

# química nova

# NA ESCOLA

VOLUME

# 45

Nº 4, NOVEMBRO 2023

- 261 Software SAE: um recurso multimídia alternativo para o ensino de substituições aromáticas eletrofílicas  
Milian P. S. Silva, Juliana C. Holzbach, Dennis da S. Ferreira, Maíke de O. Krauser e Douglas A. Castro
- 267 Uma representação acessível da Tabela Periódica para estudantes daltônicos  
Pedro S. Vasconcellos e Maurício S. Pazinato
- 275 O conto literário no ensino e na formação de professores de Química  
Ana Caroline da Silva, Henrique Manoel C. de Ávila, Daiane Q. de Oliveira e Fábio P. Gonçalves
- 283 Atividade Experimental Problematizada (AEP) e Educação Ambiental (EA): presença de metais pesados em aterros sanitários – uma proposta didática  
Angelo F. M. Barbosa, Joselito N. Ribeiro, Araceli V. F. N. Ribeiro, Lília E. S. Azevedo, André L. S. Silva e Paulo R. G. Moura
- 292 Concepções de problematização no ensino de química: uma análise nos trabalhos publicados no periódico *Química Nova na Escola* na última década  
Marina Marcuschi e Marília G. de M. Guedes
- 304 The chemistry club as a space for promoting the scientific spirit  
Daniel Matheus da Silva, Lorena O. de Sousa e Ana Cláudia Kasseboehmer

## 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

Giseli de Oliveira Cardoso

*Química Nova na Escola* é uma publicação trimestral da Sociedade Brasileira de Química que tem como local de publicação a sede da sociedade localizada no Instituto de Química da USP - 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 *Unibibliweb*

## Copyright © 2023 Sociedade Brasileira de Química

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

O *copyright* abrange direitos exclusivos de reprodução e distribuição dos artigos, inclusive separatas, reproduções fotográficas, microfilmes ou quaisquer outras reproduções de natureza similar, inclusive traduções. Nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida, armazenada em bancos de dados ou transmitida sob qualquer forma ou meio, seja eletrônico, eletrostático, mecânico, por 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

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

261 Software SAE: um recurso multimídia alternativo para o ensino de substituições aromáticas eletrofilicas

*Software SAE: an alternative multimedia resource for teaching electrophilic aromatic substitution*

Milian P. S. Silva, Juliana C. Holzbach, Dennis da S. Ferreira, Maíke de O. Krauser e Douglas A. Castro

## Espaço Aberto / Issues/Trends

267 Uma representação acessível da Tabela Periódica para estudantes daltônicos

*An accessible representation of the Periodic Table for colorblind students*

Pedro S. Vasconcellos e Maurício S. Pazinato

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

275 O conto literário no ensino e na formação de professores de Química

*The literary tale in the teaching and training of Chemistry teachers*

Ana Caroline da Silva, Henrique Manoel C. de Ávila, Daiane Q. de Oliveira e Fábio P. Gonçalves

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

283 Atividade Experimental Problematicada (AEP) e Educação Ambiental (EA): presença de metais pesados em aterros sanitários – uma proposta didática

*Problematicated Experimental Activity (PEA) and Environmental Education (EE): presence of heavy metals in sanitary landfills - a teaching proposal*

Angelo F. M. Barbosa, Joselito N. Ribeiro, Araceli V. F. N. Ribeiro, Lilia E. S. Azevedo. André L. S. Silva e Paulo R. G. Moura

## Cadernos de Pesquisa / Research Letters

292 Concepções de problematização no ensino de química: uma análise nos trabalhos publicados no periódico *Química Nova na Escola* na última década

*Problem posing conceptions in chemistry teaching: an analysis of papers published in the journal Química Nova na Escola in the last decade*

Marina Marcuschi e Marília G. de M. Guedes

304 The chemistry club as a space for promoting the scientific spirit

*O clube de química como espaço de promoção da mente científica*

Daniel Matheus da Silva, Lorena O. de Sousa e Ana Cláudia Kasseboehmer

## A inteligência artificial entre nós

Há cerca de um ano, foi lançado o *ChatGPT*, que se popularizou e trouxe discussões sobre o uso da inteligência artificial em diversos ramos de atividades. Bem antes disso, em 2020, reportagem de Thiago Domenici para a agência de notícias *Pública* revelou que uma rede de instituições universitárias privadas utilizava um *software* de inteligência artificial para “corrigir” e atribuir notas a atividades textuais produzidas pelos alunos – sendo que os professores dessas instituições eram orientados a não compartilhar essa informação com os estudantes.<sup>i</sup> Com a facilidade de acesso atual a ferramentas *online* como o *ChatGPT*, se pode conceber a curiosa situação em que um aluno pede a um *chatbot* que escreva para ele um trabalho, que será então “corrigido” e avaliado por outra máquina de inteligência artificial. Nesse caso, em vez de a tecnologia servir como um intermediário para a negociação de significados entre seres humanos (alunos e professores), teremos um ser humano servindo como intermediário para levar informação de uma máquina a outra.

Embora esse cenário distópico ainda esteja distante da maioria das escolas, o acesso a *internet* vem aumentando no país: dados do Comitê Gestor da Internet no Brasil apontam que, em 2023, 84% dos domicílios brasileiros têm conexão com a rede<sup>ii</sup>. Apesar da existência de muitas desigualdades no que se refere a esse acesso, a tendência é que cada vez mais estudantes estejam conectados. Diferentes níveis de governo têm procurado levar a *internet* até as escolas, o que conduz a reflexões sobre quais usos estão sendo feitos dela. Nos EUA, por exemplo, há escolas públicas que atendem a populações menos favorecidas testando um *chatbot* de inteligência artificial (desenvolvido por uma ONG financiada por grandes corporações) cujo papel seria o de um “professor auxiliar”. De acordo com reportagem do *New York Times*, os resultados ainda são controversos, havendo relatos de que o *chatbot* forneceu respostas incorretas e também respostas diretas, que não davam espaço para os alunos formularem seus próprios raciocínios.<sup>iii</sup> No Paraná, a Associação de Professores tem alertado para a obrigatoriedade do uso de diversas plataformas digitais imposto pelo governo daquele estado, ao mesmo tempo em que a contratação de professores por concurso público é reduzida. Alguns gestores públicos talvez tenham entre seus sonhos de “eficiência administrativa” a substituição de professores por plataformas ditas “educacionais”. Essas ferramentas, que aparentam ser o que existe de mais moderno, podem ser consideradas como versões atualizadas das “máquinas de ensinar” desenvolvidas pelo psicólogo estadunidense B. F. Skinner (1904-1990) na

década de 1950<sup>iv</sup> – agora dotadas de grande sofisticação, mas sustentadas pelos mesmos pilares filosóficos. Está claro que as novas tecnologias vieram para ficar, e terão seu lugar em todos os níveis de ensino. Assim, caberá aos professores e formadores de professores aprender a lidar com elas e explorar todo seu imenso potencial educacional – não para a domesticação e controle das novas gerações, mas para que as tecnologias ajudem os jovens a compreender, criticar e transformar a realidade.

Convidamos os leitores e leitoras de *Química Nova na Escola* a se juntarem a esse esforço investigativo das potencialidades educacionais das novas tecnologias que surgem a cada dia, e que possamos ver relatos sobre essa temática em edições futuras. Um exemplo pode ser visto neste número: a seção Educação em Química e Multimídia traz um artigo que descreve o desenvolvimento de um *software* destinado ao ensino de química orgânica. Sabe-se que a visualização espacial de moléculas orgânicas pode ser desafiadora para muitos estudantes, e os recursos oferecidos pelas interfaces gráficas são importantes aliados para o ensino. Os detalhes sobre esse programa podem ser vistos em “Software SAE: um recurso multimídia alternativo para o ensino de substituições aromáticas eletrofílicas”. Outra tecnologia, que permite simular as cores percebidas por pessoas com daltonismo, auxiliou os autores do artigo “Uma representação acessível da Tabela Periódica para estudantes daltônicos” a desenvolverem um material didático voltado a pessoas com essa condição. O material didático resultante representa uma contribuição para nosso ideal de levar o conhecimento químico para todos. Esse ideal pode se manifestar de diferentes maneiras, seja pela inclusão de pessoas com deficiência no contexto escolar, seja extrapolando as fronteiras escolares em atividades de divulgação científica para jovens, em ambientes não formais. Uma experiência desse último tipo é analisada na seção Cadernos de Pesquisa, em artigo intitulado “The chemistry club as a space for promoting the scientific spirit”. Os participantes do referido “clube de química” demonstraram ter desenvolvido competências científicas ao longo de um semestre em que realizaram atividades investigativas de diversos tipos, de natureza teórica e experimental. A utilização de experimentos como recursos didáticos contextualizados e criativos, de modo a contribuir para o exercício de posturas ativas e críticas pelos estudantes, também está presente no artigo “Atividade Experimental Problematizada (AEP) e Educação Ambiental (EA): presença de metais pesados em



aterros sanitários – uma proposta didática”. A aproximação entre a química e a educação ambiental oferece oportunidades para abordagens interdisciplinares – que também estão presentes em outro artigo, em registro bastante distinto. Aqui nos referimos ao artigo “O conto literário no ensino e na formação de professores de Química”, que investe na interface ciência-literatura, sugerindo a discussão de aspectos da natureza da ciência a partir de contos de Machado de Assis e Rachel de Queiroz. Somando-se a esse conjunto de contribuições que exploram aspectos tão diversos do ensino de química, o artigo “Concepções de problematização no ensino de química: uma análise nos trabalhos publicados no periódico *Química Nova na Escola* na última década” oferece importantes reflexões teóricas. Ao analisar a multifacetada apropriação do conceito de *problematização* por educadores em química, observa-se a viva influência do mestre Paulo Freire, e de outros pesquisadores inspirados

por ele, sobre tantos autores que acreditam no potencial transformador da educação.

Desejamos a nosso público leitor uma jornada proveitosa por mais esta edição!

Paulo Alves Porto  
Salette Linhares Queiroz  
*Editores de QNEsc*

### Notas

<sup>i</sup> <https://apublica.org/2020/04/laureate-usa-robos-no-lugar-de-professores-sem-que-alunos-saibam/>. Acesso em nov. 2023.

<sup>ii</sup> [https://cetic.br/media/analises/tic\\_domicilios\\_2023\\_coletiva\\_imprensa.pdf](https://cetic.br/media/analises/tic_domicilios_2023_coletiva_imprensa.pdf). Acesso em nov. 2023.

<sup>iii</sup> <https://www.nytimes.com/2023/06/26/technology/newark-schools-khan-tutoring-ai.html>. Acesso em nov. 2023.

<sup>iv</sup> <https://www.youtube.com/watch?v=vmRmBgKQq20>. Acesso em nov. 2023.



## Software SAE: um recurso multimídia alternativo para o ensino de substituições aromáticas eletrofilicas

**Milian P. S. Silva, Juliana C. Holzbach, Dennis da S. Ferreira, Maike de O. Krauser e Douglas A. Castro**

Neste trabalho, apresenta-se o software SAE, um recurso gratuito desenvolvido para auxiliar no processo de ensino e aprendizado de Substituições Aromáticas Eletrofilicas (SAE) em anéis monossustituídos. O software SAE foi desenvolvido em linguagem JAVA usando a IDE Netbeans. O programa tem potencial para auxiliar o professor a expor o tópico e ajudar os alunos a visualizarem a dinâmica do processo de substituição aromática eletrofilica pois, durante o uso do recurso, o discente faz a escolha dos substituintes, observa a dinâmica do mecanismo e encontra curiosidades relacionadas ao cotidiano e vídeos sobre o tema.

► aprendizagem, tecnologia, química orgânica ◀

Recebido em 01/08/2022, aceito em 01/03/2023

261

**P**ara aprender alguns conteúdos da química é necessário que o estudante desenvolva um pensar mais elaborado e aprimore seu poder de abstração para que haja compreensão a nível subatômico ou submicroscópico, mesmo com comprovações teóricas (Figueiredo e Souza, 2021). Quando um discente consegue aprender temas abstratos sem que seja necessário o uso de materiais concretos, Piaget (2012) diz que o sujeito atingiu o estágio operatório formal, o último nível de desenvolvimento das estruturas da inteligência. Atingir tal nível de abstração não é uma trivialidade.

Em uma de suas pesquisas relacionadas às dificuldades de aprendizagem no ensino superior, Brito (2017) constatou que o alto índice de reprovação em disciplinas na área de química orgânica está relacionado aos problemas de visualização tridimensional das moléculas e dos mecanismos de reação. Contudo, os estudos relacionados às adversidades de aprendizagem em química não são específicos de uma determinada área. Pode-se encontrar discussões sobre o tema nos estudos de Delamuta (2020), Mendes (2007) e Farinaccio (2006), que versam sobre dificuldades em operar com conhecimentos abstratos. Uma das formas de facilitar tal processo é através de jogos, conforme proposto por Figueiredo e Souza (2021).

Em estudos publicados por Medeiros (2020), observa-se que o ensino de química apresenta diversos problemas como,

por exemplo, alunos pouco motivados ao estudo, dificuldade dos professores em selecionar conteúdos de acordo com o desenvolvimento cognitivo e contexto social dos alunos, além de inadequações metodológicas do trabalho docente.

Segundo Castro *et al.* (2019), o ensino de química ainda é ministrado no modelo tradicional, apenas com aulas expositivas em que são apresentados conceitos imutáveis, fórmulas prontas e sem ligação com o cotidiano do aluno, criando distância da sua realidade histórica e social. Nesse contexto, há que se adotar como ponto central que o conhecimento se produz fundamentalmente da prática para a teoria, para que a aprendizagem ganhe significado. Assim, é importante destacar que o processo de ensino e aprendizagem precisa conjugar diferentes metodologias, com vista a desenvolver uma educação transformadora e mais atrativa, e que incite o interesse dos estudantes pelo conhecimento.

É necessário que se use novas abordagens para cativar a atenção desse público tão heterogêneo. Os materiais multimídia se adequam perfeitamente como ferramenta de apoio, visto que usam de diferentes linguagens para transmitir a mensagem. A versatilidade dos materiais multimídia também permite que sejam incorporadas às aulas as características regionais, históricas e sociais. De acordo com Giordan (2005), a mistura de elementos visuais, orais e escritos transmitem informações que produzem diferentes efeitos no processo de ensino e aprendizagem. Em localidades em que não há



infraestrutura de laboratórios, a simulação computacional e a exposição de vídeos podem agregar muito e auxiliar o estudante a diferenciar o senso comum do resultado que de fato ocorre.

Nesse contexto, este trabalho apresenta um novo recurso como alternativa para auxiliar no processo de ensino e aprendizagem em química orgânica sobre reações de substituição aromática eletrofílica em anéis monossustituídos. Foi proposto e desenvolvido um software denominado SAE (em alusão a Substituição Aromática Eletrofílica), com intuito de disponibilizar, de forma gratuita, um recurso que combina textos e elementos visuais, como imagens e vídeos, na transmissão das informações por meio de uma interface gráfica intuitiva.

### Tecnologias: ação em ascensão no processo educativo

Atualmente, quando se fala em inovação no processo de ensino e aprendizagem, o primeiro assunto que vem à mente são as tecnologias de informação e comunicação (TICs). Pode-se encontrar na literatura diversos trabalhos relacionados ao uso das TICs como recursos didáticos no processo de ensino e aprendizagem (Giordan, 2015; Michel *et al.*, 2004; Moreno e Heidelmann, 2017; Machado, 2016; Nichele e Canto, 2016).

O ensino de química não é exceção e segue essa tendência, pois, como afirmam Nichele e Canto (2016), a química é uma ciência que associa fenômenos macroscópicos, fenômenos submicroscópicos e diversas simbologias próprias, cuja articulação se torna, de forma natural, uma barreira para aprendizagem. Nesse cenário, o uso de tecnologias pode auxiliar na visualização destes processos de difícil assimilação.

