos contrários, requer superação; no caso, a formulação de vias que permitam a máxima expressão do desenvolvimento (Paoli e Machado, 2022).

Estudos com o uso de suportes visuais têm indicado benefícios a todos(as) os(as) estudantes, especialmente aqueles(as)

que precisam de maior apoio nas habilidades acadêmicas e de comunicação e interação social, como os(as) autistas (Quill, 1995). De acordo com a forma que são estruturados, podem fornecer orientações favoráveis aos processos comunicativos e às atividades escolares dos(as) estudantes com autismo, especialmente em situações em que há dificuldades na compreensão conceitual e na fala. Entre as contribuições, destaca-se a organização sistematizada para a compreensão: dos conhecimentos e relações conceituais; das expectativas em relação a atividade de estudo; dos caminhos possíveis para uma pesquisa em ciências; das dicas/pistas escritas e/ou por imagem para a orientação na comunicação (receptiva e expressiva), e na participação nas discussões sobre as temáticas (como iniciar, responder e avaliar).

Sobre essas formas de estratégia nas aulas de ciências, destacamos o levantamento de dados de Barnett *et al.* (2018). Essas autoras defendem o uso de suportes visuais (ver exemplos, Figura 1 a 4) para a organização dos estudos e do pensar científico, com orientações claras e diretas de como estruturar um pensar científico, por exemplo, sistematizando a metodologia de pesquisa bibliográfica, a análise da qualidade das evidências e dos modelos, e a elaboração do discurso científico acerca de um determinado tema.

198

**LISTA DE EVIDÊNCIAS**

Antes da discussão, encontre 3 evidências e preencha-as no formulário de discussão. Utilize este formulário para orientar sua pesquisa. Marque a caixa ao lado de cada etapa ao concluí-la.

**Etapa 1:** Escreva na linha abaixo a temática de sua pesquisa:

\_\_\_\_\_

**Etapa 2:** Use um computador para pesquisar a temática em seu mecanismo de busca favorito. Use frases curtas para fazer isso. Por exemplo, se a temática for "os Estados Unidos devem começar a usar apenas carros elétricos", você pode pesquisar "benefícios para carros elétricos" ou "problemas com carros elétricos". Liste frases que você pode usar em sua pesquisa:

\_\_\_\_\_

**Etapa 3:** Antes de decidir qual sua posição sobre a temática (se você concorda ou discorda), busque aspectos positivos e negativos sobre a temática que você discutirá na aula. Isso lhe ajudará a entender o posicionamento de seus colegas com ponto de vista diferentes aos que você defenderá.

**Nota:** Certifique-se de usar fontes confiáveis durante sua pesquisa! Por exemplo, um artigo da National Geographic ou dos Centros de Controle de Doenças seria mais confiável do que um da Wikipedia.

**Etapa 4:** Depois de ler as informações, decida quais delas você acha que são as evidências mais fortes / melhores e/ou quais são as novas perguntas que você tem. Liste-as abaixo:

\_\_\_\_\_

**Etapa 5:** Preencha o formulário de discussão completamente como forma de se preparar para o debate. Certifique-se de usar seu conhecimento sobre posições contrárias a que você defenderá para determinar como os integrantes de outros grupos tentarão refutar suas evidências, preparando sua defesa com antecedência.

\_\_\_\_\_

**Etapa 6:** Discuta a temática de todos os lados, ou seja, considerando prós e contras! Lembre-se de ser respeitoso e se divertir!

**Figura 1.** Lista de evidências a serem utilizadas para coletar informações acerca da temática de pesquisa. Fonte: traduzida e adaptada pelas autoras de Barnett, Rillo e More (2018, p. 294), 2023.

Tais materiais, como dos modelos apresentados, são suportes que podem ser utilizados nos estudos prévios do(a) aluno(a) com autismo ou nas ações desenvolvidas nas aulas com os seus pares. Durante as aulas, o suporte favorece: direcionar a atenção

**ROTEIRO DE INTERAÇÕES DE GRUPO**

**Primeiro, complete uma das seguintes frases:**

"Acho que a prova mais forte que encontrei foi \_\_\_\_\_"

"O fato favorito que descobri foi \_\_\_\_\_"

"Encontrei esta informação na fonte \_\_\_\_\_"

**Em seguida, um membro do meu grupo responderá. Serei educado e respeitarei a opinião deles. Eles provavelmente vão me dizer o que acharam das minhas evidências. Então escolherei e direi uma das seguintes opções:**

"Que evidência você achou que é a mais forte?"

"Há alguma outra pergunta que queremos saber?"

"Quais teorias ainda são importantes a considerar?"

**Um membro do grupo responderá e me dirá o que achou da pergunta que fiz a eles. Vou então perguntar a eles uma das seguintes opções:**

"A evidência que você encontrou afirmando \_\_\_\_\_ era muito boa porque \_\_\_\_\_"

"Pessoas que discordam de nossas evidências poderão dizer que \_\_\_\_\_"

**Depois que todos nós compartilharmos nossas evidências e conversarmos sobre o que o outro lado dirá, nós escolheremos nossa melhor evidência e escolheremos quem irá compartilhá-la.**

**Vou esperar minha vez de falar com o grupo e dizer qual evidência eu acho mais forte ou qual ideia nova que queremos explorar, além de levar em consideração o que os membros do meu grupo têm a dizer.**

**Figura 2.** Roteiro de Interações de Grupo a ser usado após a conclusão da pesquisa sobre a temática. Fonte: traduzida e adaptada pelas autoras de Barnett, Rillo e More (2018, p. 4), 2023.

**FORMULÁRIO ORGANIZADOR DE DISCUSSÃO**

Seu objetivo é envolver-se em um debate cuidadoso com seus colegas de grupos sobre o assunto estudado. Caberá a você criticar as evidências disponíveis e, por meio do debate, apontar as explicações, teoria e/ou perspectiva mais confiáveis sobre o tópico. Usando suas observações, sua pesquisa e qualquer conhecimento sobre o assunto, você pode encontrar pelo menos 3 evidências relacionadas a sua temática. **Esteja preparado para compartilhar e discutir evidências, bem como ouvir com respeito as ideias novas ou opostas.**

**1. Primeira teoria ou evidência a ser debatida:**

\_\_\_\_\_

a) O que se pode discutir contra essa evidência?

\_\_\_\_\_

b) Descreva perguntas adicionais que podem surgir a partir dessa evidência.

\_\_\_\_\_

**2. Segunda teoria ou evidência a ser debatida:**

\_\_\_\_\_

c) O que se pode discutir contra essa evidência?

\_\_\_\_\_

d) Descreva perguntas adicionais que podem surgir a partir dessa evidência.

\_\_\_\_\_

**3. Terceira teoria ou evidência a ser debatida com seus colegas de grupo:**

\_\_\_\_\_

e) O que se pode discutir contra essa evidência?

\_\_\_\_\_

f) Descreva perguntas adicionais que podem surgir a partir dessa evidência.

\_\_\_\_\_

**Figura 3.** Formulário organizador da discussão. Fonte: traduzida e adaptada pelas autoras de Barnett, Rillo e More (2018, p. 296), 2023.

para os outros e para suas próprias percepções, e identificar nas comunicações estabelecidas, os conceitos e posicionamentos nas relações sociais da ciência. Na comunicação com o coletivo, a materialidade com opiniões divergentes permite o confronto com suas próprias informações pesquisadas, e contribui para

GUIA DE DISCUSSÃO

**EU DIGO**

Eu acredito \_\_\_\_\_  
por causa desta evidência do texto

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**ELES DIZEM**

Eu concordo / discordo \_\_\_\_\_  
por causa dessa evidência do texto

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**EU DIGO**

Eu posso defender minha opinião contra sua afirmação \_\_\_\_\_ usando esta evidência.

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Figura 4.** Frases orientadoras para guiar o estudante a se preparar para uma discussão em grupo. Fonte: traduzida e adaptada pelas autoras de Barnett, Rillo e More (2018, p. 297), 2023.

(re)avaliação e (re)elaboração de seus argumentos e posicionamentos. À medida que o(a) estudante apropria-se dos conceitos e do discurso científico pode, gradualmente, reduzir os apoios.