Por isso, os produtos de software estão cada vez mais sendo utilizados para dar suporte ao processo de ensino e aprendizagem, como uma alternativa à metodologia tradicional e como forma de motivar o estudante a procurar conhecimento dentro e fora da sala de aula. Cabe deixar claro que um produto de software é um produto cujo componente primário é o software (Kittlaus e Peter, 2018) e sua utilidade é determinada pelas funcionalidades que ele fornece através de suas interfaces (Ferreira e Rodrigues, 2015). Convém ressaltar o importante papel que assume o professor no sentido de atribuir legitimidade aos processos de ensino e aprendizagem mediados por meio da tecnologia educacional e sua versatilidade. De acordo com Leal *et al.* (2020), as ferramentas tecnológicas para o ensino de Química operam consoante a evolução das TICs e encontram amparo diversificado e sofisticado. Levando em consideração a importância dos avanços tecnológicos como facilitadores de aprendizagem e visando à formação integral do indivíduo, pode-se analisar que as interações entre imagem e informação podem auxiliar o docente em

[...] os produtos de software estão cada vez mais sendo utilizados para dar suporte ao processo de ensino e aprendizagem, como uma alternativa à metodologia tradicional e como forma de motivar o estudante a procurar conhecimento dentro e fora da sala de aula.

sala de aula, desde que tenha a apropriação adequada dos recursos tecnológicos. De fato, Freire (1996) afirma que não devemos ser ingênuos apreciadores de tecnologia. Mesmo com toda a sua versatilidade, ainda há muito que se fazer para transformá-la em ferramenta de inclusão social. Como as TICs incorporam diversos recursos para a transmissão de conhecimento e de maneira rápida e dinâmica, a forma como se utiliza esses recursos faz diferença no aprendizado do aluno para que este aprenda melhor (Leite e Leão, 2015).

Leite e Leão (2015) afirmam que são muitas as formas de se usar as TICs como suportes do processo de ensino e aprendizagem. Além dos jogos, a utilização de softwares educativos que abrangem diferentes tipos de linguagens em sua concepção pode democratizar o acesso ao aprendizado. Os softwares LabVirt (Silveira e Vasconcelos, 2017), ChemSketch (Batista *et al.*, 2016) e Avogadro (Batista *et al.*, 2018) são exemplos de recursos que simulam a realidade a fim de confrontar o senso comum dos alunos com a realidade. Mesquita e colaboradores (2021, p. 3) trazem, em particular, um levantamento de trabalhos que usam softwares educacionais aplicados ao ensino de química, “como recursos potencializadores do processo de aprendizagem, por meio de abordagens mais interativas, lúdicas e atraentes”.

### Reações de Substituição Aromática Eletrofílica (SAE)

A vasta aplicabilidade e importância da química orgânica faz com que esse conteúdo seja extensamente abordado em sala de aula. Porém, vários pesquisadores identificaram pontos de maior complexidade de assimilação, tais como: notação de setas no decorrer dos mecanismos, a construção e percepção da utilidade das representações estruturais, conceitos de ácidos e bases, além da importância na compreensão dos mecanismos de reação, conforme Estevama *et al.* (2020), Paulson (1999), Libby (1995), Nelson (2000), Johnstone (2000) e Grove e Bretz (2012).

As reações SAE formam uma classe que está entre as mais amplamente estudadas em toda a química, devido a sua grande aplicabilidade. De forma resumida, essas reações são identificadas pela adição de um eletrófilo ao anel aromático, com posterior eliminação de um próton, formando o produto substituído (Figura 1).

Pode-se observar que a primeira etapa é determinante na velocidade dessas reações, uma vez que a substância aromática e estável reage com o eletrófilo formando um intermediário catiônico (íon arênio), não aromático e com menor estabilidade. Ao analisar a próxima etapa, observa-se que a desprotonação do intermediário é uma etapa rápida pois, com isso, há a retomada da aromaticidade no produto formado (Bruice, 2003).

As reações SAE também ocorrem em anéis aromáticos substituídos. A presença de substituintes nos anéis afeta

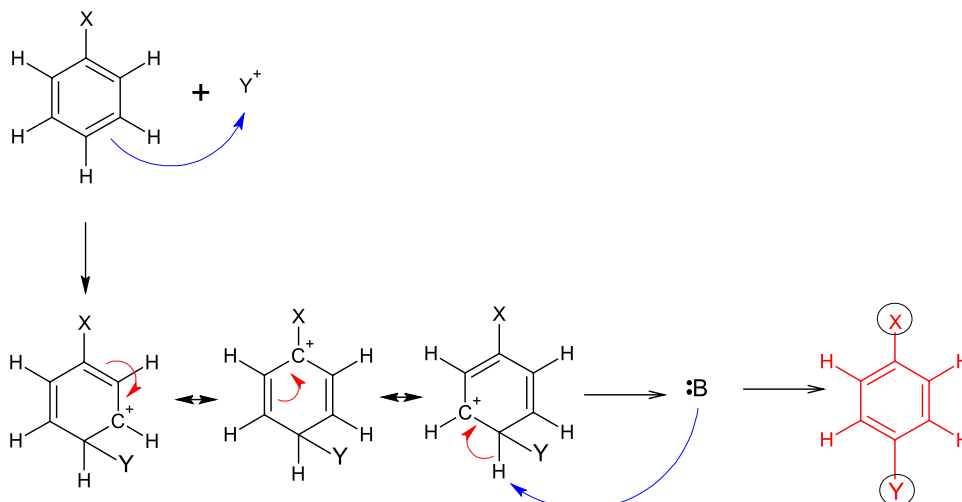


Figura 1: Mecanismo geral de reações de substituição aromática eletrofílica. Fonte: Os autores (2022).

a velocidade e orienta as posições nas quais reações SAE subsequentes podem ocorrer. Esses fatos estão relacionados principalmente à estabilidade do intermediário reacional e à densidade eletrônica em determinadas posições (Bruice, 2003). Essas especificidades, juntamente com as dificuldades de aprendizado da área discutidas anteriormente, podem representar obstáculos na compreensão desse conteúdo pelos discentes.

### Materiais e Método

Para a elaboração do software, a primeira etapa consistiu na identificação da problemática, no estudo da viabilidade técnica, custos e prazos estimados para a sua construção. Essas necessidades formam um conjunto inicial de requisitos, de acordo com Sommerville (2011).

O software SAE foi desenvolvido em linguagem JAVA, através do IDE Apache Netbeans (Netbeans, 2022). A integração foi feita com o pacote de ferramentas denominado Swing UI. É pertinente observar que o desenvolvedor pode iniciar seu projeto a partir da parte que o usuário terá contato, ou seja, pode iniciar criando todos os campos de texto, botões e demais objetos que desejar e a própria plataforma Netbeans cria o código de programação para aqueles objetos introduzidos.

Com a proposta de facilitar a fixação do conteúdo pelos usuários, o software apresenta uma interface visual e, para tanto, foi construído um banco de imagens de diversas moléculas aromáticas substituídas, obtidas através do software ACD/ChemSketch. Para exemplificação, os mapas de potenciais eletrostáticos foram gerados no software HyperChem e, por fim, as animações dos mecanismos gerais foram realizadas no software Microsoft PowerPoint.

Tendo em vista a elaboração do conteúdo do software SAE, foi feito um criterioso levantamento bibliográfico sobre a teoria envolvida nos mecanismos apresentados, através de consulta a livros didáticos de Química Orgânica e utilizando

majoritariamente duas obras: Solomons *et al.* (2012) e Bruice (2003). As legendas e textos foram formulados de maneira sucinta e objetiva, a fim de criar um conteúdo curto e explicativo para cada mecanismo.

O conteúdo contém curiosidades pertinentes ao mecanismo escolhido, as quais coincidem com o tempo da imagem, garantindo sincronia entre a animação e a descrição das etapas dos mecanismos e produto final.

É importante mencionar que o software foi depositado para registro junto ao INPI e estará

disponível de forma gratuita, após a finalização dos trâmites, na página do Programa de Pós-Graduação em Química da Universidade Federal do Tocantins (PPGQ-UFT).

### Resultados

Ao tratar de reações SAE em anéis monossustituídos, observa-se que, com base na experiência de docência, a problemática no aprendizado desse conteúdo está relacionada principalmente à orientação nas posições de entrada dos substituintes das reações SAE subsequentes. Nesse contexto, a ferramenta multimídia SAE pode ser uma alternativa no processo de ensino e aprendizado.

#### O programa SAE e suas funcionalidades

O programa SAE foi desenvolvido com uma interface intuitiva de fácil uso, de forma a contribuir positivamente ao ensino do tema substituição aromática eletrofílica em anéis monossustituídos.

O uso do IDE Apache Netbeans facilitou o desenvolvimento da interface devido a sua arquitetura modular e a integração com o pacote de ferramentas Swing UI. Dessa forma, o desenvolvedor pode iniciar seu projeto pela interface do usuário. Por exemplo, para criar um botão, o desenvolvedor deve selecioná-lo em uma lista de objetos já prontos e clicar

A presença de substituintes nos anéis afeta a velocidade e orienta as posições nas quais reações SAE subsequentes podem ocorrer. Esses fatos estão relacionados principalmente à estabilidade do intermediário reacional e à densidade eletrônica em determinadas posições (Bruice, 2003).

onde deseja posicioná-lo. Para determinar seu tamanho, o processo também é feito com auxílio do mouse. Todo o processo evita que o desenvolvedor digite várias linhas de código. Após a criação de cada objeto, é necessário que se preencha apenas o código com as funcionalidades que serão atribuídas a ele.

Observa-se que a interface do programa (Figura 2) possui diversos campos com informações que são atualizadas de acordo com as escolhas do usuário, de modo que ele possa interagir e selecionar conforme a função de cada caractere.

No campo I é possível ver um exemplo do anel aromático com a posição do grupo substituinte “X”. Neste campo nada é feito, sua função é apenas a de mostrar ao estudante onde será feita a substituição aromática eletrofílica. No campo II há uma lista de substituintes, a saber,  $NH_2$ ,  $NHR$ ,  $NR_2$ ,  $OH$ ,  $OR$ ,  $NHCOR$ ,  $OCOR$ ,  $R$ ,  $Ar$ ,  $CHCHR$ ,  $F$ ,  $Cl$ ,  $Br$ ,  $I$ ,  $COH$ ,  $COR$ ,  $COOR$ ,  $COOH$ ,  $COCl$ ,  $CN$ ,  $SO_3H$ ,  $NH_2R^+$ ,  $NR_3^+$ ,  $NO_2$ , para que o usuário faça a sua escolha. Nesse campo são listadas todas as opções disponíveis que ocorrem no processo de substituição aromática eletrofílica. Nesse momento, o professor pode chamar a atenção dos alunos e explicar sobre a limitação das possibilidades de escolha.

Feita a escolha do grupo substituinte, basta usar o campo III para escolher o mecanismo de reação clicando na caixa de seleção do mecanismo, que pode ser *Halogenação*, *Nitração*, *Sulfonação*, *Acilação* ou *Alquilação*. Novamente são listadas todas as opções que podem ocorrer no processo de substituição aromática e o professor pode aproveitar o momento para revisar cada um dos conceitos envolvidos nos mecanismos. Após essas escolhas iniciais, automaticamente todas as outras informações são atualizadas e, consequentemente, as novas informações apresentadas dependem das escolhas iniciais do usuário.

O campo IV não está habilitado para a modificação por parte do usuário e é reservado apenas para a visualização do que denominamos “Produto Final”, visto que o conteúdo

apresentado é gerado pela combinação das escolhas anteriores. Ou seja, para cada substituinte e cada mecanismo escolhido nas etapas anteriores, um diferente produto é apresentado no campo IV.

No campo V pode ser observada a caixa de visualização denominada “Você Sabia?”, com curiosidades do cotidiano. Como cada escolha gera um produto diferente, o campo V foi construído com o objetivo de apresentar aos discentes algumas das aplicações ou curiosidades sobre o produto formado e, quando possível, relacionadas ao seu cotidiano. O objetivo em trazer esse campo é mostrar aos alunos que o processo que estão estudando tem aplicações reais que estão muito mais próximas a eles do que podem imaginar.

No campo VI observa-se o “Mapa Potencial”. Fixado à esquerda, tem-se o mapa de potencial eletrostático da molécula do *benzeno*. No mesmo campo, à direita, está o mapa do potencial eletrostático do “Exemplo de ativador/desativador” escolhido anteriormente (neste caso, tolueno ou benzonitrila). A figura é alterada no momento em que a escolha do ativador é feita, e o professor pode aproveitar a imagem para comentar sobre as propriedades que podem ser observadas a partir da distribuição eletrônica de cada uma das moléculas. Se for o caso, o regente da disciplina pode, ainda, comentar sobre as interações intermoleculares e o potencial eletrostático, tudo isso utilizando a figura apresentada pelo software SAE.

Com o intuito de facilitar a visualização dos mecanismos, foram elaborados vídeos referentes às reações nas posições meta e orto/para. Para assistir ao vídeo com informações sobre a orientação meta, basta clicar no botão localizado no campo VII, denominado “Vídeo Meta”. Para assistir ao vídeo com informações sobre orientações de orto e para, basta clicar no botão “Vídeo Orto/Para” localizado no campo VIII. A reprodução dos vídeos se inicia ao clicar no botão do campo IX, com a imagem característica de início de reprodução de áudio/vídeo. O volume pode ser ajustado no campo X, no botão de “Volume”.

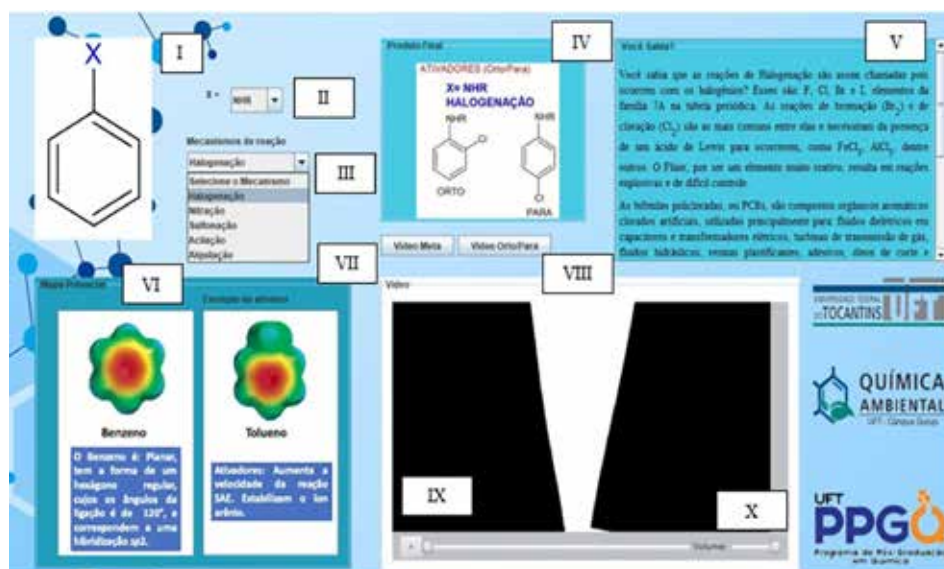


Figura 2: Interface do software SAE. Fonte: Os autores (2022).



O uso desses diferentes tipos de linguagem inseridas no software visa potencializar o ensino de química. O uso de linguagens verbais e não verbais podem ser complementares no processo de ensino e aprendizagem de química. Nesse sentido, as linguagens utilizadas tornam-se ferramentas para que o professor possa estimular o desenvolvimento dos discentes. Por sua vez é esperada uma percepção melhor dos estudantes quanto ao aprendizado.

### Considerações finais

Neste estudo foi apresentado o software SAE, elaborado e construído a partir dos principais desafios encontrados na literatura a respeito das dificuldades na aprendizagem em química.

O software pode ser uma alternativa ao ensino e um facilitador na compreensão de reações de substituição aromática eletrofílica em anéis monossustituídos, uma vez que é capaz de integrar as etapas do mecanismo por meio de vídeos, a visualização dos mapas de densidade eletrônica através de imagens, as posições de reações subsequentes com

a demonstração dos produtos gerados e textos de aplicabilidade dessas reações na produção de substâncias utilizadas no cotidiano.

### Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Tocantins (FAPT) e Universidade Federal do Tocantins.

**Milian Pereira Santana Silva** (milian.pereira@mail.uft.edu.br), mestranda em Química no Programa de Pós-Graduação em Química da Universidade Federal de Tocantins (PPGQ-UFT). Gurupi, TO – BR. **Juliana Cristina Holzbach** (juholzbach@mail.uft.edu.br), doutora em Química e docente na Universidade Federal do Tocantins. Gurupi, TO – BR. **Dennis Da Silva Ferreira** (dennis-ferreira10@hotmail.com), doutorando em Química pela Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, SP – BR. **Maike de O. Krauser** (maike\_krauser@uft.edu.br) doutor em Química e docente na Universidade Federal do Tocantins. Gurupi, TO-BR. **Douglas Azevedo Castro** (dacastro@mail.uft.edu.br), doutor em Matemática e docente na Universidade Federal do Tocantins. Gurupi, TO-BR, bolsista Produtividade em Pesquisa da Fundação de Amparo à Pesquisa do Tocantins – FAPT. Gurupi, TO – BR.

### Referências

BATISTA, G. C.; LIMA, A. R.; CRISÓSTOMO, L. C. S.; MARINHO, M. M. e MARINHO, E. S. Softwares para o ensino de Química: ChemsSketch®, um poderoso recurso didático. *Revista Educacional Interdisciplinar*, v. 5, p. 1, 2016.

BATISTA, G. C.; MARINHO, E. M.; MARINHO, M. M. e MARINHO, E. S. Avogadro no ensino de química: um avançado editor molecular de visualização de um grande potencial pedagógico. *Revista Educacional Interdisciplinar*, v. 7, p. 1, 2018.

BRITO, P. S. *Estudo investigativo das dificuldades de compreensão nas disciplinas de Química Orgânica no campus Professor Alberto Carvalho*. 2017. 36 f. TCC (disciplina Pesquisa em Ensino de Química II do Departamento de Química) - Universidade Federal de Sergipe, Itabaiana, 2017.

BRUCE, P. Y. *Química orgânica*, vol. 2. 4ª ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2003.

CASTRO, E. A.; PAIVA, F. M. e SILVA, A. M. Aprendizagem em química: desafios na educação básica. *Revista Nova Paideia-Revista Interdisciplinar em Educação e Pesquisa*, v. 1, n. 1, p. 73-88, 2019.

DELAMUTA, B. H.; ASSAI, N. D. S. e SANCHES JÚNIOR, S. L. O ensino de Química e as TDIC: uma revisão sistemática de literatura e uma proposta de webquest para o ensino de Ligações Químicas. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 9, e149996839, 2020.

ESTEVAMA, I. H. S.; SILVA, E. F. R. e SACRAMENTO, A. P. S. Elaboração e uso de animações como estratégia para o ensino de mecanismos das reações orgânicas. *Química Nova*, v. 43, n. 8, 2020.

FARINACCIO, M. Estratégias utilizadas por crianças, adolescentes e adultos na resolução de problemas cognitivos: um estudo da EJA. *Educação: Teoria e Prática*, v. 14, n. 26, p. 207-212, 2006.

FERREIRA, M. A. D. e RODRIGUES, A. N. Interfaces Educativas: Implicações de design e processos cognitivos do jogo

Nicetown. *Anais do XXVI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, 2015.

FIGUEIREDO, M. C. e SOUZA, A. R. Jogo Digital e o conceito de aleatoriedade: aplicação e potencialidades para o ensino e a aprendizagem. *Química Nova na Escola*, v. 43, n. 3, p. 278-286, 2021.

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

GIORDAN, M. O computador na educação em ciências: breve revisão crítica acerca de algumas formas de utilização. *Ciência & Educação*, v. 11, n. 2, p. 279-304, 2005.

GIORDAN, M. Análise e reflexões sobre os artigos de Educação em Química e Multimídia publicados entre 2005 e 2014. *Química Nova na Escola*, v. 37, no. especial 2, p. 154-160, 2015.

NETBEANS. Disponível em <https://netbeans.apache.org/>, acesso em jun. 2022.

GROVE, N. P. e BRETZ, S. L. A continuum of learning: from rote memorization to meaningful learning in organic chemistry. *Chemistry Education Research Practice*, v. 13, n. 3, p. 201-208, 2012.

JOHNSTONE, A. H. *Chemistry Education Research and Practice*, v. 1, n. 1, p. 9-15, 2000.

KITTLAUS, H. B. e PETER N. C. *Software product management and pricing: Key success factors for software organizations*. Nova Iorque: Springer Science & Business Media, 2018.

LEITE, B. S. e LEÃO, M. B. C. Contribuição da Web 2.0 como ferramenta de aprendizagem: um estudo de caso. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia*, v. 8, n. 4, p. 288-315, 2015.

LEAL, G. M.; SILVA, J. A.; SILVA, D. e DAMACENA, D. H. L. As tics no ensino de química e suas contribuições na visão dos alunos. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 1, p. 3733-3741, 2020.

LIBBY, R. D. Piaget and Organic Chemistry: teaching introductory Organic Chemistry through learning cycles. *Journal of Chemical Education*, v. 72, n. 7, p. 626, 1995.

MACHADO, A. S. Uso de Softwares Educacionais, Objetos de Aprendizagem e Simulações no Ensino de Química. *Química Nova na Escola*, v. 38, n.2, p. 104-111, 2016.

MEDEIROS, L. R. Utilização de modelos táteis sustentáveis como alternativa no ensino de Química para alunos com deficiência visual. In.: SÁ, R. O. e ALMEIDA; B. T. (Org.). *Discursos interdisciplinares por uma educação transformadora*. Natal: FAMEN, 2020, p. 35-47.

MENDES, T. S. Dificuldades de aprendizagem em adultos: teoria das defasagens cognitivas. *Aprender, caderno de filosofia e psicologia da educação*, v. 2, n. 9, p. 217-142, 2007.

MESQUITA, J. M.; MESQUITA, L. S. F. e BARROSO, M. C. S. Softwares educativos aplicados no ensino de Química: Recursos didáticos potencializadores no processo de aprendizagem. *Research, Society and Development*, v. 10, n.11, e458101115278, 2021.

MICHEL, R.; SANTOS, F. M. T. e GRECA, I. M. R. Uma busca na internet por ferramentas para a educação química no ensino médio. *Química Nova na Escola*, v. 19, p. 3-7, 2004.

MORENO, E. L. e HEIDELMANN, S. P. Recursos instrucionais inovadores para o ensino de Química. *Química Nova na Escola*, v. 39, n. 1, p. 12-18, 2017.

NELSON, D. J. Teaching devices to make learning undergraduate Organic Chemistry easier. *Proceedings of the Oklahoma Academy of Science*, v. 80, p. 71-78, 2000.

NICHELE, A. G. e CANTO, L. Z. Ensino de química com smartphones e tablets. *RENOTE-Revista Novas Tecnologias na Educação*, v. 14, n. 1, p. 1-10, 2016.

PAULSON, D. R. Active learning and cooperative learning in the Organic Chemistry lecture class. *Journal of Chemical Education*. v. 76, n. 8, p. 1136, 1999.

PIAGET, J. *Epistemologia genética*. São Paulo: WMF Martins Fontes, 2012.

SILVEIRA, F. A. e VASCONCELOS, A. K. P. Investigação do uso do software educativo LabVirt no Ensino de Química. *Revista Tecnologias na Educação*, v. 23, n. 9, p. 1-13, 2017.

SOLOMONS, T. W. G.; FRYHLE, C. B. e JOHNSON, R. G. *Química Orgânica*. vol. 2. 10ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

SOMMERVILLE, I. *Engenharia de software*. 9ª ed. São Paulo: Pearson Education, 2011.

### Para Saber Mais

HALFEN, R. A. P. e NACHTIGALL, S.M.B. Experimentos químicos em sala de aula utilizando recursos multimídia: uma proposta de aulas demonstrativas para o ensino de Química Orgânica. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 19, n. 2, p. 270-294, 2020.

**Abstract:** *Software SAE: an alternative multimedia resource for teaching electrophilic aromatic substitution.* This work presents the SAE software, a free resource developed to assist in the teaching and learning process of Electrophilic Aromatic Substitutions (SAE) in monosubstituted rings. The SAE software was developed in JAVA language using the Netbeans IDE. The program has the potential to help the teacher to present the topic and help students to visualize the dynamics of the electrophilic aromatic substitution process. When using the resource, students make the choice of substituents, observe the dynamics of the mechanism, and find curiosities related to daily life and videos related to the topic.

**Keywords:** learning, technology, organic chemistry.

## Uma representação acessível da Tabela Periódica para estudantes daltônicos

**Pedro S. Vasconcellos e Maurício S. Pazinato**

A educação inclusiva busca garantir a todos o acesso a um ensino de qualidade, mas alguns sujeitos, como os daltônicos, não costumam ser o foco dos estudos nessa área. Por isso, o artigo busca evidenciá-los no âmbito da Educação em Química por meio da elaboração de uma Tabela Periódica Acessível aos Daltônicos. Para isso, realizou-se uma sondagem das principais dificuldades desses sujeitos quanto ao estudo da Química e de sugestões para o ensino inclusivo. A Tabela Periódica Acessível foi construída com base em princípios de acessibilidade cromática e avaliada pelos sujeitos quanto a sua aplicabilidade. Percebeu-se que os daltônicos apresentam dificuldade com atividades experimentais e que exigem a interpretação de gráficos/tabelas baseados nas cores. A usabilidade da tabela foi comprovada através da avaliação proposta. Destaca-se, sobretudo, os comentários positivos recebidos a respeito da utilidade do produto, o qual foi capaz de cumprir com os objetivos inicialmente estabelecidos.

► daltonismo, tabela periódica acessível, educação inclusiva ◀

Recebido em 01/12/2022, aceito em 25/01/2023

267

**A** visão é um sentido complexo que permite aos indivíduos a visualização do mundo, podendo ser compreendida como um conjunto de fenômenos que ocorrem no sistema ocular. Esses, porém, se dão de diferentes maneiras em cada indivíduo, uma vez que podem apresentar falhas em seus processos. A essas falhas dá-se o nome de deficiências visuais, as quais modificam as imagens formadas e, por consequência, as maneiras com que o mundo é percebido pelos diferentes sujeitos (Farina *et al.*, 2006).

Dentre as deficiências conhecidas, destaca-se a discromatopsia, congênita ou adquirida, geralmente apelidada por daltonismo. Trata-se de uma alteração que afeta células chamadas de cones, as quais possuem os pigmentos azul, verde e vermelho e estão presentes na retina humana. Os cones são receptores de fótons que atuam como sensores, recebendo a luz e diferenciando as cores, transformando a luminosidade em sinais nervosos que serão interpretados pelo cérebro (Bruni e Cruz, 2006; Schneid,

2020). Assim, a anomalia, que atinge cerca de 8,35 milhões de brasileiros (Moura, 2019), interfere na percepção das cores e dos tons, reduzindo o espectro de colorações percebidas em relação a um indivíduo com visão normal.

O diagnóstico, como apontam Melo *et al.* (2014), apesar de simples, é geralmente feito em idade escolar e de maneira informal, por professores ou responsáveis. Dessa forma, a identificação da deficiência costuma ser tardia, indicando pouca compreensão a respeito do assunto na sociedade como um todo, o que pode

dificultar a adaptação dos indivíduos daltônicos, já que, provavelmente, enfrentarão diversas situações sem receber o apoio necessário e, até mesmo, sem saber que possuem discromatopsia. Como possibilidades para o diagnóstico formal, os profissionais responsáveis pela saúde ocular podem optar por diversas ferramentas, sendo a mais comum o teste de Ishihara (Figura 1), por meio do qual se apresenta uma série de placas coloridas projetadas para

[...] a identificação da deficiência costuma ser tardia, indicando pouca compreensão a respeito do assunto na sociedade como um todo, o que pode dificultar a adaptação dos indivíduos daltônicos, já que, provavelmente, enfrentarão diversas situações sem receber o apoio necessário e, até mesmo, sem saber que possuem discromatopsia.



um diagnóstico rápido e preciso da deficiência e de suas variações (Ishihara, 1972).

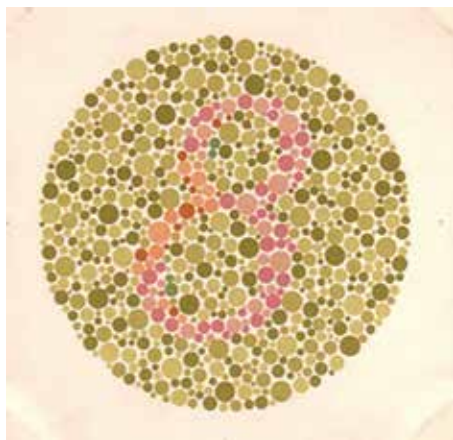


Figura 1: Teste de Ishihara. Fonte: Ishihara, 1972.

Na Figura 1 está representada uma placa do teste de Ishihara, na qual uma pessoa com visão normal deve ser capaz de enxergar o número oito centralizado, enquanto uma pessoa com deficiência para as cores vermelho ou verde deve enxergar o número três.

A partir do diagnóstico completo, o daltonismo pode ser especificado dentre os seus possíveis desdobramentos (Bruni e Cruz, 2006; Ishihara, 1972): Protanopia – ausência dos cones sensíveis ao vermelho; Protanomalia – deficiência parcial nos cones sensíveis ao vermelho; Deuteranopia – ausência dos cones sensíveis ao verde; Deuteranomalia – deficiência parcial nos cones sensíveis ao verde; Tritanopia – ausência dos cones sensíveis ao azul; Tritanomalia – deficiência parcial nos cones sensíveis ao azul.

Considerando o que se apresenta, pode-se inferir que o daltonismo impõe dificuldades para que os seus portadores realizem tarefas cotidianas simples, como escolher a roupa que irão vestir ou pintar um desenho. Além disso, ressalta-se que boa parte da comunicação se dá a partir da interpretação de cores, o que ocorre, por exemplo, em sinalizações de trânsito ou em legendas de um gráfico. Tal fato implica a necessidade bastante frequente de que indivíduos daltônicos recebam auxílio para o cumprimento de diversas atividades, ou então, que criem métodos próprios para superar tais dificuldades (Melo *et al.*, 2014).

Ampliando o escopo de afazeres e analisando a rotina comum de um sujeito em idade escolar, percebe-se que a dificuldade pode acompanhá-lo durante os estudos, na leitura de um livro didático, na diferenciação de zonas em um mapa ou na interpretação de uma reação química que evidencia a sua ocorrência pela mudança de coloração em uma atividade experimental. Ou seja, sem o devido apoio, a aprendizagem

de um estudante daltônico pode ser prejudicada. Nesse contexto, surge a presente pesquisa, com a intenção de evidenciar o estudante daltônico e suas dificuldades, bem como de elaborar uma Tabela Periódica Acessível para esses sujeitos.