Nesse processo, de apropriação da linguagem científica, ocorrerão alterações na consciência sobre a forma de perceber o mundo. As linguagens científica e cotidiana aproximam-se, afastam-se e incorporam-se. Tanto a linguagem do dia a dia apropria-se de termos da ciência, como a ciência engloba conceitos comuns – dotando-os com novos significados. Por exemplo, na pandemia da Covid-19, tivemos expressões como: vírus, contaminação, mutação genética, variante, eficiência e eficácia da vacina, entre outras, que passaram a fazer parte de discursos cotidianos. A passagem da linguagem científica às rodas populares nem sempre preserva os nexos internos, a estrutura e o modo de operar dos significados científicos, mas demonstra saltos históricos qualitativos que conduzem a população à necessidade recorrente de conhecer, explicar, e de poder atuar sobre as relações entre os objetos e os fenômenos em sua realidade objetiva.

Nesse movimento, em aulas de ciências, em especial com pré-adolescentes e adolescentes, desenvolve-se a linguagem científica composta por conceitos específicos, imagens, diagramas, gráficos, tabelas, equações, entre outros (Lemke, 1998). De acordo com Osborne (2002), a ciência tem sido apresentada com uma ênfase no fazer, nas atividades práticas manipulativas. Tal percepção corroborou com a imagem estereotipada de cientistas rodeados por vidrarias e equipamentos. No entanto, de acordo com o autor, a centralidade da ciência são as atividades culturais ocorridas neste processo, que envolvem o fazer ciência por meio do uso da linguagem. Nesse sentido, a linguagem científica toma foco tanto na percepção da ciência quanto nas implicações para o ensino, quando objetivamos que estudantes:

compreendam a maneira e a natureza do raciocínio científico, devemos oferecer a eles a oportunidade de usar e explorar essa linguagem, ou seja, ler a ciência, discutir o significado de seus textos, argumentar como as ideias são apoiadas por evidências e escrever e se comunicar na linguagem da ciência. (Osborne, 2002, p. 204).

Recentemente, Paoli e Machado (2024) apresentaram alguns aspectos fundamentais para o planejamento pedagógico inclusivo de estudantes com autismo em aulas de ciências em uma perspectiva Histórico-Cultural. Entre as principais contribuições estão: compreender as singularidades das pessoas no espectro do autismo; partir dos interesses e potencialidades dos(as) estudantes; identificar os conhecimentos prévios para planejar o ensino e as avaliações; utilizar meios lúdicos, tecnológicos e organizadores visuais que componham atividades de estudo; empregar a comunicação científica como ferramenta para superar dificuldades relacionais, promovendo a linguagem científica em processos de significação e comunicação (como a Comunicação Aumentativa e Alternativa), mesmo na ausência de fala; priorizar a comunicação científica entre os pares; ensinar a organizar o pensamento e a argumentação científica; propor modos de ensino que ajudem os estudantes a compreender as relações sociais da ciência e sua própria posição nesse contexto; articular as atividades das aulas de ciências de forma integrada e contínua, envolvendo o contexto escolar, familiar e comunitário. Esse conjunto de ações visa fortalecer a inclusão e a participação ativa dos alunos com autismo no aprendizado científico.

De forma similar, Rosas *et al.* (2024) investigaram recursos didáticos e estratégias educativas voltadas para o ensino de ciências e biologia. Com base em possibilidades já descritas na literatura, os(as) autores(as) elaboraram perfis hipotéticos e propostas pedagógicas para estudantes com Transtorno do Espectro Autista (TEA) na Educação Básica. Um desses perfis foi desenvolvido com foco no uso de organizadores visuais, e as estratégias propostas incluíam um *checklist* para guiar uma atividade experimental e um roteiro para orientar a pesquisa e discussão de um tema de ciências.

Assim, em busca por publicações que envolvessem a sistematização do ensino da linguagem científica com estudantes com dificuldade de comunicação, investigamos as contribuições dos organizadores visuais em aulas de ciências inclusivas no ensino de pessoas com autismo.

## Processo metodológico

Para a *primeira etapa* da investigação, centramo-nos na *coleta* de materiais publicados em revistas científicas acerca de intervenções educacionais em aulas de ciências e a relação com o autismo. O período da investigação cobriu desde a tipificação do autismo, de 1943, até a finalização do ano de 2022.

Inicialmente, realizamos a pesquisa nos bancos tradicionais de busca acadêmica, mas conseguimos escassos dados. Para ampliarmos nossos resultados, recorremos à ferramenta de pesquisa do *Google Acadêmico* nos idiomas em português e inglês. Na busca, estabelecemos como critério geral que os resultados contivessem referência direta ao termo *autismo* ou seu leque de variações, como *autístico* ou *autistas*. Para isso, utilizamos o infixo *autis\** combinado com as palavras-chaves: (a) *ensino de ciências e inclusão*, (b) *science education and inclusion*. Destacamos que para esta pesquisa não incluímos no filtro de busca o descritor *Asperger*.

Na *segunda etapa* do processo, fizemos a *pré-seleção* dos trabalhos manualmente pela presença dos termos elencados, com a intencionalidade de abordagem educacional inclusiva com estudantes no espectro autista em aulas de ciências (química, física ou biologia) no Ensino Fundamental (a partir dos sete anos) ou Ensino Médio. Para considerarmos os trabalhos em uma perspectiva inclusiva, as atividades deveriam ser, necessariamente, desenvolvidas na escola comum (regular). Na finalização do processo, obtivemos, 19 trabalhos (oito nacionais e 11 internacionais).

Para atender ao nosso objetivo, na *terceira etapa*, selecionamos apenas os trabalhos que utilizaram, em algum momento, explicitações de estratégias com o uso de organizadores visuais. Retiramos um trabalho que anunciou o uso de mapas conceituais, mas não descreveu como utilizaram o recurso e nenhuma outra informação de sua estruturação. O resultado totalizou sete trabalhos, um nacional e seis internacionais, todos estadunidenses, conforme quadro da Figura 5.

Para nossa pesquisa e análise documental, orientamos-teórica e metodologicamente pelas premissas da Teoria Histórico-Cultural. As reflexões sobre os resultados são apresentadas a seguir.

## Diálogo com os dados

Iniciamos nossa análise com alguns dados gerais da pesquisa, conforme quadro da Figura 6. Dos sete trabalhos, apenas um ocorreu em uma escola particular, Oliveira e Strohschoen (2019), o mesmo que apresentou toda intervenção em sala comum. Do mesmo modo, Carnahan e Williamson (2013) desenvolveram uma atividade em sala comum, mas sem informações sobre a relação entre os pares. Os demais artigos ocorreram de forma individualizada, atividades em sala de Atendimento Educacional Especializado (AEE). Apenas uma pesquisa ocorreu no Ensino Médio, Carnahan *et al.* (2016), e as demais ocorreram no Ensino Fundamental.

Nos artigos internacionais, identificamos elementos que direcionam a pesquisa e publicação na área de ensino, como: a realização de um levantamento dos conhecimentos prévios, geralmente denominados de *linha base*, para o qual utilizaram questionários iniciais, comumente, os mesmos usados nas avaliações durante e/ou ao final da intervenção. Após algumas

Nº	ANO	AUTORES	TÍTULO	REVISTA/PERIÓDICO
A1	2019	Aldeni Melo de Oliveira, Andrea Aparecida Guimarães Strohschoen	A importância da ludicidade para inclusão do aluno com transtorno do espectro autista (TEA)	Pesquiseduca
A2	2018	Victoria F. Knight, Belva Collins, Amy D. Spriggs, Emily Sartini, Margaret Janey MacDonald	Scripted and unscripted science lessons for children with autism and intellectual disability	Journal of Autism and Developmental Disorders
A3	2016	Christina R. Carnahan, Pamela Williamson, Nicole Birri, Christopher Swoboda, Kate K. Snyder	Increasing comprehension of expository science text for students with autism spectrum disorder	Focus on Autism and Other Developmental Disabilities
A4	2015	Victoria F. Knight, Charles L. Wood, Fred Spooner, Diane M. Browder, Christopher P. O'Brien	An exploratory study using science eTexts with students with autism spectrum disorder	Focus on Autism and Other Developmental Disabilities
A5	2014	Bree A. Jimenez, Ya-yu Lo, Alicia F. Saunders	The additive effects of scripted lessons plus guided notes on science quiz scores of students with intellectual disabilities and autism	The Journal of Special Education
A6	2013	Victoria F. Knight, Fred Spooner, Diane M. Browder, Bethany R. Smith, Charles L. Wood	Using systematic instruction and graphic organizers to teach science concepts to students with autism spectrum disorders and intellectual disability	Focus on Autism and Other Developmental Disabilities
A7	2013	Christina R. Carnahan, Pamela S. Williamson	Does compare-contrast text structure help students with autism spectrum disorder comprehend science text?	Exceptional Children

Figura 5. Quadro com informações sobre os artigos selecionados. Fonte: elaborado pelas autoras, 2023.