### Estudo prévio

Antes da elaboração do produto educacional, buscou-se conhecer os obstáculos presentes no cotidiano dos sujeitos com daltonismo, para que a partir desta compreensão ferramentas úteis fossem construídas. Nesse sentido, têm-se, na literatura, algumas pesquisas como as de Moura (2019) e Melo *et al.* (2014), que realizaram o levantamento das dificuldades comumente enfrentadas por daltônicos. Dentre elas, destacaram-se: identificar a cor de roupas, interpretar gráficos, infográficos e tabelas que utilizam cores como princípio de comunicação e identificar sinais de trânsito; além de questões mais específicas do ambiente escolar, tais como o aprendizado das cores durante a educação infantil, leitura do giz sobre a lousa, diferenciação das cores em legendas e reconhecimento delas durante reações químicas em laboratório. Surgem, também, relatos de discriminação e zombaria

relacionados ao daltonismo, que caracterizam processos de exclusão no ambiente escolar.

No entanto, a presente pesquisa se debruçou sobre o estudo da Química, sendo, portanto, necessário conhecer as dificuldades enfrentadas por esses sujeitos na área em questão. Por isso, foi realizado um estudo prévio, de caráter exploratório (Gil, 2002), por meio de um questionário virtual, o qual foi compartilhado

em um grupo de *WhatsApp*<sup>®</sup>, no qual integrantes daltônicos interagem e compartilham suas experiências. Participaram dessa etapa 16 sujeitos daltônicos com o Ensino Médio concluído, com faixa etária bastante ampla, variando dos 20 aos 57 anos de idade.

Para a construção do questionário, buscou-se elaborar questões que permitissem: traçar o perfil dos sujeitos investigados – idade e formação –, compreender os conteúdos químicos em que o daltonismo mais lhes causa/causou dificuldades, assim como as atividades escolares em que a deficiência lhes prejudica/prejudicava, e, por fim, levantar sugestões a respeito de ferramentas e ações que pudessem ser úteis para a educação inclusiva de estudantes daltônicos. Todas as questões foram cuidadosamente elaboradas para que fossem facilmente compreendidas e a ocorrência de erros relacionados às interpretações fosse minimizada (Fowler Jr., 2011).

Duas questões iniciais foram realizadas: 1) Sobre o estudo da Química no Ensino Médio: aponte os conteúdos em que o Daltonismo mais lhe causa/causava dificuldades (você pode marcar mais de uma opção); e 2) Sobre o estudo

Ampliando o escopo de afazeres e analisando a rotina comum de um sujeito em idade escolar, percebe-se que a dificuldade pode o acompanhar durante os estudos, na leitura de um livro didático, na diferenciação de zonas em um mapa ou na interpretação de uma reação química que evidencia a sua ocorrência pela mudança de coloração em uma atividade experimental.



da Química no Ensino Médio: descreva as atividades em que o Daltonismo mais lhe causa/causava dificuldades (ex: experimentos em laboratório, leitura do livro didático, etc.).

A primeira apresentou opções pré-estabelecidas que poderiam ser escolhidas pelo participante e as respostas foram distribuídas, especialmente, entre os conteúdos de pH e pOH, reações químicas, acidez e basicidade e Tabela Periódica, sendo esse último apontado como a maior dificuldade, tendo sido assinalado por 11 dos participantes (68,75%). A segunda, por sua vez, apresentou um espaço em branco para uma resposta descritiva. Aqui, destacam-se alguns aspectos relevantes: i) dois (12,50%) dos sujeitos revelaram ter vergonha de se expor em atividades como seminários; ii) outros oito (50,00%) respondentes indicaram ter dificuldade para interpretar o material didático, corroborando os resultados presentes na literatura como os de Moura (2019) e Melo *et al.* (2014); iii) as atividades experimentais aparecem como a principal problemática para esses sujeitos, tendo sido citadas por 13 participantes (81,25%).

Após terem apresentado suas dificuldades, os sujeitos da pesquisa foram convidados a fazer sugestões de ações e ferramentas que poderiam ser úteis para superar as dificuldades impostas pelo daltonismo durante o estudo da Química. Houve uma tendência por parte dos participantes de sugerir alternativas relacionadas à identificação das cores no material didático, seja através da utilização de símbolos ou, simplesmente, nomeando-as. Essa sugestão está presente em nove (60,00%) das 15 respostas obtidas, tendo maior frequência entre todas as alternativas propostas. Houve, também, uma preocupação dos participantes em encontrar alternativas para as atividades experimentais, surgindo como opções o trabalho em grupo e a utilização de indicadores de pH alternativos.

A partir dos dados obtidos foi possível concluir que a Tabela Periódica é o conteúdo mais difícil para os daltônicos, por isso optou-se pela construção de uma tabela acessível a esses sujeitos, que permita uma interpretação adequada da classificação periódica e das propriedades relacionadas a ela. Para permitir tal interpretação, uma das sugestões mais

recorrentes foi acolhida: representar as cores a fim de que elas não fossem a única linguagem utilizada no produto educacional.

### Elaboração da paleta de cores

O material foi produzido com base nos princípios de acessibilidade cromática, os quais auxiliam no desenvolvimento de projetos acessíveis para daltônicos, destacando a importância dos contrastes visuais e da simplicidade (Pereira, 2021; Mól e Dutra, 2020). Assume-se que a cor faz parte de diversos processos de comunicação, como comenta Pereira (2021), inclusive dentro dos espaços escolares, tornando-se um aspecto fundamental para a compreensão completa das informações. Esse fenômeno ocorre, também, na Tabela Periódica, em que os elementos estão comumente classificados por cores nos mais diversos livros didáticos. Fato que se apresenta como um obstáculo para o ensino de tal conteúdo aos estudantes daltônicos.

A construção de um produto educacional acessível envolvendo a Tabela Periódica precisa permitir que os indivíduos com deficiência cromática sejam capazes de diferenciar as classificações apresentadas. Para isso, o produto da pesquisa emprega uma linguagem universal e inclusiva conhecida por *ColorADD*, a qual utiliza símbolos para realizar a identificação das cores (ColorADD, 2022). O código, criado em 2008 por Miguel Neiva, na Universidade do Minho em Portugal, conforme comenta Lima (2015), representa as cores de forma gráfica e monocromática, baseando-se na utilização das cores primárias: azul, amarelo e vermelho, e também no branco e no preto para, a partir da combinação de seus símbolos, identificar todas as demais cores e intensidades (Figura 2).

Considerando os princípios destacados por Pereira (2021) e Mól e Dutra (2020) para a elaboração de um recurso acessível, foi necessário construir uma paleta de cores que fosse compreensível tanto para os sujeitos de visão normal quanto pelos sujeitos com daltonismo, já que a comunicação através das cores é parte fundamental da classificação periódica. Nesse sentido, a construção da paleta de cores



Figura 2: Sistema *ColorADD*. Fonte: ColorADD, 2022.



Figura 3: Teste de compatibilidade feito com as cores iniciais.

a ser utilizada ao longo da construção da Tabela Periódica objetivou a seleção de cores que, quando combinadas, não fossem confundidas.

Para tanto, foram selecionadas cinco cores iniciais: branco, amarelo, azul, vermelho e laranja, as quais, quando expostas ao simulador de daltonismo do website Adobe Color®, não apresentaram conflitos entre si. A Figura 3 apresenta, da esquerda para a direita, a sequência das cores listadas, bem como, de cima para baixo, a forma como são vistas por pessoas com deuteranopia, protanopia e tritanopia.

Percebe-se, pelo teste, que, apesar da visão simulada apresentar cores diferentes das originais, todas elas podem ser diferenciadas. Esse resultado descreve um conjunto de cores acessíveis e compatíveis entre si, já que a tendência de que os daltônicos as confundam será reduzida. A paleta de cores (Quadro 1) foi completada com outros dois tons de amarelo, vermelho e azul – diferentes dos originais – que, quando expostos ao mesmo simulador, também não apresentaram conflitos quanto a sua diferenciação por sujeitos daltônicos. As cores constituem o fundo das células que compõem a Tabela Periódica Acessível, sendo usadas para classificar os elementos.

Quadro 1 - Paleta de cores obtida após os testes

Nome da Cor	Cor
Branco	
Amarelo Claro	
Amarelo	
Amarelo Escuro	
Laranja	
Vermelho Claro	
Vermelho	
Vermelho Escuro	
Azul Claro	
Azul	
Azul Escuro	

As informações textuais e gráficas apresentadas nas tabelas, por sua vez, exigiram a escolha de cores com bom

contraste para que fossem legíveis (Mól e Dutra, 2020). Assim, o preto e o branco foram testados para cada cor da paleta através da ferramenta *Colorable*, que permitiu verificar a ocorrência de um bom contraste a partir dos resultados entre AA e AAA obtidos, que indicam um resultado otimizado (Pereira, 2021).

### Adaptação da Tabela Periódica clássica

Conforme as recomendações da União Internacional de Química Pura e Aplicada – IUPAC (2005), ao apresentar a Tabela Periódica, é possível agrupar determinados elementos de acordo com suas características físicas. Nesse contexto, a clássica representação da tabela utiliza as cores para classificar os elementos nos grupos atômicos aprovados pela IUPAC: Hidrogênio; Metais alcalinos; Metais alcalinos terrosos; Metais de transição; Metais de pós-transição; Semimetais; Não metais; Halogênios; Gases nobres; Lantanídeos e Actinídeos.

A tabela adaptada manteve a classificação típica, modificando apenas a sua representação, a qual mantém a cor como ferramenta de categorização dos elementos, mas, recebe os códigos do sistema *ColorADD* como alternativa acessível para a distinção das cores. Nesse sentido, surge a forma das células que compõem a tabela (Figura 4).

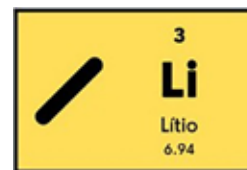


Figura 4: Célula do Lítio

A célula apresenta, em destaque, o símbolo do elemento (Li), acima dele, o número atômico e, abaixo, o respectivo nome e sua massa atômica. Também em destaque encontra-se o elemento gráfico à esquerda. A cor do fundo da célula, nesse caso a amarela, foi utilizada na classificação do elemento. Preocupou-se, sobretudo, em: apresentar células com contorno, o que permite a melhor percepção das suas delimitações; manter o layout simples, para que a leitura não exigisse demasiado esforço; replicar a distribuição clássica das informações, permitindo que qualquer estudante acostumado com a Tabela Periódica seja capaz de utilizar o recurso imediatamente (Pereira, 2021; Mól e Dutra, 2020).

Dessa etapa da pesquisa, surge o primeiro produto (Figura 5): uma Tabela Periódica Acessível baseada na representação clássica, em que cada cor representa um grupo de elementos com características semelhantes.

### Representações alternativas para o estudo das propriedades periódicas

O estudo das propriedades periódicas permite compreender como algumas propriedades dos elementos variam de acordo com o número atômico. Essa periodicidade pode ser observada devido à organização da tabela (Atkins *et al.*, 2010; Craveiro, 2013). Por isso, a Tabela Periódica se apresenta como uma ferramenta para a previsão da variação das seguintes propriedades (Atkins *et al.*, 2010; Craveiro, 2013): Raio atômico (RA); Energia de ionização (EI); Afinidade eletrônica (AE); Eletronegatividade (EN); Eletropositividade (EP) e Densidade absoluta.

A observação da periodicidade, no entanto, pode ser facilitada por uma representação alternativa da tabela, a qual

classifica os elementos de acordo com a grandeza dessas propriedades e mantém a cor como princípio fundamental de sua comunicação. Portanto, para além da adaptação da tabela descrita anteriormente, buscou-se construir representações capazes de evidenciar as variações das propriedades em função do número atômico dos elementos. Aqui, as tabelas propostas ainda são compostas pelas células no formato adaptado, que foi apresentado na Figura 4, mas a paleta de cores foi reduzida, limitando-se ao vermelho, laranja e aos três tons de amarelo.

Nessa etapa da pesquisa, foram construídas duas tabelas, as quais permitem a avaliação da variação das propriedades listadas anteriormente. A primeira das tabelas foi chamada de Tabela de Propriedades (Figura 6) e permite a verificação da variação das propriedades: RA; EI; AE; EN; EP. A segunda tabela alternativa, chamada de Tabela de Densidades (Figura 7), deve ser utilizada especialmente para a verificação da propriedade em questão, já que a variação da densidade com o número atômico é bastante distinta, se comparada às demais propriedades periódicas. Ressalta-se que, além

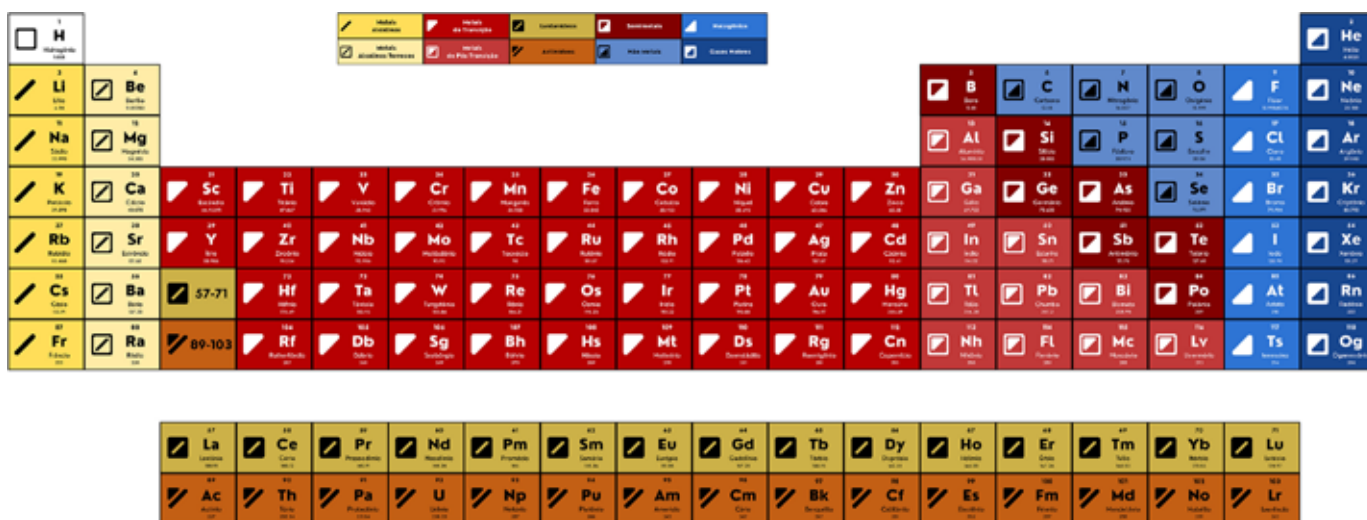


Figura 5: Tabela Periódica Acessível.

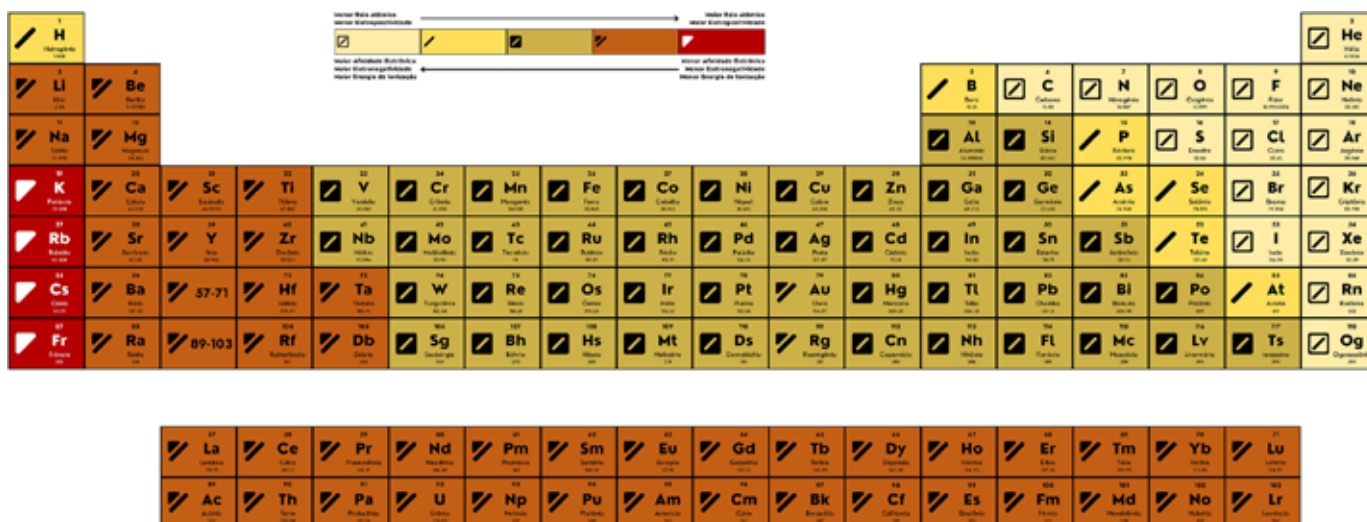


Figura 6: Tabela de Propriedades.



Figura 7: Tabela de Densidades.

da classificação feita pelas cores, a correta compreensão das variações dessas propriedades dependerá do indivíduo compreender que, dentro de cada cor, também há variação da grandeza das propriedades, sendo a cor apenas um parâmetro inicial para a interpretação dessas tabelas.

### Avaliação das tabelas

A etapa final da pesquisa buscou avaliar a aplicabilidade do produto educacional proposto. Para isso, construiu-se um segundo questionário virtual, o qual foi, igualmente, enviado via *WhatsApp*® para os integrantes do mesmo grupo da etapa inicial. A taxa de respostas obtidas foi, no entanto, reduzida, totalizando 11 participações, todas provenientes de pessoas com daltonismo que já haviam concluído o Ensino Médio.

Dos fatores que podem ter interferido na menor participação nessa etapa da pesquisa, destacam-se: i) o menor número de pessoas que receberam o questionário, que reduz a quantidade de participantes em potencial; ii) a maior complexidade das questões levantadas, que pode ter afastado parte dos sujeitos alcançados.

A primeira seção do questionário de avaliação da Tabela Periódica Acessível reuniu questões que exigiram dos sujeitos a manipulação das tabelas produzidas e previamente disponibilizadas. Avaliou-se a taxa de acertos das questões, o que constitui um primeiro indício da aplicabilidade das tabelas. As questões levantadas e suas respectivas taxas de acertos estão dispostas no Quadro 2.

Percebe-se que, em toda a primeira seção do questionário, pelo menos metade dos participantes obteve êxito ao responder às perguntas, fato que pode ser compreendido como positivo no que diz respeito à usabilidade das tabelas. Principalmente quando se nota que apenas na questão 5 houve menos de sete acertos. Das questões em que aparecem erros, cita-se a 2 devido à possibilidade de que o enunciado tenha sido mal compreendido, já que a mínima falta de atenção pode transformar o enunciado “qual dos símbolos abaixo não representa um elemento

Quadro 2 - Quantidade de acertos por questão

Questão	Enunciado	Número de Acertos
1	A respeito dos elementos classificados como Metais Alcalinos, qual dos símbolos abaixo não representa um elemento dessa classe?	11
2	A respeito dos elementos classificados como Metais de Transição, qual dos símbolos abaixo não representa um elemento dessa classe?	9
3	A respeito dos elementos classificados como Não Metais, qual dos símbolos abaixo não representa um elemento dessa classe?	11
4	Qual dos símbolos abaixo representa o elemento de maior Raio Atômico entre os listados?	8
5	Qual dos símbolos abaixo representa o elemento de menor Eletronegatividade entre os listados?	6
6	Qual dos símbolos abaixo representa o elemento de maior Densidade entre os listados?	7

dessa classe?” em “qual dos símbolos abaixo representa um elemento dessa classe?”.

As questões 4 e 5 exigiram, ambas, o uso da Tabela de Propriedades, porém, não houve a mesma eficiência na manipulação desta quando propriedades inversas foram avaliadas. Ainda, a questão 6 apresentou quatro erros, os quais, somados ao dito anteriormente, podem apontar para uma necessidade de que as legendas das tabelas sejam mais claras ao informar como se dá a variação das propriedades através das cores.

A segunda seção do questionário foi elaborada para que os participantes pudessem avaliar as tabelas após terem



realizado a manipulação do material ao longo da seção anterior. Nesse processo, avaliou-se, primeiramente, a clareza das informações que foram apresentadas e a qualidade da paleta de cores montada através de três questões, as quais são discutidas a seguir.

A primeira questão solicitou que os sujeitos avaliassem, com um valor de 1 a 5, sendo que 1 representa total discordância e 5 total concordância, a clareza com que as informações estão apresentadas nas tabelas. Obteve-se, assim, retornos positivos: nove (81,81 %) dos participantes avaliaram a clareza das informações com o valor máximo, enquanto outros dois atribuíram os valores 3 e 4. Assim, tem-se uma avaliação média com valor de 4,7, a partir da qual conclui-se que as informações foram apresentadas de forma eficiente, já que a avaliação geral se aproxima do valor máximo proposto.

Para essa questão, foram recebidos alguns comentários que permitem verificar uma boa aceitação dos símbolos, mas, também, alguma dificuldade que permanece pelo uso das cores. Dificuldade que pode ser consequência da pouca habitualidade com a leitura do código *ColorADD*, o que pode produzir uma tendência à interpretação direta das cores.

A segunda questão solicitou aos sujeitos que avaliassem a qualidade do contraste entre as cores de fundo e das informações gráficas e textuais apresentadas por meio de uma escala de cinco pontos idêntica à da questão anterior. Aqui os retornos foram variados, ainda assim, mais de 50% das avaliações foram positivas, indicando um contraste aceitável.

O valor médio da avaliação do contraste foi 3,5. Esse valor indica a existência de alguma dificuldade por parte dos sujeitos referente ao contraste das cores utilizadas. Porém, acredita-se que a construção da frase utilizada para a questão pode ter gerado ambiguidade, pois, apesar das intenções de avaliar o contraste entre a cor de fundo e a cor das informações apresentadas, tem-se a impressão de que alguns sujeitos atribuíram valores no intuito de avaliar a diferença entre as cores utilizadas para classificar os elementos.

A terceira questão apresentada foi: “Quanto às cores utilizadas para a construção das tabelas. Você acredita ser capaz de distingui-las caso os códigos do sistema *ColorAdd* não fossem utilizados?”. Por conta das respostas obtidas, percebe-se que a paleta construída não é totalmente eficiente, pois nenhum sujeito foi capaz de diferenciar a totalidade das cores utilizadas sem o auxílio do sistema de códigos. Ao mesmo tempo, apenas um dos sujeitos apontou não ter sido capaz de diferenciar nenhuma das cores. Portanto, infere-se que a inclusão ocorre eficientemente quando as ferramentas disponíveis são unificadas, já que, na ausência do código *ColorADD*, a paleta construída não seria suficiente para a correta compreensão das informações.

Por fim, duas outras questões foram apresentadas: 4)

“Quanto às dificuldades que possam ter surgido durante a resolução do questionário. Você acredita que elas tenham sido causadas mais por conta da sua pouca familiaridade com a Tabela Periódica ou por conta de uma possível ineficiência da Tabela Periódica Acessível?” e 5) “Você acredita que uma tabela semelhante às apresentadas teria sido útil durante o seu período no Ensino Médio?”.

A quarta questão permitiu concluir que as principais dificuldades apresentadas pelos sujeitos que participaram da pesquisa durante a manipulação das tabelas ao longo da primeira seção surgiram, principalmente, pela pouca familiaridade deles com a Tabela Periódica. Conclusão que pode ser feita a partir do fato de que apenas dois dos participantes apontaram as tabelas construídas como ineficientes. Há, no entanto, dois fatos a serem considerados: i) um dos sujeitos que apontou a tabela acessível como ineficiente acertou todas as questões da primeira seção, nas quais precisou manipular o material para buscar as respostas; ii) nenhum dos sujeitos que afirmou que o material é ineficiente complementou sua avaliação com algum comentário. Portanto, as conclusões que surgem a respeito dos aspectos passíveis de aprimoramento no material construído estão baseadas nas questões

anteriores e indicam que a paleta de cores pode ser modificada a fim de se obter uma paleta mais acessível e que a legenda das tabelas pode se tornar mais clara.

A última questão permitiu confirmar que, apesar de imperfeito, o material produzido alcança seu objetivo maior de permitir aos daltônicos uma leitura mais efetiva da Tabela Periódica, já que todos

os participantes concordam que um material semelhante ao produto educacional, fruto da pesquisa, teria sido útil ao longo do Ensino Médio.

## Conclusões

Durante a etapa de estudo prévio, evidenciou-se a pouca presença do tema abordado nesse artigo na literatura científica, fato que representa uma problemática ao ensino inclusivo: o daltonismo, apesar de bastante frequente na população brasileira, não está em debate. Nesse sentido, acredita-se que o trabalho desenvolvido surge como uma alternativa para que indivíduos daltônicos recebam maior visibilidade.

Ao entrar em contato direto com os sujeitos da pesquisa, foi possível estabelecer com clareza as dificuldades mais comuns impostas pelo daltonismo ao aprendizado em Química. Destacam-se os problemas relacionados às atividades experimentais evidenciadas pela mudança de cor, que indicam a necessidade de metodologias cooperativas para que o daltônico não seja excluído. Ainda, enfatiza-se a frequente dificuldade encontrada por esses sujeitos para interpretar as informações de materiais didáticos inacessíveis, que sugere a necessidade de novas práticas durante a elaboração de

Durante a etapa de estudo prévio, evidenciou-se a pouca presença do tema abordado nesse artigo na literatura científica, fato que representa uma problemática ao ensino inclusivo: o daltonismo, apesar de bastante frequente na população brasileira, não está em debate.

gráficos, tabelas e demais materiais que venham a usar a cor como princípio de comunicação. O material didático, enquanto ferramenta fundamental para o processo de ensino e aprendizagem, precisa ser acessível para todos os estudantes.

Buscando tornar acessível um dos pilares da Química (César *et al.*, 2015; Ferreira *et al.*, 2016), construiu-se um conjunto de Tabelas Periódicas por meio de uma sequência metodológica que implicou no estabelecimento de uma paleta de cores apropriada e na organização de um layout que permitiu apresentar as informações com clareza, ao mesmo tempo em que se buscou não se afastar do modelo já estabelecido para a representação da Tabela Periódica. Surgem, assim, três tabelas acessíveis aplicáveis para diferentes contextos.

Acredita-se que as ferramentas utilizadas durante a elaboração da paleta de cores permitiram a escolha de cores passíveis de diferenciação em algum grau por parte dos indivíduos daltônicos, no entanto a eficiência do processo não foi ótima, já que algumas permaneceram indistinguíveis para os sujeitos da pesquisa. Assim, a acessibilidade só foi alcançada a partir da união dessa paleta e da representação gráfica

das cores estabelecida por meio do código *ColorADD*. O layout definido, por sua vez, permitiu a correta distribuição das informações necessárias, o que, junto de um contraste bem definido, não impôs barreiras para a interpretação do material.

Entende-se que a pesquisa desenvolvida é apenas o passo inicial de uma caminhada longa que exige dedicação e esforço coletivo para que a educação inclusiva se torne cada vez mais eficiente. Em especial aos sujeitos com discromatopsia, espera-se que as discussões levantadas sejam ferramenta de divulgação, trazendo o daltonismo para o alcance das futuras pesquisas e debates a serem realizados no âmbito do ensino e da inclusão.

**Pedro Soares Vasconcellos** (pedro.vasconcellos@ufrgs.br), licenciado em Química pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul e mestrando do Programa de Pós-Graduação em Química (PPGQ) da UFRGS. Porto Alegre, RS – BR. **Maurício Selvero Pazinato** (mauricio.pazinato@ufrgs.br), licenciado em Química e doutor em Educação em Ciências pela Universidade Federal de Santa Maria. Professor do Instituto de Química (Departamento de Química Orgânica) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS – BR.

## Referências

ATKINS, P.; OVERTON, T.; ROURKE, J.; WELLER, M.; ARMSTRONG, F. e HAGERMAN, M. *Inorganic Chemistry*. Nova Iorque: W. H. Freeman and Company, 2010.

BRASIL. *Lei Nº 13.146, de 6 de julho de 2015*. Institui a lei brasileira de inclusão da pessoa com deficiência. Brasília: Estatuto da Pessoa com Deficiência, 2015.

BRUNI, L. F. e CRUZ, A. A. V. Sentido cromático: tipos de defeitos e testes de avaliação clínica. *Arquivos Brasileiros de Oftalmologia*, v. 69, n. 5, p. 766-775, 2006.

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.

ColorADD. Disponível em: <https://www.coloradd.net/pt/>, acesso em mar. 2022.

CRAVEIRO, A. C. *Química Geral e Orgânica*. Fortaleza: UECE, 2013.

FARINA, M.; PEREZ, C. e BASTOS, D. *Psicodinâmica das Cores em Comunicação*. São Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda, 2006.

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

FOWLER JR., F. J. *Pesquisa de Levantamento*. Porto Alegre: Penso, 2011.

GIL, A. C. *Como elaborar projetos de pesquisa*. São Paulo: Editora Atlas, 2002.

IUPAC. *Nomenclature of inorganic chemistry: IUPAC*

*recommendations 2005*. Cambridge: RSC Publishing, 2005.

ISHIHARA, S. *The series of plates designed as a test for colour-blindness*. Tóquio: Kanehara Shuppan, 1972.

LIMA, A. C. *Brinquedo e jogo interativo, com foco no incentivo a aprendizagem do sistema de identificação das cores pra daltônicos - Color ADD*. 2015. 103 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Design) - Centro de Ciências Aplicadas e Educação, Universidade Federal da Paraíba, Rio Tinto, 2015.

MELO, D. G.; GALON, J. E. V. e FONTANELLA, B. J. B. Os “daltônicos” e suas dificuldades: condição negligenciada no Brasil? *Physis: Revista de Saúde Coletiva*, v. 24, n. 4, p. 1229-1253, 2014.

MÓL, G. S. e DUTRA, A. A. Construindo materiais didáticos acessíveis para o ensino de Ciências. In: PEROVANO, L. P. e MELO, D. C. F. *Práticas inclusivas: saberes, estratégias e recursos didáticos*. Campos dos Goyatacazes: Encontrografia, 2020. Cap. 1, p. 14-35.

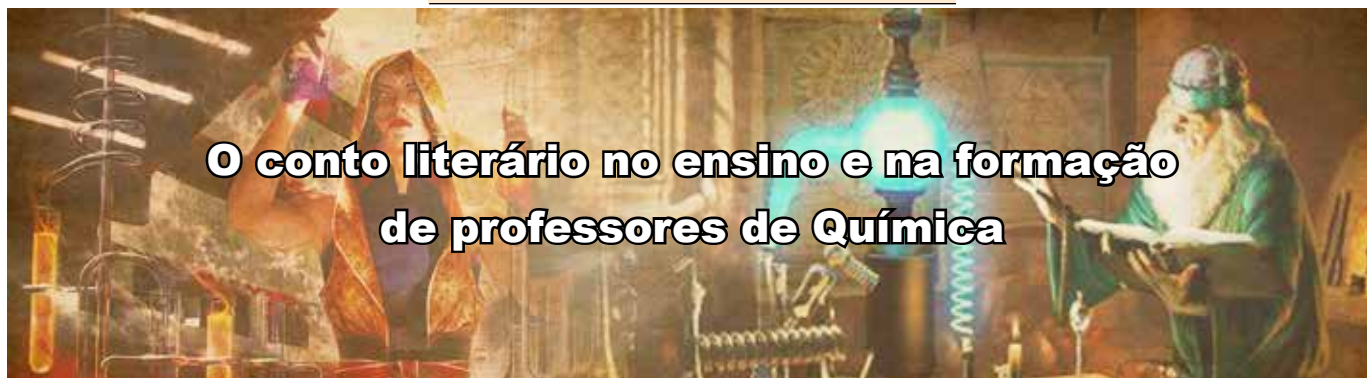
MOURA, M. *Detetive das cores: aplicativo para identificação e assimilação das cores para crianças daltônicas*. 2019. 60 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Comunicação Visual - Design) - Escola de Belas Artes, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019.