	ESPAÇO	ALUNOS(AS) COM TEA	ETAPA
A1	SC (com 18 estudantes)	2 (8 a 9 anos)	EF
A2	AEE	6 (variam, NI)	EF
A3	AEE	3 (15 a 16 anos)	EM
A4	AEE	4 (11 a 14 anos)	EF
A5	AEE	3 (9 anos)	EF
A6	AEE	3 (13 a 14 anos)	EF
A7	SC (NI)	3 (13 anos)	EF

Observações: Não Informado (NI), Sala de aula comum (SC), Espaços diversos à sala de aula comum (AEE), Ensino Médio (EM), Ensino Fundamental (EF).

Figura 6. Quadro com algumas especificações dos artigos da pesquisa. Fonte: elaborado pelas autoras, 2023.

semanas ou meses do término da intervenção, os mesmos questionários ou similares foram utilizados para certificar-se da apropriação conceitual pelos(as) alunos(as), confirmando ou não, se ocorreu *manutenção* dos aprendizados. Por exemplo, a manutenção de Carnahan e Williamson (2013) foi após seis meses. O compilado desses dados estatísticos são usados como garantia para avaliar a proposta de intervenção. Porém, em geral, trazem pouquíssimas informações qualitativas, estando elas mais presentes na parte da *validação social*, ou seja, a opinião dos(as) participantes da pesquisa (profissionais da escola e/ou estudantes).

Em nossos estudos, percebemos que os poucos artigos em ciências com foco na inclusão de pessoas com autismo refletem a falta de atenção da área ao tema, os escassos apoios em pesquisas sistematizadas e direcionadas a esse objetivo.

Quando há publicações sobre as intervenções, concentram-se em relatos de experiência, assim como Oliveira e Strohschoen (2019), que compõem nossa base de dados.

A seguir, elencamos algumas contribuições do uso de organizadores visuais que podem ser contempladas por professores(as) na inclusão de estudantes com autismo com o objetivo de sistematização conceitual, organização do pensamento científico e com a superação de impedimentos de comunicação ao favorecer a participação em aulas de ciências. Também ponderamos sobre alguns limites que identificamos nas produções.

No único artigo nacional com a apresentação explícita da elaboração de um organizador visual, Oliveira e Strohschoen (2019) apresentaram um relato de experiência de uma intervenção lúdica para a inclusão de dois alunos autistas em turma regular. A atividade relacionou inúmeras ações e conceitos com objetivo de ensinar sobre a sustentabilidade. A partir de materiais reciclados construíram protótipos (brinquedos, utensílios e experimentos científicos), e formaram um mapa conceitual para sistematizar, gradualmente, os novos conhecimentos:

Os alunos foram instigados a produzirem em grupos mapas conceituais durante todo o desenvolvimento do presente estudo. Assim, foi usada a proposta de Moreira e Buchweitz (1987), que se baseia na utilização de mapa conceitual para abordar as constatações sobre o tema, diversificando desta forma o meio de análise para sistematizar o processo de (re)construção do (re)conhecimento dos envolvidos, servindo para o aprendizado. Obtivemos, desta forma, mapas conceituais produzidos pelos alunos sobre o processo de reutilização do cano de PVC. (Oliveira e Strohschoen, 2019, p. 136).

Na construção do mapa conceitual, os(as) professores(as) partiram da problemática, hipóteses, objetivos, e dos conhecimentos prévios das discussões coletivas em cores distintas dos conhecimentos que foram sendo desenvolvidos a partir da atividade de estudo. Ainda que não tenham especificado as características, relações entre pares e os aprendizados dos alunos com TEA, explicaram que “participaram ativamente em todas as etapas de produção dos mapas, expondo suas ideias, mesmo com menor frequência que os demais” (Oliveira e Strohschoen, 2019, p.137).

Detcheva (2012) defende a utilização de mapas conceituais como poderosa ferramenta de suporte para os(as) estudantes no esclarecimento dos seus próprios pensamentos, e para apropriarem-se das inter-relações entre os conceitos e organizarem criativamente as novas informações no seu esquema psíquico. O mapa conceitual é uma expressão externa de compreensões internas. A objetivação gráfica pode ser usada em processos de ensino e avaliação, contribuindo para que o(a) aluno(a) e o(a) professor(a) identifiquem fragilidades na apropriação dos conceitos, dialeticamente, enriquecendo ainda mais o

ensino e a compreensão dos conteúdos. Especificamente, em relação aos(às) estudantes com autismo, a autora indica que a ferramenta também pode ser utilizada com vias a orientar a comunicação, por exemplo, por meio da forma que se desenvolvem as perguntas e respostas nas ações pedagógicas que constituirão a atividade gráfica.

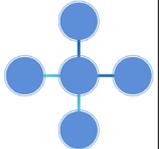
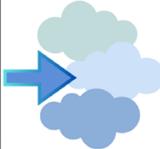
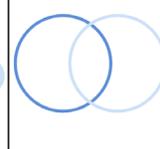
Nos artigos internacionais, o uso de organizadores visuais e suas contribuições no processo de ensino e avaliação de estudantes com autismo assume maior centralidade nas discussões das publicações. Além disso, a partir das características diagnósticas do TEA, justificam a escolha específica da ferramenta.

Os artigos de Carnahan *et al.* (2016) (organizadores textuais em papel) e de Knight *et al.* (2015) (organizadores textuais digitais) defendem o uso de organizadores visuais porque pessoas com autismo, em suas palavras: “demonstram diferenças de processamento cognitivo que influenciam a leitura acadêmica” (Carnahan *et al.*, 2016, p. 210); apresentam “dificuldade em compreender o conteúdo de ciências por causa da extensa quantidade de conhecimento prévio necessário em conjunto com dificuldades de compreensão da linguagem abstrata e figurativa” (Knight *et al.*, 2015, p. 86), e poder “fazer inferências e entender metáforas não são apenas requisitos para a compreensão da leitura, mas também essenciais para entender a maior parte do conteúdo científico” (Knight *et al.*, 2015, p. 87).

Considerando o espectro autista, acreditamos que as afirmações generalizadas, amparadas em déficits, são bem complexas. No entanto, entendemos que a compreensão de ciências a partir de textos pode ser um desafio para estudantes com desenvolvimento típico, ou atípico, e a sistematização de aprendizado, de acordo com a forma de organização pedagógica, pode contribuir com sua linguagem científica.

No caso do ensino de leitura e interpretação de texto com o uso de organizadores visuais, Carnahan *et al.* (2016) avaliaram os efeitos de uma intervenção com organizadores textuais com três estudantes com autismo, para a compreensão de textos científicos expositivos. Os conteúdos dos textos de ciências ainda não haviam sido desenvolvidos em aulas, e eram diferentes de acordo com a série do estudante. Em média, cada texto tinha de três a quatro páginas com imagens e tabelas, e 10 perguntas sobre aspectos explícitos (definições) e implícitos (ideias principais).