PEREIRA, T. *Guia de acessibilidade cromática para daltonismo: princípios para profissionais da indústria criativa*. Santa Maria: UFSM, 2021.

SCHNEID, F. H. Daltonismo: sob o olhar da optometria. In: LUIZ, J. M. e MOTA, R. S. *Possibilidades de inclusão, desconstruindo as barreiras do daltonismo*. Jundiaí: Paco Editorial, 2020. Cap. 1, p. 10-18.

**Abstract:** An accessible representation of the Periodic Table for colorblind students. Inclusive education seeks to guarantee everyone access to quality education, but some subjects, such as colorblind people, are not usually the focus of studies in this area. So, the article seeks to highlight them in the context of Education in Chemistry through the elaboration of an Accessible Periodic Table to Colorblind People. For this, a survey of the main difficulties of these subjects regarding the study of Chemistry and suggestions for inclusive teaching was carried out. The Accessible Periodic Table was built based on principles of chromatic accessibility and evaluated by the subjects regarding its usability. We noticed that colorblind people have difficulty with experimental activities that require the interpretation of graphics based on colors. The usability of the table was proven through the proposed evaluation. Above all, we highlight the positive comments received regarding the usefulness of the product, which was able to meet the objectives initially established.

**Keywords:** colorblindness, accessible periodic table, inclusive education.



## O conto literário no ensino e na formação de professores de Química

**Ana Caroline da Silva, Henrique Manoel C. de Ávila, Daiane Q. de Oliveira e Fábio P. Gonçalves**

Ciência e Literatura são áreas do conhecimento cuja presença na Educação em Ciências, de modo geral, tem sido incentivada. Vários trabalhos sinalizam possibilidades e desafios relativos à aproximação entre Ensino de Química e Literatura. De maneira a colaborar com essa aproximação, o presente trabalho tem o objetivo de refletir sobre uma possibilidade educativa no âmbito da formação inicial de professores e do Ensino Médio, contemplando Ensino de Química e Literatura. Serão socializadas práticas educativas que utilizaram, na formação inicial de professores de Química e na componente curricular Química no Ensino Médio, os contos “O Capitão Mendonça”, de Machado de Assis, e “Ma-Hôre”, de Rachel de Queiroz. Destaca-se que as práticas educativas foram relevantes para incentivar docentes a articularem Ensino de Química e Literatura e favorecer uma formação cultural mais ampla de estudantes de Ensino Médio, sem, contudo, negar a importância da aprendizagem da Química.

► ensino de química, literatura, leitura ◀

Recebido em 11/10/2022, aceito em 02/02/2023

275

**A** aproximação entre Ensino de Química e Literatura tem sido objeto de discussão. Há trabalhos que têm se dedicado a analisar a potencialidade de obras literárias para serem articuladas ao Ensino de Química.

Por exemplo, Silveira e Zanetic (2016, 2017) analisaram a potencialidade da abordagem de obras de Monteiro Lobato (1882-1948) no âmbito do Ensino de Química. Já Silva (2011) sinaliza a possibilidade de se desenvolver atividades na formação inicial de professores de Química utilizando poemas do português Antonio Gedeão (1906-1997).

Há outros trabalhos que analisam a utilização das obras literárias no processo de ensino e aprendizagem de Química ou na formação de professores dessa Ciência. Merece destaque a obra de Primo Levi (1919-1987) intitulada *A tabela periódica* (Levi, 1994), publicada originalmente em 1975. Por exemplo, Osório *et al.* (2007) utilizaram parte do livro em aulas de Química na educação superior e, por meio de um relato de experiência, apontam a contribuição da atividade da leitura de um trecho da obra literária para favorecer a explicitação de conhecimentos discentes e a resolução de

**De ambos os trabalhos que utilizaram a obra de Primo Levi na formação inicial de professores, depreende-se a defesa de fomentar a prática da leitura de obras literárias entre estudantes de licenciatura em Química.**

problemas. Na formação de professores de Química, têm-se como exemplos os trabalhos de Sá (2020) e Leonardo Júnior *et al.* (2021). A primeira autora identificou conhecimentos mobilizados por estudantes de uma componente curricular

em um curso de licenciatura em Química a partir da leitura de capítulos de *A tabela periódica*. Na pesquisa, ficaram caracterizados conhecimentos a respeito da Natureza da Ciência, das interações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) e da escolha de conteúdos, etc. Já Leonardo Júnior

*et al.* (2021) relatam duas experiências de estágio supervisionado em um curso de licenciatura em Química em que se trabalhou com *A tabela periódica*. Em suma, os autores chamam a atenção para a importância das experiências para a ampliação da formação cultural e filosófica de docentes de Química. De ambos os trabalhos que utilizaram a obra de Primo Levi na formação inicial de professores, depreende-se a defesa de fomentar a prática da leitura de obras literárias entre estudantes de licenciatura em Química. Entende-se que isso colabora para uma formação cultural mais dilatada de docentes em formação inicial.





Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo refletir sobre uma possibilidade de articulação entre Ensino de Química e Literatura no âmbito da formação inicial de professores e do Ensino Médio. Para tanto, apresenta-se uma prática educativa que explorou os contos “O Capitão Mendonça” (Assis, 1870), de Machado de Assis (1839-1908), e “Ma-Hôre”<sup>1</sup> (Queiroz, 2011), da autora Rachel de Queiroz (1910-2003), na formação inicial de professores de Química, e uma prática educativa que utilizou o conto “O Capitão Mendonça” na componente curricular Química no Ensino Médio. Cumpre registrar que, em um levantamento bibliográfico realizado por Ribeiro *et al.* (2016) acerca da articulação entre Ensino de Ciências da Natureza e Literatura, os contos supracitados não foram objetos de estudo nem de práticas educativas nos trabalhos identificados na área de Educação em Ciências. Os resultados mais recentes apreendidos pelo trabalho de Santos e Francisco Junior (2023), que examinou produções acadêmicas brasileiras disseminadas entre 2010 e 2021 em periódicos da área de Educação em Ciências no que concerne à leitura em aulas de Química, também silenciam a respeito de práticas educativas com os contos mencionados de Machado de Assis e Rachel de Queiroz.

### **Ciência e Literatura: implicações para o Ensino de Química/ Ciências**

A Ciência é fonte de inspiração para muitos artistas. Podemos destacar alguns escritores que se aventuraram no mundo científico ou que utilizaram explicações científicas em suas pesquisas sobre o mundo e o humano. São eles: Novalis, Johann Wolfgang von Goethe, Thomas Mann, Robert Musil, Aldous Huxley, Émile Zola, Primo Levi, Alfred Jarry. Podemos perceber, nas obras desses autores, que eles utilizaram a Ciência como inspiração e para enfatizar como ela influencia nossa vida, tanto na constituição de valores, quanto na problematização do mundo (Vilarouca, 2010). Contudo, pode parecer enigmático o inverso, isto é, a inspiração de cientistas na Literatura, ou ainda, a aproximação entre Ensino de Ciências da Natureza e Literatura.

A licença permitida ao texto literário possibilita denunciar e anunciar a realidade. Por meio da Literatura, podemos mergulhar no mar sem fim da imaginação. Italo Calvino diz que:

*A excessiva ambição de propósitos pode ser reprovada em muitos campos da atividade humana, mas não na literatura. A literatura só pode viver se se propõe a objetivos desmesurados, até mesmo para além de suas possibilidades de realização. Só se poetas e escritores se lançarem a empresas que ninguém mais ousaria imaginar é que a literatura continuará a ter*

*uma função. No momento em que a ciência desconfia das explicações gerais e das soluções que não sejam setoriais e especialísticas, o grande desafio para a literatura é o de saber tecer em conjunto os diversos saberes e os diversos códigos numa visão pluralista e multifacetada do mundo* (Calvino, 1990, p. 127).

Considerando que o texto literário tem o artifício de transcender o que é axiomático, torna-se mais compreensível como podemos problematizar mitos e visões distorcidas sobre o desenvolvimento da Ciência e da Tecnologia por meio das obras literárias.

Calvino (1990), ao descrever seu processo de escrita, explica que, quando o “mundo” humano parece pesado, sente a necessidade de “voar” para outros espaços. Esse ato de “voar” não é uma fuga para um sonho ou o irracional, mas uma mudança de ponto de vista, ou seja, Calvino remete à necessidade de considerar o mundo sob outra perspectiva e por meio de outros conhecimentos:

**Calvino (1990), ao descrever seu processo de escrita, explica que, quando o “mundo” humano parece pesado, sente a necessidade de “voar” para outros espaços. Esse ato de “voar” não é uma fuga para um sonho ou o irracional, mas uma mudança de ponto de vista [...].**

*No universo infinito da literatura sempre se abrem outros caminhos a explorar, novíssimos ou bem antigos, estilos e formas que podem mudar nossa imagem do mundo... Mas se a literatura não basta para me assegurar que não estou apenas perseguindo sonhos, então busco na ciência alimento para as minhas visões das quais todo pesadume tenha sido excluído...* (Calvino, 1990, p.19-20).

Calvino explicita como busca inspiração na Ciência para compor suas obras. Vilarouca (2010), ao analisar a obra *As cosmológicas*, de Italo Calvino, aponta a apropriação, pelo autor, do discurso científico em sua narrativa; nas palavras de Vilarouca (2010), Calvino traça “um paralelo entre o discurso científico e o literário, assumindo que ambos, apesar de suas especificidades, são discursos igualmente válidos sobre o mundo e em que isso é relevante para a experiência humana” (Vilarouca, 2010, p. 364).

Zanetic (2006) classifica os escritores de duas formas: o escritor com veia científica e o cientista com veia literária, e assim como a Ciência inspira os artistas, a Arte também inspira os cientistas. Zanetic (2006) reforça que é necessário construir uma ponte entre a cultura humanística e científica. Mesmo que essas áreas pareçam antagônicas, temos muito a ganhar em educação e humanidade com a sua aproximação. É uma aproximação necessária, pois não devemos endossar apenas a visão de mundo que valoriza o pensamento científico (Zanetic, 2006).

A Literatura é uma forma de a sociedade expressar seus medos e esperanças relacionados com o conhecimento científico e tecnológico e de retratar as imagens e mitos sobre Ciência e Tecnologia. A literatura fantástica produzida na



Antiguidade já indagava os possíveis caminhos do desenvolvimento científico e tecnológico. Por ser uma construção humana, o texto literário está impregnado de visões de mundo e posicionamentos políticos condicionados pela sociedade em que foi criado. Dessa forma, as questões intrínsecas à organização e aos campos de atuação social, como gênero, raça, classe, ocupação, trabalho, etc., influenciam as produções literárias e as representações sobre Ciência (de la Rocque; Teixeira, 2001).

Segundo Galvão (2006), podemos explorar as obras literárias, definindo a Ciência na narrativa; as culturas que estejam em confronto ou interação; se a dimensão social e literária se beneficia dos conceitos científicos; as vantagens que a visão multidimensional e complexa de cultura proporciona e como a subjetividade se cruza com a objetividade da Ciência.

Silva (1998) ressalta que criatividade, imaginação e fantasia não são características exclusivas das aulas de Literatura ou Arte, apesar de serem historicamente legadas a essas áreas do conhecimento. Essas visões compartimentadas favorecem barreiras entre os textos literários e científicos. Acreditar que o trabalho do cientista envolve leis e que por isso ele deve trabalhar sem sentimentos e imaginação e que o escritor literário deve trabalhar sem cientificidade, já que seu trabalho envolve fantasia, afetividade e sentimento, cria uma barreira entre “razão e sensibilidade”. Esse entendimento pode estar presente no processo de escolha de textos por professores da área de Ciências da Natureza, bem como no modo como orientam as práticas de leitura.

A articulação entre Ciência e Literatura tem muito a contribuir ao processo de ensino e aprendizagem de Ciências da Natureza, pois tal articulação pode colaborar para que se explorem, além de conceitos científicos, também questões sociais, filosóficas e históricas relacionadas ao desenvolvimento científico e tecnológico. Ademais, tal articulação endossa a importância do compromisso que o professor pode assumir, independentemente de sua área de atuação, com o desenvolvimento da leitura. Afinal, a leitura do mundo antecede a leitura da palavra, mas a leitura da palavra permite que continuemos lendo o mundo (Freire, 2006).

### Aproximação entre Ensino de Química e Literatura na formação inicial de professores de Química

Desenvolveu-se uma proposta formativa envolvendo a articulação entre Ensino de Química e Literatura em uma componente curricular de um curso de licenciatura em Química de uma instituição pública brasileira. Essa proposta foi realizada na modalidade de ensino remoto emergencial, durante a pandemia de covid-19, e constituía uma parte da componente curricular de 72 horas-aula. A proposta foi desenvolvida em duas turmas, em semestres letivos diferentes, com algumas alterações em decorrência de características das turmas, a serem comentadas posteriormente. Na primeira turma, havia um docente, uma estagiária de docência de um programa de pós-graduação da área de Ensino em Ciências

da Natureza e três estudantes de licenciatura. Na segunda turma, havia um docente e 10 estudantes.

Neste trabalho, serão socializadas somente as atividades relativas à articulação entre Ensino de Química e Literatura que envolviam a utilização de contos, uma vez que a proposta formativa mais ampla contemplou, além de contos, outras obras literárias e a análise dessas obras a partir de referências que discutem as interações CTS no Ensino de Ciências da Natureza. As atividades caracterizaram-se como síncronas e assíncronas e estão sintetizadas no Quadro 1. Cada atividade (síncrona/assíncrona) correspondia a um período de 2 horas-aula, portanto, somente essa parte da proposta formativa que fomenta a aproximação entre Ensino de Química e Literatura totalizou 12 horas-aula. Todas as atividades foram realizadas por meio da plataforma MOODLE (*Object-Oriented Dynamic Learning Environment*). Cumpre registrar que, antes do estudo sobre Ensino de Química e Literatura, o conteúdo programático desenvolvido foi Ensino de Química e Leitura.

Essa proposta foi desenvolvida integralmente em uma das

Quadro 1: Atividades com contos literários na formação inicial de professores de Química

Atividade	Descrição
1. Assíncrona	De modo a apreender os conhecimentos iniciais das turmas sobre as possibilidades de articulação entre Ensino de Química e Literatura, foi encaminhada uma atividade assíncrona que solicitava a elaboração (individual ou em dupla) de um plano de aula de Química para o Ensino Médio que contemplasse a utilização do conto “O Capitão Mendonça”, de Machado de Assis (Assis, 1870). Para tanto, foi necessária a leitura prévia do conto.
2. Síncrona	As produções discentes da atividade assíncrona foram discutidas com a mediação docente.
3. Assíncrona	Foi solicitada a leitura do conto “Ma-Hôre”, da autora Rachel de Queiroz (Queiroz, 2011), e respostas individuais e por escrito às seguintes questões: 1. O que mais chamou a sua atenção no conto? 2. Comente sobre a(s) potencialidade(s) do conto para ser utilizado em aulas de Química no Ensino Médio.
4. Síncrona	As produções discentes da atividade assíncrona anterior foram discutidas com a mediação docente.
5. Assíncrona	Foram requeridas uma resenha crítica relativa ao artigo “Física e literatura: construindo uma ponte entre as duas culturas” (Zanetic, 2006) e a elaboração de três questões concernentes ao artigo para fomentar a discussão na atividade síncrona seguinte.
6. Síncrona	Discussão com a mediação docente a partir das questões discentes elaboradas na atividade assíncrona anterior.

turmas, e na outra foram realizadas as atividades 1, 2 e 5, uma vez que a turma precisou antecipar as atividades de planejamento de um estágio supervisionado, que também se constituía em um dos objetivos da componente curricular. Na segunda turma, a atividade 5 foi modificada. Foram solicitadas a leitura da Introdução da referência e da seção “As duas culturas” e a elaboração de pelo menos uma questão para discussão a partir da leitura da referência.

O conto “O Capitão Mendonça” narra, inicialmente, o encontro entre Amaral e Capitão Mendonça em uma peça de teatro. Devido a esse encontro, Amaral tem a oportunidade de conhecer Augusta, apresentada a ele como filha do Capitão Mendonça. Porém, Augusta era uma obra criada com produtos químicos pelo Capitão Mendonça em um laboratório. O Capitão Mendonça revela a Amaral que, para este efetivar a união com a desejada Augusta, precisa submeter-se a um procedimento, que consistia na injeção de “éter” em uma cavidade do seu cérebro. O final do conto tem as características da literatura de Machado de Assis.

Já o conto “Ma-Horê” narra a história de uma tripulação de seres humanos em contato com outro planeta, denominado Talô. A tripulação conhece um pequeno habitante desse planeta: Ma-Hôre. O conto vai tratar da interação deste ser com a tripulação na viagem de volta ao planeta Terra. Na qualidade de um conto de Ficção Científica, a obra é permeada de conhecimentos científicos. Assim como o conto de Machado de Assis, pode favorecer a discussão das implicações da Ciência e da Tecnologia.

Durante toda a proposta, buscou-se uma interação permanente com o conhecimento explicitado pela turma, tanto nas atividades assíncronas quanto nas síncronas. Em síntese, foi adotada a proposta teórico-metodológica descrita por Gonçalves, Biagini e Guaita (2019) em que se fomentam momentos de explicitação dos conhecimentos discentes (sejam aqueles que trazem consigo, sejam aqueles oriundos, em alguma medida, do que aprendem no processo formativo na licenciatura) e de apropriação de novos conhecimentos. Nesse processo, tem-se a problematização como uma mediadora. Entende-se a problematização no sentido exposto por Freire (1977), para quem qualquer conteúdo pode ser problematizado. Ele acrescenta:

*No fundo, em seu processo, a problematização é a reflexão que alguém exerce sobre um conteúdo, fruto de um ato, ou sobre o próprio ato, para agir melhor, com os demais na realidade. Não há problematização sem esta última (Daí que a própria discussão sobre o além deva ter, como ponto de partida, a discussão sobre o aqui, que, para o homem, é sempre um agora igualmente) (Freire, 1977, p. 82-83).*

O conto “O Capitão Mendonça” narra, inicialmente, o encontro entre Amaral e Capitão Mendonça em uma peça de teatro. Devido a esse encontro, Amaral tem a oportunidade de conhecer Augusta, apresentada a ele como filha do Capitão Mendonça. Porém, Augusta era uma obra criada com produtos químicos pelo Capitão Mendonça em um laboratório.

Com base no diálogo problematizador promovido com a turma a respeito de seus conhecimentos e do conteúdo estudado, também se tinha a pretensão de favorecer reflexões sobre as possibilidades de desenvolver atividades que contemplassem a aproximação entre Ensino de Química e Literatura no estágio supervisionado que as turmas desenvolveriam em semestre posterior, sob a supervisão do mesmo docente.

Em ambas as turmas, já na primeira atividade, que visava apreender os conhecimentos iniciais acerca de possibilidades de articulação entre Ensino de Química e Literatura, parte dos estudantes inseriu em seus planejamentos a proposição de dinâmicas para favorecer a explicitação de conhecimentos discentes, antes propriamente da leitura do conto. O respeito aos conhecimentos que os estudantes trazem consigo para o processo de leitura foi previamente estudado na componente curricular no

conteúdo programático “Ensino de Química e Leitura”. De outra parte, sugestões de como explorar o conto “O Capitão Mendonça” foram recorrentes, associando-o somente aos conhecimentos da área de Química que o conto apresenta. Foi objeto do diálogo problematizador na atividade síncrona o modo de planejar e desenvolver a leitura dos contos em aulas de Química no Ensino Médio, de maneira a afastar-se de uma visão mais problemática de leitura que desconsidera os conhecimentos que os estudantes trazem consigo para o processo de leitura e que o caracteriza como uma atividade de caráter puramente individual.

Na turma que realizou as atividades relativas à leitura do conto “Ma-Hôre”, foi possível identificar que superaram a possibilidade de utilizar a obra literária no Ensino de Química apenas para explorar conteúdos conceituais da Química. Sobressaíram-se considerações que favoreceriam discussões sobre as interações CTS em aulas de Química que pudessem ser fomentadas pela leitura do conto. Reflexões dessa natureza já haviam sido incentivadas pela mediação docente na atividade síncrona relativa ao conto “O Capitão Mendonça”.

As atividades 5 e 6 tinham a finalidade de favorecer a apropriação de conhecimentos teoricamente fundamentados sobre a aproximação entre Ensino de Ciências e Literatura<sup>ii</sup>. A importância de tal apropriação de conhecimentos relacionava-se não somente com as atividades realizadas até o momento, mas também com aquelas que prosseguiram com o estudo de outras obras literárias.

Cumprir notar que a proposição de articulação entre Ensino de Química e Literatura por meio de contos sofre a influência dos conhecimentos discentes sobre Literatura. Na qualidade de leitores, estudantes de licenciatura em Química não obrigatoriamente têm esse gênero literário como uma opção de leitura, nem a Literatura canônica, como pode

ser compreendida aquela de Machado de Assis e Rachel de Queiroz. Entende-se que esses conhecimentos e opções precisam ser respeitados.

Todas essas atividades também constituíram parte de um trabalho de pesquisa mais amplo e estão sob análise no contexto de uma investigação sobre formação de professores de Química (Oliveira, 2023), o que será disseminado em publicações futuras. Inclusive, a análise sistematizada da potencialidade dos contos “O Capitão Mendonça”, de Machado de Assis, e “Ma-Hôre”, de Rachel de Queiroz, para o Ensino de Química é objeto de outro trabalho.

### Aproximação entre Ensino de Química e Literatura na Educação Básica

Um dos planos de aula elaborados por uma dupla de licenciandos em Química na proposta formativa caracterizada anteriormente foi desenvolvido em seis turmas de Ensino Médio (de primeiro, segundo e terceiro ano) por um de seus autores, na qualidade de docente de Química na escola. Para tanto, foram realizadas alterações no plano de aula, sem, contudo, modificar o seu propósito de favorecer a aproximação entre Ensino de Química e Literatura.

Os objetivos da aula foram: discutir um conto literário e fazer uma aproximação com o Ensino de Química; identificar características de um cientista e comparar o texto com a realidade concreta e a realidade da época; favorecer a apreensão

Os objetivos da aula foram: discutir um conto literário e fazer uma aproximação com o Ensino de Química; identificar características de um cientista e comparar o texto com a realidade concreta e a realidade da época; favorecer a apreensão e enriquecimento dos conhecimentos discentes a respeito da Ciência e do que é um cientista. O conto utilizado foi “O Capitão Mendonça”, de Machado de Assis.

e enriquecimento dos conhecimentos discentes a respeito da Ciência e do que é um cientista. O conto utilizado foi “O Capitão Mendonça”, de Machado de Assis.

O desenvolvimento metodológico da aula dividiu-se em três partes, apresentadas no Quadro 2.

A fim de respeitar as especificidades das turmas, as discussões epistemológicas foram diferentes em cada uma delas.

Primeiramente, quando se propôs a leitura de um texto literário durante uma aula de Química, os estudantes ficaram surpresos e falaram que nunca haviam realizado a leitura de textos de literatura em aulas de Ciências da Natureza. Alguns, com afinidade pela área de Ciências Humanas, mesmo sem entender inicialmente o objetivo da atividade, mostraram-se mais animados que os demais alunos. Evidentemente que escolas de Educação Básica, de modo geral, compulsoriamente, estão habituadas a um ensino fortemente disciplinar, com uma divisão rígida entre componentes curriculares, sem levar em consideração a transversalidade da realidade em que estão inseridos os estudantes (Thiesen, 2008).

A segunda surpresa para os estudantes foi a forma como o texto foi lido. Inicialmente, imaginavam que não conseguiriam entender o conto, visto que um único texto impresso foi separado em partes e entregue aos grupos.

Antes de iniciar a leitura, o docente forneceu informações primordiais para a compreensão da história do conto, como o nome dos personagens e suas características. Em seguida,

Quadro 2: Desenvolvimento metodológico da aula no Ensino Médio

Atividade	Descrição
Leitura e socialização do conto “O Capitão Mendonça”	No início da aula, foi realizada a divisão da sala em grupos para leitura do conto; dependendo da quantidade de estudantes presentes na sala, formaram-se grupos de dois a três integrantes, e o texto foi dividido em cinco ou seis partes. Cada grupo recebeu um trecho do texto e, após a leitura, seguindo a estrutura do conto, explicitou o exposto no trecho lido por meio de um resumo oral.
Discussão e reflexão	A discussão foi realizada com base nos seguintes questionamentos: 1. Os aspectos descritivos do texto apontam para um período histórico. Como você imagina o contexto científico da época? 2. Ao ler o texto, você se deparou com o uso de vários termos químicos. Da maneira como estão empregados, você enxerga coerência, baseado no que hoje entendemos como Ciência? Se identificou algum erro, qual seria? 3. Você concorda com a frase “A verdade desconhecida não deixa de ser verdade. É verdade por si mesma, não é pelo consenso público”? Por quê? 4. O que o Capitão quis dizer com a seguinte frase: “Tenho a felicidade nas mãos, não a faço depender de vãos preconceitos sociais”? Será que a Ciência é despreendida de preceitos sociais? O texto relata a criação de um gênio por meio da injeção de um composto químico no cérebro. Historicamente, a Ciência foi pintada como um artefato pertencente a gênios. Como você acredita que a Ciência é construída? Existem gênios?
Direcionamento	Ao final da discussão, os alunos foram convidados a refletirem sobre o período histórico em que se passa a história do conto e o que os cientistas da época efetivamente estudavam. Para isso, o professor-mediador solicitou uma pesquisa com o tema: “cientistas que viveram entre 1800-1900”.

foi solicitada a leitura das partes do conto, e o docente, de forma solícita, aguardou que os discentes pedissem a sua mediação. Assim que os grupos terminaram a leitura, o professor fez explicações em relação às dúvidas sobre a narrativa, também para organizar as ideias discentes em relação ao que haviam lido.

Seguindo a estrutura do conto, os estudantes foram convidados a socializar oralmente do que tratava o trecho lido pelo seu grupo. Os grupos organizaram-se de maneira autônoma: alguns escreveram um resumo e leram; outros dividiram as informações, e todos os integrantes contaram uma parte do conto; e ainda outros elegeram um representante para relatar o que o grupo discutiu sobre o seu trecho do conto.

Essa dinâmica de leitura e apresentação mostrou-se como um desafio. Muitos relataram a atividade de leitura como uma novidade, demandando esforço cognitivo. Considerando-se que o conto foi dividido em partes, houve necessidade de manter na memória detalhes importantes do trecho lido para sua socialização.

O conto em questão tem 13 páginas, o que torna difícil a sua leitura individual em aulas de 45 minutos. A leitura extraclasse em determinados contextos educativos é uma opção também difícil de executar. Assim, a dinâmica de leitura proposta favoreceu a aproximação entre Ensino de Química e Literatura. Com isso, não se negam outras maneiras de possibilitar a leitura de contos literários em aulas de Química, de acordo com as características de cada contexto educativo. Aspectos almejavéis em uma aula de Química, como a curiosidade discente, estiveram presentes nas turmas em que a atividade foi realizada.

Após a apresentação dos grupos, o professor sintetizou o conto. Na sequência da aula, foram socializadas oralmente as perguntas, que constituíam a segunda atividade da aula, conforme exposto no Quadro 2. Elas foram respondidas pelos discentes oralmente, de acordo com a manifestação espontânea. Em todas as turmas, foram feitas as perguntas 1, 2 e 5. As outras perguntas foram feitas apenas em turmas em que as discussões se aprofundaram.

A questão 2 foi a mais discutida, uma vez que, raramente, estudantes são submetidos a discussões de natureza filosófica em componentes curriculares ligados às Ciências da Natureza. Quanto a esse item, o professor articulou uma discussão sobre conteúdos, como a transformação do carbono em diamante e a injeção de éter para transformar a pessoa em gênio. Para aprofundar a discussão, foram apresentados os assuntos: alotropia do carbono e transformação do grafite em diamante. Ressalta-se que muitos estudantes do terceiro ano ainda não haviam estudado esses conteúdos.

Além do conto, o professor trouxe informações sobre o Prêmio Nobel de Física de 2010. Ademais, nas turmas do terceiro ano, abordou funções orgânicas, fazendo relação com conhecimentos presentes no conto.

Ao final da aula, o professor solicitou aos estudantes que fizessem uma consulta, de natureza bibliográfica, sobre cientistas que viveram entre 1800-1900, época na qual o conto de Machado de Assis foi escrito, e apresentassem na aula da semana seguinte.

Em suma, avalia-se que o trabalho com o conto “O Capitão Mendonça”, de Machado de Assis, favoreceu a aproximação entre Ensino de Química e Literatura em turmas de Ensino Médio. Essa aproximação colaborou, entre outros aspectos, para que estudantes pudessem refletir não somente sobre conteúdos conceituais de Química, mas também acerca de aspectos da NdC que se relacionam com as implicações sociais da Ciência e da Tecnologia.

### Considerações finais

A aproximação entre Ensino de Química e Literatura é uma maneira de favorecer uma formação cultural mais ampla, que não se restringe aos conteúdos propriamente da Química. No âmbito da formação inicial de professores, é importante que essa aproximação esteja associada também com compreensões teoricamente fundamentadas sobre o ato de ler. A leitura precisa constituir-se em um conteúdo da formação docente. Na compreensão de Freire (2006),

a leitura de mundo antecede a leitura da palavra. Entre outros aspectos, isso implica considerar que estudantes leem as obras literárias com aqueles conhecimentos que trazem consigo, o que pode incluir a visão que têm da sociedade, da ciência, etc. Esse é um conhecimento que também pode ser problematizado no processo de leitura da palavra. A

pura utilização de obras literárias em aulas na formação de professores de Química não alude obrigatoriamente a uma leitura da palavra no sentido exposto por Freire (2006). Nisso está tácito o papel docente no processo de mediação da leitura de obras literárias no Ensino de Química.

Em relação à experiência educativa desenvolvida com a leitura do conto “O Capitão Mendonça” na componente curricular Química no Ensino Médio, entende-se que se mostrou valiosa na aprendizagem discente para fomentar a leitura e o estudo da Química de forma não restrita aos seus conteúdos conceituais.

Entende-se que a aproximação entre Ensino de Química e Literatura pode ser enriquecida na interação entre diferentes componentes curriculares. No Ensino Médio, essa aproximação pode envolver um trabalho em parceria entre docentes de Química e docentes de Língua Portuguesa e de Literatura. Na licenciatura em Química, é possível contar com a colaboração de especialistas também das áreas de Língua Portuguesa e Literatura. Essa colaboração entre docentes de diferentes áreas do conhecimento na aproximação entre Ensino de Química e Literatura é uma forma

**Essa dinâmica de leitura e apresentação mostrou-se como um desafio. Muitos relataram a atividade de leitura como uma novidade, demandando esforço cognitivo. Considerando-se que o conto foi dividido em partes, houve necessidade de manter na memória detalhes importantes do trecho lido para sua socialização.**



de enfrentar uma abordagem puramente disciplinar, seja na Educação Básica, seja na Educação Superior. No trabalho socializado, o estabelecimento dessas parcerias não foi possível, e nisso também pode residir uma das possíveis limitações das práticas educativas desenvolvidas. De outra parte, podem-se considerar essas parcerias como um possível desdobramento para trabalhos posteriores.