Conforme podemos observar nos exemplos das Figuras 7 e 8, os(as) pesquisadores(as) sistematizaram o ensino de elementos básicos que compõem um texto científico (título, palavras-chave, objetivo, conceitos etc.). Nesse processo de organização da compreensão do texto, os(as) pesquisadores(as) orientaram a professora da sala de AEE para iniciar as intervenções com questionamentos como: *Qual é o propósito do autor? Como você sabe?*. De acordo com os(as) autores(as), “essa linguagem do professor é talvez o primeiro passo crítico no desenvolvimento das habilidades dos alunos para acessar de forma independente textos com complexidade crescente” (Carnahan *et al.*, 2016, p. 217-218). À medida que os alunos

ORGANIZAÇÃO DA ESTRUTURA DO TEXTO			
	DESCRIÇÃO	CAUSA E EFEITO	COMPARAÇÃO E CONTRASTE
Por que usamos a estrutura?	Explicar uma ideia ou coisa.	Explicar o porquê ou como algo acontece.	Para mostrar o que são os elementos semelhantes ou diferentes.
O que faz a estrutura?	Aborda sobre a ideia e seus componentes.	Explica a razão e os resultados.	Explica como são semelhantes ou diferentes.
Quais são as palavras que indicam a estrutura?	Conscientização sobre os fatos, as informações que são mais importantes.	Por exemplo: assim; de modo que; por causa de; como resultado de; uma vez que; a fim de.	Por exemplo: diferente de; semelhante a; ao contrário; como; da mesma forma; ainda; embora; mas; no entanto; por outro lado; ou; não apenas; mas também.
Como um organizador gráfico parece?			

**Figura 7.** Guia para o estudante organizar a estrutura do texto. Fonte: traduzida e adaptada pelas autoras de Carnahan *et al.* (2016, p. 209), 2023.

ANÁLISE DE TEXTO E PRODUÇÃO DE RESUMO	
SEÇÃO:	
1	Minha previsão sobre o que será esta seção:
O propósito do autor ao escrever esta seção foi:	
2	a) Explicar uma ideia ou coisa
	b) Explicar por que algo acontece ou existe
	c) Mostrar como duas coisas são iguais ou diferentes
	d) Para descrever a ordem dos eventos ou como fazer algo
Eu sei disso porque o autor focou:	
3	a) Uma coisa e seus componentes
	b) Razões pelas quais algo acontece e os resultados
	c) Dois ou mais itens de semelhança e diferença
	d) A ordem dos eventos ou etapas
4	Alguma das palavras-chave que confirmam isso:
5	Meu resumo escrito ou desenho de como o meu cérebro organiza as informações:

**Figura 8.** Orientações para que o estudante possa analisar do texto e produzir um resumo. Fonte: traduzida e adaptada pelas autoras de Carnahan e colaboradores (2016, p. 213), 2023.

aprendiam a interpretar os textos, as frases orientadoras foram, gradativamente, reduzidas. O artigo aborda a importância da linguagem e leitura, porém, tanto na discussão, quanto nas considerações, não foi explorada a potencialidade desta metodologia em relações às dificuldades de comunicação das pessoas autistas, e possibilidades de ampliação da linguagem a partir dos aprendizados em aulas de ciências.

De forma similar, porém com textos digitais, em Knight *et al.* (2015) os(as) pesquisadores(as) e interventores(as) criaram um suporte tecnológico para o ensino e a avaliação de conceitos de ciências. Utilizaram textos eletrônicos (*eText* – programa gratuito da *Book Builder™*) para promover a compreensão do conteúdo para alunos com deficiência e autismo. Na plataforma,

o texto era lido pelo programa, o que auxiliou na compreensão de leitores(as) não fluentes. Também, havia ilustrações, *hyperlinks* direcionando para vocabulários específicos e personagens animados que interagiam com o(a) estudante. Enquanto os(as) pesquisadores(as) desenvolveram as ações e demonstraram seu uso com os(as) estudantes, foram acompanhados(as) pela observação e avaliação da proposta pelos(as) professores(as) da sala de AEE, sala regular e paraprofissional. Para a avaliação dos aprendizados, realizaram medidas de vocabulário, compreensão literal e questões de aplicação. Na leitura dos textos digitais, havia orientações como: “Vamos fazer uma previsão sobre o que você acha que será este livro? Olha para a foto e leia o título. Ajudará a realizar a previsão” (Knight *et al.*, 2015, p. 91).

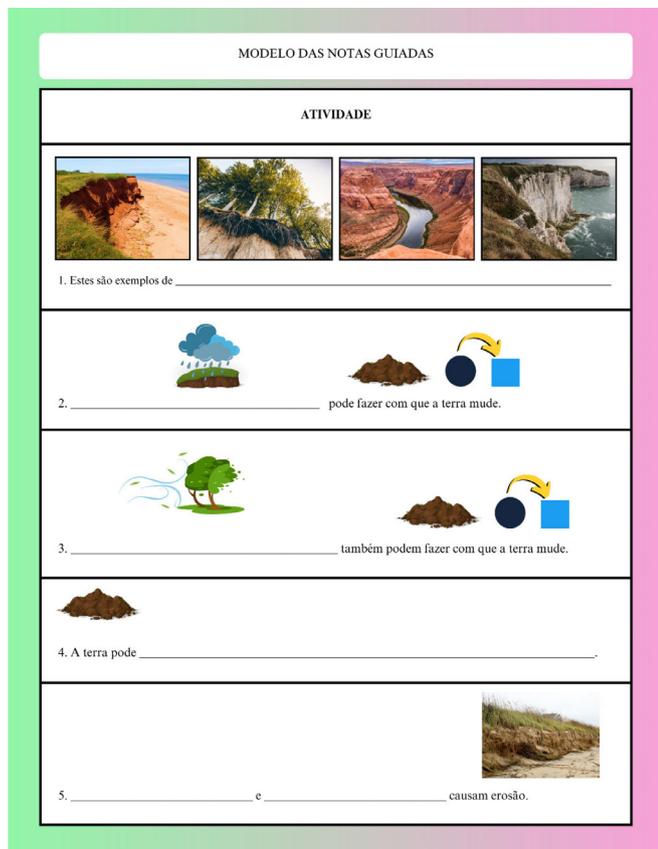
Em Knight *et al.* (2013), podemos observar que a centralidade das ações com os organizadores visuais foi defendida objetivando o domínio e a compreensão dos conceitos originários das ciências pelas pessoas com deficiência e autismo. Na sala de AEE, entre os instrumentos, utilizaram cenários (imagens) e roteiros sobre o tema “convecções” para ensinar as relações e o movimento entre os conceitos científicos e cotidianos. Na intervenção, começaram com modelos e perguntas como: “Qual a definição de...?”, “Onde vai esse conceito em nosso Organizador Gráfico?”. À medida que os(as) alunos(as) apropriavam-se dos conceitos, modificavam as perguntas, por exemplo, “Esse é um exemplo de precipitação? Por que sim ou por que não?”, “Se o ar quente sobe, o que acontece com o ar frio?”.

Pelos dados apresentados, os(as) autores(as) concluíram que os(as) alunos(as) “aprenderam não apenas o vocabulário e as definições, mas também entenderam como os conceitos se relacionam entre si para formar uma grande ideia de convecção” (Knight *et al.*, 2013, p. 122). Pelos questionamentos que acompanharam a organização dos gráficos, identificamos, assim como em Knight *et al.* (2018) e Knight *et al.* (2015), uma preocupação em ensinar com exemplos e não-exemplos em suas explicações, tal como, com descritores objetivos, imagéticos e modificação das perguntas. Por fim, Knight *et al.* (2013, p. 123) defenderam que os organizadores gráficos podem ser utilizados como recursos em uma perspectiva de “Desenho Universal para Aprendizagem”, pois têm a possibilidades de contribuir com a representação, expressão e engajamento entre pares.

Nesse direcionamento, compreendemos que a inclusão de alunos com autismo, não depende tão somente de estratégias para que se apropriem de conhecimentos intelectuais, precisam igualmente de uma apropriação cultural que esteja na relação com seus pares. Não é apenas socialização, nem somente conhecimento científico, incluem ambos no seu movimento das relações sociais. A inclusão de pessoas diversas, quando devidamente valorizada, é uma via de enriquecimento para todos(as), que ampliam suas formas de pensar e respeitar o gênero humano em sua pluralidade.

Em Knight *et al.* (2018) e Jimenez *et al.* (2014), identificamos uma preocupação com a prévia ideação e a tomada de consciência do aprendizado dos conceitos, no (re)conhecido





**Figura 10.** Modelo das notas guiadas. Fonte: traduzido e adaptado pelas autoras de Jimenez, Lo e Saunders (2014, p. 237), 2023.

como atividade, ela possui uma finalidade em si mesma, a saber, permite, por sua estrutura e dinâmica, a formação e o desenvolvimento do pensamento analítico, teoricamente orientado. Ou seja, ela ensina a possibilidade de fragmentação do objeto concreto em partes, o reconhecimento destas e a sua recombinação de um modo novo. É nisso que reside o seu grande potencial como atividade imaginativa criadora, se bem empregada. (Silva *et al.* 2019, p. 201-202).

Knigh *et al.* (2018), amparadas em outros estudos comparativos, refletem que materiais muito diretivos “foram criticados por educadores que relatam que são de natureza mecânica, sufocam a criatividade, permitem uma interação menos autêntica entre professor e aluno e são apropriados apenas para habilidades de baixa complexidade” (p. 2554).

Analisando esse tipo de material, consideramos que professores(as) mais experientes, quando percebem que a organização curricular depende da necessidade única dos(as) seus(as) estudantes, e pesam a importância do caráter protagonista e criativo para a solução de problemas de sua realidade, conseguem soltar-se das amarras de materiais diretivos que nunca conseguirão contemplar uma idealização de aluno(a), professor(a) e ambiente da sala de aula. Por outro lado, pesquisadores(as) internacionais continuam defendendo

esses materiais com a justificativa de que contribuem com profissionais da educação ainda inexperientes e na orientação daqueles(as) da sala de AEE, que nem sempre são especialistas em ciências e, assim, podem acessar orientações que “fornecem suporte para o ensino do conteúdo acadêmico de uma maneira que incorpora estratégias baseadas em pesquisa” (Jimenez *et al.*, 2014, p. 243). Percebemos que essa afirmação se fortalece e persevera na grande lacuna de pesquisas, orientações e formação de professores(as) sobre a inclusão de estudantes com autismo, ou deficiência, no ensino de ciências.

Nos trabalhos internacionais, a ênfase pauta-se em abordagens comportamentais, um direcionamento pelo déficit, focado no comportamento, e não na consciência. De acordo com Barreto e Toassa (2021, p. 293), o *comportamento* tem sido atribuído a uma vertente da psicologia, por isso, “aquilo que inicialmente se pretendia como objeto de estudo, passa a ser a identidade daqueles psicólogos com pretensões científicas, os denominados psicólogos comportamentalistas”. De acordo com o resgate histórico dos(as) autores(as), John Watson, um dos precursores desta perspectiva, objetivou que para a psicologia se tornar uma ciência, deveria direcionar seus estudos para o comportamento, não para a consciência, e respaldar-se nas pesquisas dos comportamentos animais, consideradas como a chave para a compreensão dos comportamentos humanos.

Em continuação ao fortalecimento dessa vertente da psicologia, o behaviorista Burrhus Frederic Skinner defendeu o direcionamento da atenção nas interações entre as pessoas e o meio ambiente, e estudou os reforçamentos sobre os comportamentos. Nessa perspectiva, os problemas estão nas pessoas que precisam mudar o comportamento e não nos sistemas, um festim para instituições e empresas que passaram a investir nestes estudos em busca de fatores que moldassem os comportamentos dos trabalhadores, prisioneiros, soldados, cidadãos etc., atendendo aos seus interesses. Essa pretensão científica com ênfase no controle fortalece a classe dominante, na “produção de dados que tenham utilidade para sociedade capitalista, coercitiva, discriminatória e com discursos de adaptação das condutas humanas” (Barreto e Toassa, 2021, p. 298). Ademais, impõem-se como monopólio acerca das investigações em comportamento humano.

Entre os estudos nessa perspectiva, inúmeras pesquisas não consideraram questões éticas, para citar algumas que chocaram o mundo, o experimento: do *acampamento de férias Robbers Cave*, do psicólogo Muzafer Sherif, da *prisão de Stanford*, do psicólogo Philip Zimbardo, da *máquina de choque*, do psicólogo Stanley Milgram (Bregman, 2021), e do *projeto do menino afeminado* dos psicólogos George Rekers e Ivar Loovas (Silberman, 2016).

Não podemos esquecer como surgiu o famoso *Applied Behavior Analysis (ABA)* para o autismo, fundamentado pelo psicólogo Ivar Loovas. De acordo com Silberman (2016, p. 353), Loovas concebia as crianças autistas como, “essencialmente, inumanos, se bem com certa margem de potencial redentor”. *Baseado em evidências*, conseguiu convencer Skinner

que os autistas eram uma exceção à regra dos comportamentos humanos, e só poderiam humanizar-se com a extinção de condutas, consideradas por ele, como autísticas (estereotípicas e ecolalias) e, para isso, castigos poderiam ser melhores tipos de reforços. Com essa defesa sistematizou intervenções de repetição mecânicas e com estímulos aversivos, como privações alimentares, castigos físicos, eletrochoques etc., para modular os comportamentos de seus pacientes. Há muitos anos, as legislações de condutas éticas impediram estas ações, mas, lamentável e recorrentemente, acompanhamos nas mídias que violências perseveram.

No único artigo nacional, não identificamos premissas comportamentalistas, diferentemente, dos artigos estadunidenses que compuseram esta pesquisa. Contudo, em semelhança aos Estados Unidos, observamos uma ascendência deste posicionamento em nossos estudos, como relatado no artigo de Novaes e Freitas (2020). Nesse sentido, Sílvia Ester Orrú, em observações no contexto brasileiro, há mais de uma década, identificou a absorção de estratégias behavioristas e comportamentais nos espaços clínicos e escolares. Nessas apropriações, as práticas escolares costumam defender o ensino de forma segregada, com o(a) professor(a) como única referência no papel de regulador do comportamento em estimulações comportamentais, para que o(a) estudante reproduza *ações sem erros* (Orrú, 2010).

Estamos ainda muito longe do rompimento com as heranças das influências de uma ciência neutra, ahistórica e acrítica e de um ensino de ciências positivista, mecanicista, em que os sujeitos (com desenvolvimento típico ou atípico) são passivos de acumulação mnemônica de informações descontextualizadas. Reproduzem-se ainda práticas educativas e ideias tradicionais de um ensino monológico, com vias à repetição e concepção conservadora da ciência (Silva e Zanon, 2000). Em uma visão geral, o currículo brasileiro de ensino em ciências não foi delineado apenas pelo ensino tradicional, agregando outras influências conflitantes desde meados dos anos de 1960. Por um lado, o predomínio dos educadores comportamentalistas que estabeleceram classificações hierárquicas com objetivo direcionado ao aprendizado cognitivo-intelectual; por outro, as influências dos seguidores do construtivismo, que investigavam as preconceções dos estudantes e como o pensamento em conceitos poderia progredir em seus estágios de desenvolvimento (Krasilchik, 2000).

Aparentemente, as críticas ao ensino dicotomizado – centralizado no(a) professor(a) ou no(a) estudante – é ainda terreno comum nas discussões atuais de graduações em licenciaturas e formações continuadas. No entanto, em nossa vivência no chão da escola e análise dos artigos sobre o ensino de ciências com estudantes com autismo, acompanhamos situações educacionais herdeiras diretas das vertentes descritas. De alguma forma, as críticas ainda não foram suficientemente conscientizadas para, ao menos, minimizar a reprodução repetitiva do ensino tradicional ou desvincular o ensino inovador da ideia de deixar o(a) aluno(a) livre do(a) professor(a).

Por fim, no único artigo internacional com uma proposta específica para a sala de aula comum, Carnahan e Williamson (2013) partem do entendimento, baseados nos manuais diagnósticos e pesquisas na área, de que estudantes com TEA apresentam dificuldades de leitura e compreensão de texto. Há um direcionamento claro nos objetivos de pensar em uma estratégia de ensino para a superação destas dificuldades ao criar uma intervenção estruturada, segundo os(as) autores(as), para transitar do *aprender a ler* para o *ler para aprender*. Assim, utilizaram orientações sistemáticas e organizadores gráficos (Figuras 11, 12 e 13) para favorecer a interpretação dos textos científicos expositivos com conteúdos que ainda não haviam sido desenvolvidos em aulas de ciências.

MODELO DAS NOTAS GUIADAS

---

**GIMNOSPERMAS E ANGIOSPERMAS**

As plantas vasculares movem nutrientes e água ao longo da planta. **Existem dois** tipos de plantas vasculares e **ambos** produzem sementes. Os pinheiros produzem sementes. As sementes são chamadas de pinhas. Eles **não** possuem flores. Os pinheiros são denominados de gimnospermas. Macieiras possuem flores. Suas sementes se formam na flor. As macieiras são plantas denominadas de angiospermas.

1. Qual é a ideia principal que traz o texto acima que você acabou de ler?
2. Quantos tipos de plantas vasculares existem?
3. Como são chamadas as sementes de pinheiro?
4. O que caracteriza as gimnospermas e as angiospermas?
5. Apresente no que as angiospermas são diferentes das gimnospermas.
6. Para que as plantas precisam produzir sementes?
7. As angiospermas e as gimnospermas são plantas vasculares ou não vasculares?
8. O que poderia acontecer se as macieiras não produzissem flores?
9. As macieiras produzem flores e sementes?
10. Além de uma macieira, nomeie outra planta classificada como angiosperma.

**Figura 11.** Modelo de texto (passagem). Fonte: traduzido e adaptado pelas autoras de Carnahan e Williamson (2013, p. 353), 2023.

Nos resultados, os(as) autores(as) detalharam respostas de avaliações dos(as) estudantes, defendendo que não eram meras cópias dos textos, mas novas elaborações e resumos com frases completas acerca da compreensão dos conteúdos. Como observações adicionais, destacaram:

os alunos estavam pensando mais profundamente sobre o que estavam lendo, o que por si só apoiava a compreensão da leitura. É necessária investigação para determinar se os alunos são capazes de generalizar a sua compreensão do padrão de texto de comparação-contraste para texto mais longo. Da mesma

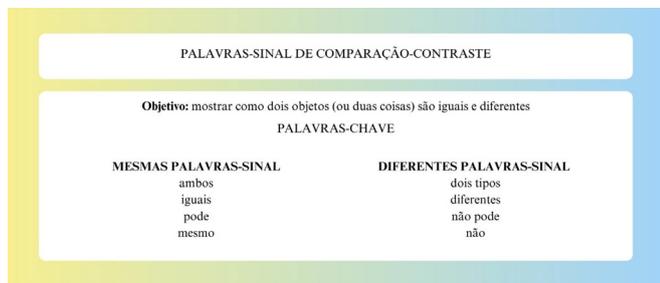


Figura 12. Palavras-sinal de comparação-contraste. Fonte: traduzido e adaptado pelas autoras de Carnahan e Williamson (2013, p. 353), 2023.

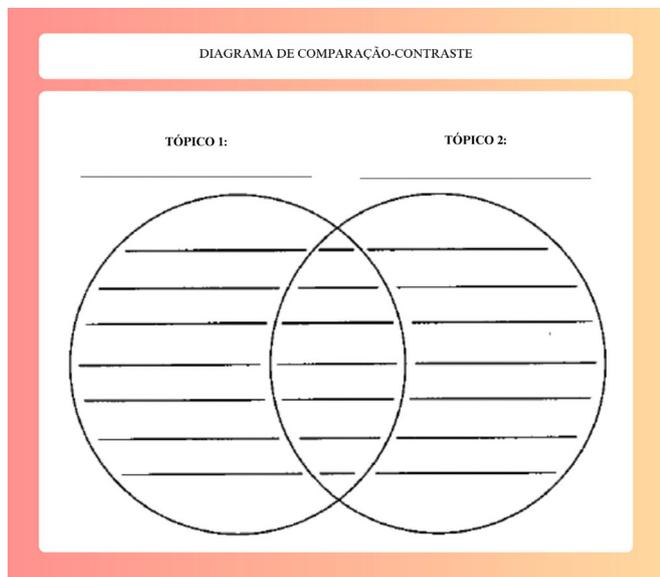


Figura 13. Diagrama de comparação-contraste. Fonte: traduzido e adaptado pelas autoras de Carnahan e Williamson (2013, p. 354), 2023.

forma, a pesquisa incorporando uma variedade de padrões de texto dentro de uma única passagem seria benéfica, especialmente tendo em conta os desafios de atenção e memória que os indivíduos com TEA enfrentam. Frequentemente, não é que os indivíduos com TEA não sejam capazes de prestar atenção a informações importantes, mas que possam ter dificuldade em manter a sua atenção face a alternativas de distração. (Carnahan e Williamson, 2013, p. 360).

Um outro aspecto de destaque do artigo de Carnahan e Williamson (2013) relaciona-se com a professora e interventora dos materiais desenvolvidos pelos(as) pesquisadores(as). Ela considerou a atividade utilizada “dentro de sua capacidade de implementação” (p. 350). Em suas palavras, a estratégia “ajudou os alunos [com autismo] a lidar com informações mais complexas do que eu pensava que poderiam lidar, e ser capazes de discutir as informações” (p. 357). Em concordância com os(as) autores(as), percebemos pela afirmação da professora uma baixa expectativa em relação aos aprendizados de estudantes com autismo, em que os conteúdos de ciências utilizados na pesquisa eram “mais desafiadores do que ela teria, normalmente, fornecido” (p. 361). Para os pesquisadores, essa

situação pode ocorrer em outros contextos e “parece plausível que muitos alunos com TEA possam não receber material de aprendizagem suficientemente desafiadores” (p. 361). Portanto, estudantes com autismo, em especial aqueles que precisam de mais suporte, podem estar experienciando atividades reduzidas, diluídas, em relação ao currículo geral, e não terem oportunidades de complexificar seu desenvolvimento como os demais.

Assim como defenderam em Carnahan e Williamson (2013), sujeitos com autismo têm direito a um ensino de ciências “que corresponda aos seus níveis cognitivos e à instrução que lhes permita acender a esses conteúdos, a fim de satisfazer as suas necessidades de aprendizagem acadêmica e social” (p. 361). O artigo explicitou a importância de estudantes autistas superarem dificuldades na compreensão de textos, as ações desenvolvidas permitiram por meio da linguagem científica a ampliação da comunicação e relações sociais, no entanto, os(as) autores(as) não enfatizaram esta questão em suas conclusões, são inferências nossas. Ademais, apesar de afirmarem que as intervenções ocorreram em sala de aula comum, não tiveram como objetivo descrever as relações entre os pares na sala de aula, em alguns momentos, em nossa interpretação, aparentando um isolamento dos(as) estudantes com autismo.

Em síntese, identificamos que os *organizadores visuais* podem ser mais uma estratégia com vias a favorecer o ensino de pessoas (com ou sem autismo), em especial, direcionar para a superação de dificuldades de comunicação. Assim, podem impactar as funções psíquicas e emocionais, com a ampliação da atenção e interesses, (re)organização da memória, redução da ansiedade, expressão de seus pensamentos, sentimento de empoderamento, autonomia, entre outras, pois os estudantes conseguem visualizar as etapas e objetivos do processo (Breitfelder, 2008).

Contudo, não é o material em si que promove o ensino e a inclusão de estudantes com autismo, mas o modo que a estratégia pode compor a atividade de estudos. Finson (2018), estudioso e defensor da inclusão de pessoas com deficiência no ensino de ciências, pontua que o uso de organizadores visuais possibilita tornar os conteúdos menos obscuros e mais compreensíveis para relações relevantes dos conceitos, desde que desenvolvidas em situações dinâmicas de diálogo coletivo (ambiente heterogêneo – inclusivo) e com a intervenção do(a) professor(a).

## Considerações finais

Valorizamos os esforços dos trabalhos pioneiros que organizaram atividades pedagógicas com vias ao ensino de conhecimentos das ciências com estudantes com autismo e lançaram luz a discussões sobre o tema. Os trabalhos permitiram-nos revelar um pouco do que tem ocorrido na área e como podemos, a partir destas contribuições, levantar questionamentos e apontamentos que venham ampliar o diálogo.

Para o período de busca, identificamos apenas um trabalho nacional e seis internacionais. As pesquisas internacionais

apresentaram maior centralidade com o uso de organizadores visuais e estabeleceram justificativas específicas da escolha da ferramenta com base em características do diagnóstico de autismo. No entanto, a ênfase dada por esses artigos internacionais pauta-se em déficits tanto em uma compreensão do autismo em um modelo médico quanto em um ensino com abordagens que privilegiam a memorização e fragmentação em repetições para a modelagem de comportamento.

Não é o material em si que promove o ensino de estudantes com autismo, mas o modo que a estratégia pode compor a atividade de estudos. Na investigação e análise sobre o uso de organizadores visuais no ensino de estudantes com autismo conseguimos identificar contribuições nos processos educacionais na sistematização intencional para o ensino, compreensão e avaliação dos conceitos das ciências; na previsibilidade e organização das ações; na articulação entre os conhecimentos; na orientação com imagens e/ou escrita para ampliar as relações; na representação imagética e gráfica do tema; no incentivo e ampliação da comunicação (com ou sem fala); no favorecimento de participação; na percepção de fragilidades na apropriação dos conceitos; na complexificação do raciocínio lógico etc. Portanto, identificamos potencialidades no uso dos organizadores visuais, no entanto, para avançar nas pesquisas de ensino de ciências em uma perspectiva inclusiva, há que se desenvolver uma diversidade de formas de apoio ao(a) aluno(a) com autismo. Para isso, precisamos compreender as singularidades e necessidades de nossos(as) estudantes no espectro autista e delimitar os objetivos com o ensino dos conceitos das ciências.

Os conceitos científicos de ciência consignam inúmeros signos, sistemas simbólicos que se articulam, e sua apropriação absorve os significados históricos que criam uma nova forma de pensar e de se relacionar com a realidade. Esse processo apenas ocorre nas atividades de estudo e sob condições de comunicação com pessoas em torno de nós. Gradualmente, ao aprender os significados e relações conceituais, executar ações, a pessoa domina operações com a sua realidade. Em aulas de ciências, a organização pedagógica externa produz as condições de conversão à organização interna, as comunicações externas internalizam-se, a ampliação da comunicação com os conceitos científicos aprofunda a compreensão do mundo no entorno, e do mundo que existe em si. O objetivo central com o ensino de ciências é a transformação da consciência, a manifestação da complexificação psíquica (percepção, atenção voluntária, memória lógica, imaginação etc.). Os indícios de desenvolvimento materializam-se nas mudanças de comportamento, na (re)estruturação da personalidade. Pensar em inclusão de estudantes autistas é compreender os conhecimentos científicos como uma das ferramentas de humanização, é fornecer o acesso a todas(os) os recursos da escola, inclusive, de acordo com os modos instrucionais em ciências que privilegiem a comunicação e oportunizem a manifestação de questionamentos, com fala ou não.

Finalizamos, convidando a comunidade de educação em ciências a direcionar esforços para novas pesquisas sobre o ensino inclusivo de estudantes com autismo. Além disso, investigações com o descritor *Asperger* podem revelar novos dados e enriquecer o debate sobre o uso de organizadores visuais no ensino de ciências.

## Notas

<sup>1</sup> Todas as traduções dos originais são nossas.

<sup>2</sup> O *Early Science Curriculum* é material reconhecido pela área de ensino de ciências dos Estados Unidos, composto por inúmeros recursos como: textos orientadores, livros com conteúdos de ciências de acordo com os padrões curriculares estadunidenses, objetos para experimentação etc. Para saber mais, recomendamos a leitura de Jimenez, Knight e Browder (2012).

## Referências

- APA. *American Psychiatric Association*. DSM-5-TR: Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, 2022.
- ASPERGER, H. 'Autistic psychopathy' in childhood. In: FRITH, U. (Ed.). *Autism and Asperger Syndrome*. Cambridge: Cambridge University Press, 1991.
- BARNETT, J. H.; TRILLO, R. e MORE, C. M. Visual supports to promote science discourse for middle and high school students with autism spectrum disorders. *Intervention in School and Clinic*, v. 53, n. 5, p. 292-299, 2018.
- BARRETO, W. e TOASSA, G. O estudo do comportamento no contexto analítico-comportamental: uma historicidade crítica e reflexões ético-políticas. *Perspectivas em Análise do Comportamento*, v. 12, n. 2, p. 289-303, 2022.
- BREGMAN, R. *Humanidade: uma história otimista do homem*. São Paulo: Planeta, 2021.
- BREITFELDER, L. M. Quick and easy adaptations and accommodations for early childhood students. *Teaching Exceptional Children Plus*, v. 4, n. 5, 2008.
- CARNAHAN, C. R. e WILLIAMSON, P. S. Does compare-contrast text structure help students with autism spectrum disorder comprehend science text?. *Exceptional Children*, v. 79, n. 3, p. 347-363, 2013.
- CARNAHAN, C. R.; WILLIAMSON, P.; BIRRI, N.; SWOBODA, C. e SNYDER, K. K. Increasing comprehension of expository science text for students with autism spectrum disorder. *Focus on Autism and Other Developmental Disabilities*, v. 31, n. 3, p. 208-220, 2016.
- CHIOTE, F. A. B. As políticas educacionais e a escolarização do aluno com autismo no Ensino Médio. In: SANTOS, E. C. dos e GONÇALVES, M. A. C. L. *Autismos: a constituição humana a partir da abordagem Histórico-Cultural*. Campos dos Goytacazes: Encontrografia, 2021.
- CZECH, H. Response to 'Non-complicit: revisiting Hans Asperger's career in Nazi-era Vienna'. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, v. 49, n. 9, p. 3883-3887, 2019.
- DETCHEVA, E. A model for visual learning in autism. *International*

- Journal "Information Theories and Applications"*, v. 19, n. 3, p. 269-281, 2012.
- ESTEBAN, M. T. Diferença e (des)igualdade no cotidiano escolar. In: MOREIRA, A. F. B.; PACHECO, J. A. e GARCIA, R. L. (Orgs.). *Currículo: pensar, sentir e diferir*. Rio de Janeiro: DP&A Editora, 2004.
- FINSON, K. D. Scientific inquiry and developing explanations for all. In: KOOMEN, M.; KAHN, S.; ATCHISON, C. L. e WILD, T. A. (Orgs.). *Towards inclusion of all learners through science teacher education*. Boston: Brill, 2018.
- GRANDIN, T. *O cérebro autista: pensando através do espectro*. Rio de Janeiro: Editora Record, 2015.
- JIMENEZ, B. A.; KNIGHT, V. e BROWDER, D. M. *Early Science: an inquiry-based approach for elementary students with moderate and severe disabilities*. Verona, WI: Attainment Company, 2012.
- JIMENEZ, B. A.; LO, Y. e SAUNDERS, A. F. The additive effects of scripted lessons plus guided notes on science quiz scores of students with intellectual disability and autism. *The Journal of Special Education*, v. 47, n. 4, p. 231-244, 2014.
- KANNER, L. Os distúrbios autísticos do contato afetivo. In: ROCHA, P. S. (Org.). *Autismos*. São Paulo: Escuta, 1997.
- KNIGHT, V. F.; COLLINS, B.; SPRIGGS, A. D.; SARTINI, E. e MacDONALD, M. J. Scripted and unscripted science lessons for children with autism and intellectual disability. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, v. 48, n. 7, p. 2542-2557, 2018.
- KNIGHT, V. F.; SPOONER, F.; BROWDER, D. M.; SMITH, B. R. e WOOD, C. L. Using systematic instruction and graphic organizers to teach science concepts to students with autism spectrum disorders and intellectual disability. *Focus on Autism and Other Developmental Disabilities*, v. 28, n. 2, p. 115-126, 2013.
- KNIGHT, V. F.; WOOD, C. L.; SPOONER, F.; BROWDER, D. M. e O'BRIEN, C. P. An Exploratory study using science eTexts with students with Autism Spectrum Disorder. *Focus on Autism and Other Developmental Disabilities*, v. 30, n. 2, p. 86-99, 2015.
- KRASILCHIK, M. Reformas e realidade: o caso do ensino de ciências. *São Paulo em Perspectiva*, v. 14, n. 1, p. 85-93, 2000.
- LEMKE, J. L. Teaching all the languages of science: words, symbols, images, and actions. In: *Conference on science education in Barcelona*. 1998.
- MALDANER, O. A. Formação de professores para um contexto de referência conhecida. In: NERY, B. K. e MALDANER, O. A. (Orgs.). *Formação de professores: compreensões em novos programas e ações*. Ijuí: Unijuí, 2014.
- NOVAES, D. e FREITAS, A. P. Objetivos educacionais para alunos com transtorno do espectro autista: a atividade de ensino em Vasily Vasilovich Davidov. *Sensos-e*, v. 7, n. 2, p. 116-126, 2020.
- OLIVEIRA, A. M. e STROHSCHOEN, A. A. G. A importância da ludicidade para inclusão do aluno com transtorno do espectro autista (TEA). *Revista Eletrônica Pesquiseduca*, v. 11, n. 23, p. 127-139, 2019.
- ORRÚ, S. E. Contribuciones del abordaje histórico-cultural a la educación de alumnos autistas. *Humanidades Médicas*, v. 10, n. 3, p. 1-11, 2010.
- OSBORNE, J. Science without literacy: A ship without a sail?. *Cambridge Journal of Education*, v. 32, n. 2, p. 203-218, 2002.
- PAOLI, J.; LIMA, L. G. S.; RODRIGUES, M. L. D. e MACHADO, P. F. L. Cadê a inclusão das pessoas com deficiência na BNCC? A exclusão comeu!. *Revista Educação Especial*, v. 36, n. 1, p. e15/1-26, 2023.
- PAOLI, J. e MACHADO, P. F. L. Autismos em uma perspectiva Histórico-Cultural. *Revista GESTO-Debate*, v. 22, n. 01-31, 2022.
- PAOLI, J. e MACHADO, P. F. L. A Inclusão de Estudantes no Espectro Autista em Aulas de Ciências: Uma Análise a Partir da Perspectiva Histórico-Cultural. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, e51066, p. 1-28, 2024.
- QUILL, K. A. Methods to enhance communication in verbal children. In: QUILL, K. A. (Ed.). *Teaching children with autism: strategies to enhance communication and socialization*. New York: Delmar, 1995.
- ROSAS, C. C.; ALMEIDA, L. T. A. e RIBEIRO, M. G. L. Práticas pedagógicas em ciências e biologia para estudantes com Transtorno do Espectro Autista: ferramentas para a educação inclusiva. *Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação*, v. 19, n. esp.2, p. e024079, 2024.
- SAVIANI, D. *Pedagogia Histórico-Crítica: primeiras aproximações*. 11ª ed. Campinas: Autores associados, 2013.
- SHEFFER, E. *Crianças de Asperger: as origens do autismo na Viena nazista*. Rio de Janeiro: Record, 2019.
- SILBERMAN, S. *Una tribu propia: autismo y Asperger: otras maneras de entender el mundo*. Barcelona: Editora Planeta, 2016.
- SILVA, L. H. A. e ZANON, L. B. A experimentação no ensino de ciências. In: SCHNETZLER, R. P. e ARAGÃO, R. M. R. de. (Orgs.). *Ensino de ciências: fundamentos e abordagens*. Piracicaba: CAPES/UNIMEP, 2000.
- SILVA, R. R.; MACHADO, P. F. L. e TUNES, E. Experimentar sem medo de errar. In: SANTOS, W. L. P. dos; MALDANER, O. A. e MACHADO, P. F. L. (Orgs.). *Ensino de química em foco*. Ijuí: Unijuí, 2019.
- VIGOTSKI, L. S. *Pensamiento y habla*. Benos Aires: Colihue, 2007.
- WING, L. Asperger's syndrome: a clinical account. *Psychological Medicine*, v. 11, n. 1, p. 115-129, 1981.
- WU, Y.; CHEN, M.; LO, Y. e CHIANG, C. Effects of peer-mediated instruction with AAC on science learning and communitive responses of students with significant cognitive disabilities in Taiwan. *Research and Practice for Persons with Severe Disabilities*, v. 45, n. 3, p. 178-195, 2020.

### Preparação dos Manuscritos

Os trabalhos deverão ser digitados em página A4, espaço duplo, tipo Times Roman, margens 2,5, devendo ter no máximo o número de páginas especificado para a seção da revista à qual são submetidos. Na primeira página deverá conter o título do trabalho e um resumo do artigo com, no máximo, 1000 caracteres (espaços inclusos) e a indicação de três palavras-chave, seguidos de suas traduções para a linha inglesa, incluindo o título.

Não deve haver indicação dos autores no documento com o manuscrito e nenhum dado ou marcas em qualquer parte do texto que conduzam à sua identificação, durante a avaliação como, por exemplo: nome e filiação institucional; nomes de projetos e coordenadores de projetos (quando não são indispensáveis); referências e citações (utilizar "Autor1, ano", "Autor2, ano"... para manter o anonimato); local, título ou local de defesa de mestrado ou doutorado; agradecimentos etc. Os autores devem eliminar auto-referências. As informações dos autores devem estar descritas na carta de apresentação aos editores, e esta deverá conter o título do trabalho, o(s) nome(s) do(s) autor(es), sua(s) formação(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:

AMBROGI, A.; LISBÔA, J. C. e VERSOLATO, E. F. *Unidades modulares de química*. São Paulo: Gráfica Editora Hamburg, 1987.

KOTZ, J. C. e TREICHEL Jr., P. *Química e reações químicas*, vol. 1 Trad. J. R. P. Bonapace. 4ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2002.

**- Para periódicos** referência completa:

TOMA, H. E. A nanotecnologia das moléculas. *Química Nova na Escola*, n. 21, p. 3-9, 2005.

ROSINI, F.; NASCENTES, C. C. E NÓBREGA, J. A. Experimentos didáticos envolvendo radiação microondas. *Química Nova*, v. 26, p. 1012-1015, 2004.

**- Para páginas internet** referência completa:

<http://qnesc.s bq.org.br>, acessada em Março 2008.

Para outros exemplos, consulte-se número recente da revista.

Os autores devem, sempre que possível, sugerir outras leituras ou acessos a informações e reflexões a respeito dos temas abordados no texto, para serem incluídos em "Para Saber Mais".

As legendas das figuras devem ser colocadas em página à parte, ao final, separadas das figuras. A seguir devem ser colocadas as figuras, os gráficos, as tabelas e os quadros. No texto, apenas deve ser indicado o ponto de inserção de cada um(a).

Os autores devem procurar seguir, no possível, as normas recomendadas pela IUPAC, inclusive o Sistema Internacional de Unidades.

### Condições para Submissão dos Artigos

- 1) Os manuscritos submetidos não devem estar sendo analisados por outros periódicos.
- 2) Os autores são responsáveis pela veracidade das informações prestadas e responsáveis sobre o conteúdo dos artigos.
- 3) Os autores devem seguir as recomendações das Normas de Ética e Más Condutas constantes na página da revista <http://qnesc.s bq.org.br/pagina.php?idPagina=17>.
- 4) Os autores declaram que no caso de resultados de pesquisas relacionadas a seres humanos eles possuem parecer de aprovação de um Comitê de Ética em pesquisa.
- 5) No caso de envio de imagens, os autores devem enviar cópia do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido assinado pelo(s) sujeito(s) (ou seus responsáveis), autorizando o uso da imagem.

- 6) Os autores declaram a inexistência de conflito de interesses na submissão do manuscrito.
- 7) É responsabilidade dos autores garantirem que não haja elementos capazes de identificá-los em qualquer parte do texto.

### Os artigos não devem incluir informações que excedam o limite de páginas na forma de materiais suplementares.

### Submissão dos Artigos

Química Nova na Escola oferece aos autores a submissão on line, que pode ser acessada por meio do registro de Login e Senha. É possível registrar-se em nossa página na internet (<http://qnesc.s bq.org.br>) usando a opção Novo Usuário. Usuários das plataformas do 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: Bruno Silva Leite (UFRPE)

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: Luciana Massi (Unesp)

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: Marcia Borin da Cunha (Unioeste)

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: Rafael Cava Mori (UFABC)

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: Mara Elisa Fortes Braibante (UFMS)

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: Ana Luiza de Quadros (UFMG)

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.