O exposto neste trabalho certamente não precisa ser tomado como uma “receita” a ser seguida. Trata-se de um exemplo de como se podem explorar contos literários na formação inicial de professores de Química e na componente curricular Química no Ensino Médio. Há muitas possibilidades de discussão que não foram empreendidas e que se colocam ainda como alternativas a serem promovidas e examinadas. Uma delas diz respeito ao entendimento de Machado de Assis como um autor negro na literatura latino-americana e de sua obra, ou de seu silenciamento, no que concerne à cultura africana ou afro-brasileira (Nascimento, 2016). Isso poderia, no âmbito educativo, favorecer a aproximação não somente entre Química, Língua Portuguesa e Literatura, mas também, por exemplo, com outras áreas do conhecimento, como História e Sociologia. É necessário realçar que a Lei 10.639, de 9 de janeiro de 2003, torna obrigatório o ensino de História e Cultura Afro-brasileira no Ensino Fundamental e Médio e institui o dia 20 de novembro como o “Dia

Nacional da Consciência Negra” — homenagem a Zumbi dos Palmares (Brasil, 2003).

Em síntese, as práticas educativas compartilhadas aqui podem ter desdobramentos frutíferos em processos de ensino e aprendizagem que envolvem os conhecimentos da Química, seja no Ensino Médio, seja na formação de professores.

## Notas

<sup>i</sup> O conto foi originalmente publicado em 1961.

<sup>ii</sup> Apesar de o título do artigo fazer referência à Física, ele traz discussões mais amplas, direcionadas às Ciências da Natureza; por isso, também foi selecionado para fundamentar os conhecimentos estudados na componente curricular.

---

**Ana Caroline da Silva** (carols.ac23@gmail.com), licenciada em Química e mestranda em Química pela Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC – BR. **Henrique Manoel Cardoso de Ávila** (henriquemca33@gmail.com), licenciado em Química pela UFSC. Florianópolis, SC – BR. **Daiane Quadros de Oliveira** (daianeq.oliveira@gmail.com), licenciada em Química pela Universidade Estadual de Ponta Grossa, mestra e doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica (PPGECT) da UFSC. Florianópolis, SC – BR. **Fábio Peres Gonçalves** (fabio.pg@ufsc.br), licenciado em Química pela Universidade Federal do Rio Grande, mestre e doutor pelo PPGECT da UFSC. Docente do Departamento de Química e do PPGECT da UFSC. Florianópolis, SC – BR.

## Referências

ASSIS, M. O Capitão Mendonça. 1870. Disponível em: <http://www.dominiopublico.gov.br/download/texto/fs000110pdf.pdf>, acessada em jul. 2022.

BRASIL, C. N. Lei nº 10.639, de 9 de janeiro de 2003. Altera a Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996, que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional, para incluir no currículo oficial da Rede de Ensino a obrigatoriedade da temática “História e Cultura Afro-Brasileira”, e dá outras providências. Brasília: Presidência da República, 2003. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/2003/110.639.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2003/110.639.htm), acessada em ago. 2022.

CALVINO, I. *Seis propostas para o próximo milênio*: lições americanas. Tradução de Ivo Barroso. São Paulo: Companhia das Letras, 1990.

DE LA ROCQUE, L. R. e TEIXEIRA, L. A. Frankenstein, de Mary Shelley e Drácula, de Bram Stoker: gênero e ciência na literatura. *História, Ciências, Saúde — Manguinhos*, v. VIII, n. 01, p. 10-34, 2001.

FREIRE, P. *Extensão ou comunicação?* São Paulo: Paz e Terra. 1977

FREIRE, P. *A importância do ato de ler*: em três artigos que se complementam. 48 ed. São Paulo: Cortez, 2006.

GALVÃO, C. Ciência na literatura e literatura na ciência. *Interações*, n. 3, p. 32-51, 2006.

GONÇALVES, F. P., BIAGINI, B. e GUAITA, R. I. As transformações e as permanências de conhecimentos sobre atividades experimentais em um contexto de formação inicial de professores de Química. *Investigações em Ensino de Ciências*, v.

24, n. 3, p. 101-120, 2019.

LEONARDO JUNIOR, C. S.; MASSI, L.; SILVA, R. V. e PALMIERI, L. J. A literatura de Primo Levi para a formação omnilateral no estágio de licenciandos em Química. *Educação Química em Ponto de Vista*, v. 5, n. 1, p. 240-252, 2021.

LEVI, P. *A Tabela Periódica*. Tradução Luiz Sérgio Henriques. Rio de Janeiro: Relume-Dumará, 1994.

NASCIMENTO, A. *O genocídio do negro brasileiro*: processo de um racismo mascarado. 3 ed. São Paulo: Perspectivas, 2016.

OLIVEIRA, D. Q. *A articulação de obras literárias ao Ensino de Química como possibilidade de abordar conteúdos de Ciência, Tecnologia e Sociedade na formação de professores*. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2023.

OSÓRIO, V.K.L.; TIEDEMANN, P.W. e PORTO, P. Primo Levi and The Periodic Table: teaching chemistry using a literary text. *Journal of Chemical Education*, v. 84, n. 5, p. 775-778, 2007.

QUEIROZ, R. *Ma-Hôre*. In: TAVARES, B. *Páginas do Futuro*. Rio de Janeiro: Casa da Palavra, 2011. p. 21-28.

RIBEIRO, S. S.; GONÇALVES, F. P. e FARIAS, C. J. A. Literatura e ensino de ciências em periódicos nacionais. In: VI ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE BIOLOGIA, 2016, Maringá-Paraná. *Revista de Ensino de Biologia (Associação Brasileira de Ensino de Biologia -SBEnBIO)*, 2016. v. 9. p. 6983-6993.

SÁ, L. P. Índícios da mobilização de conhecimentos profissionais de professores em formação inicial a partir da leitura do livro *A Tabela Periódica*. *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 22, p. 1-25, 2020.

SILVA, C. S. da. Poesia de António Gedeão e a formação de

professores de química, *Química Nova na Escola*, v. 33, n. 2, p. 77-84, 2011.

SANTOS, E. A.; FRANCISCO JUNIOR, W. E. Para quê se lê na Educação em Química? Uma análise de publicações em periódicos de Educação em Ciências entre 2010 e 2021. *Química Nova*, v. 46, n. 3, p. 290-297, 2023.

SILVA, E. T. Ciência, leitura e escola. In: ALMEIDA, M. J. P. M. e SILVA, H. C. (orgs.). *Linguagens, leituras e ensino da ciência*. Campinas: Mercado de Letras, 1998, p. 121-130.

SILVEIRA, M. P. e ZANETIC, J. Formação de Professores e Ensino de Química: reflexões a partir da obra infantil de Monteiro Lobato e da pedagogia de Paulo Freire. *Alexandria: Revista de*

*Educação em Ciência e Tecnologia*, v. 9, n. 2. p. 61-85, 2016.

SILVEIRA, M. P. e ZANETIC, J. Monteiro Lobato e Paulo Freire: problematizando O Poço do Visconde. *Química Nova na Escola*, v. 39, n. 1, p. 89-103, 2017.

VILAROUCA, C. G. Ciência, literatura e visibilidade em as “Cosmicômicas”. *Revista de Letras*, v. 50, n. 02, p. 363-374, 2010.

THIESEN, J. S. A interdisciplinaridade como um movimento articulador no processo ensino-aprendizagem. *Revista Brasileira de Educação*, v. 13, p. 545-554, 2008.

ZANETIC, J. Física e literatura: construindo uma ponte entre as duas culturas. *História, Ciências, Saúde – Manguinhos*, v. 13 (suplemento), p. 55-70, 2006.

**Abstract:** *The literary tale in the teaching and training of Chemistry teachers.* Science and Literature are areas of knowledge whose presence in Science Education, in general, has been encouraged. Several works have pointed out possibilities and challenges related to the approximation between Chemistry and Literature teaching. In order to contribute to this approach, the present study aims to reflect on an educational possibility within the scope of initial teacher training and High School, by contemplating “Chemistry and Literature Teaching “. Educational practices using the short stories “O Capitão Mendonça”, by Machado de Assis, and “Ma-Hôre”, by Rachel de Queiroz, will be socialized both in the initial training of Chemistry teachers and in the curricular component of Chemistry in High School. It is noteworthy that educational practices were relevant to encourage teachers to articulate Chemistry and Literature teaching and to favor a broader cultural education of High School students, however, without denying the importance of learning Chemistry.

**Keywords:** Chemistry teaching, Literature, teacher education.

# Atividade Experimental Problematizada (AEP) e Educação Ambiental (EA): presença de metais pesados em aterros sanitários – uma proposta didática

**Angelo F. M. Barbosa, Joselito N. Ribeiro, Araceli V. F. N. Ribeiro, Lilia E. S. Azevedo, André L. S. Silva e Paulo R. G. Moura**

Verifica-se que as atividades experimentais dificilmente são aplicadas em sala de aula, seja pela ausência de espaços próprios a sua realização, seja pelas condições precarizadas para o exercício da docência no atual contexto da Educação Básica. Em vista disso, pretende-se viabilizar a implementação do ensino experimental da Química articulado a uma abordagem ambiental, que vise atender determinadas demandas do novo Ensino Médio: a elaboração dos currículos locais e da produção de materiais didáticos próprios. Desse modo, propõe-se a articulação da Atividade Experimental Problematizada (AEP), ligada à Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel e à Epistemologia de Thomas Kuhn, com a Educação Ambiental (EA), abordando a temática da presença de metais pesados nos aterros sanitários. Essa proposta didática consiste na construção de um minibioreator de baixo custo e na confecção de bioensaio, com foco nas aprendizagens essenciais dos conhecimentos científicos.

► experimentação, aterros sanitários, bioensaio ◀

Recebido em 15/07/2022, aceito em 11/04/2023

**D**e maneira geral, os professores de Química e das Ciências da Natureza sabem que a experimentação desperta o interesse e a motivação dos alunos (Santos e Schnetzler, 1996; Merçon, 2003). Nesse sentido, as atividades experimentais oportunizam aos estudantes a condição de interpretar fenômenos, de construir significados e de manusear utensílios e equipamentos enquanto realizam os experimentos químicos (Silva e Silva, 2019).

Além disso, as aulas experimentais (i) promovem o aumento da interação professor-aluno; (ii) permitem as trocas de conhecimentos de maneira mais significativa; (iii) favorecem a assimilação dos assuntos teóricos e lhes tornam mais concretos; (iv) são promotoras indispensáveis às aprendizagens dos conhecimentos científicos (Monteiro *et al.*, 2013; Oliveira, 2010).

A experimentação pode se constituir em um fator motivador e promotor no processo de aprendizagem pela descoberta e pela pesquisa. É importante evidenciar que as habilidades cognitivas esperadas na formação dos alunos de Química

estão relacionadas às capacidades de: 1) compreensão; 2) busca de informação, sua comunicação e expressão; 3) criação e inovação; e, 4) aplicação dos conhecimentos químicos (Silva e Zanon, 2000).

Isso posto, este artigo trata de uma proposta de aplicação do ensino experimental de Química nos moldes da Atividade Experimental Problematizada (AEP), com a tematização sobre a destinação do lixo urbano nos aterros sanitários e a presença de metais pesados.

Cabe destacar, antes de tudo, que os impactos ambientais decorrentes do crescimento populacional e dos centros urbanos são resultantes da produção descontrolada dos subprodutos decorrentes das atividades humanas,

os resíduos sólidos urbanos. Logo, as ocupações dos espaços urbanos e as atividades industriais e comerciais têm gerado enormes quantidades desses subprodutos (Singh *et al.*, 2011).

Dessa maneira, problematizar as situações decorrentes dos impactos ambientais pode aprimorar o processo de ensino e aprendizagem, tornando-o dinâmico, interdisciplinar

[...] este artigo trata de uma proposta de aplicação do ensino experimental de Química nos moldes da Atividade Experimental Problematizada (AEP), com a tematização sobre a destinação do lixo urbano nos aterros sanitários e a presença de metais pesados.

e contextualizado, o que contribui no favorecimento dos alunos na construção de conceitos científicos significativos (Araújo *et al.*, 2018; Marques *et al.*, 2007).

A problematização das temáticas ambientais e a proposição de práticas didáticas diferenciadas, voltadas à criticidade e à emancipação dos alunos, pode decididamente contribuir para a mudança de comportamentos e de atitudes, com vistas à reorganização das práticas sociais e à participação coletiva das soluções inovadoras (Santos *et al.*, 2016; Lima e Merçon, 2011).

Para isso, propõe-se a aplicação das ações didáticas com vistas à aquisição dos conteúdos químicos necessários à melhoria da qualidade de vida, oferecendo o suporte teórico e metodológico da estratégia de aplicação da Atividade Experimental Problematizada (AEP) e incorporando os elementos estruturantes da Educação Ambiental.

### Atividade Experimentais Problematizada – AEP

A Atividade Experimental Problematizada (AEP) caracteriza-se como o processo procedimental participativo que se desenvolve a partir da demarcação de um problema empírico, de natureza teórica, ou seja, da proposição de uma experimentação que objetiva a busca por solução a uma questão de investigação colocada.

Em suma, a AEP se apresenta como uma estratégia teórica e metodológica, são os eixos estruturantes, cujas bases conceituais decorrem da sua articulação com os fundamentos da Teoria da Aprendizagem Significativa - TAS, de David Ausubel, e a Epistemologia de Thomas Kuhn - ETK (Silva e Moura, 2018).

O primeiro eixo estruturante da AEP, o Teórico, se estabelece por meio de articuladores próprios: o Problema Proposto (PP), de natureza teórica, preferencialmente contextualizado; o Objetivo Experimental (OE); e as ações orientadoras aos trabalhos experimentais, denominadas de Diretrizes Metodológicas (DM).

O segundo eixo estruturante da AEP, o Metodológico, se efetiva a partir de Ações Didáticas ou Momentos (I a V) que estruturam metodologicamente essa proposição diferenciada de experimentação para o ensino da Química, e se caracteriza como uma estratégia pedagógica capaz de promover um processo de ensino reconstrutivo por seus sujeitos integrantes, a saber: alunos e professores (Tabela 1) (Silva e Moura, 2018).

Nessa perspectiva, a AEP deve abranger, desde o registro de dados, uma rigorosidade metódica indispensável à aproximação epistemológica do objeto a ser caracterizado. Isso posto, infere-se que a AEP seja uma estratégia experimental diferenciada de ensino da Química, que preferencialmente pode estar associada com outras perspectivas educacionais como a Educação Ambiental (EA).

Dentre os principais objetivos da EA se destaca a busca pelo desenvolvimento de uma compreensão integrada do meio ambiente, levando em conta suas múltiplas e complexas relações.

Tabela 1: Elementos Denotativos da AEP.

Eixos Estruturantes		
(I) TEÓRICO		(II) METODOLÓGICO
Articuladores	A. Problema(s) Proposto(s) (PP)	Momentos
	B. Objetivo Experimental (OE)	
	C. Diretrizes Metodológicas (DM)	
	I. Discussão Prévia (DP)	
II. Organização/Desenvolvimento (OD)		
		III. Retorno ao Grupo de Trabalho (GT)
		IV. Socialização (SC)
		V. Sistematização (ST)

Fonte: Silva e Moura (2018).

### Educação Ambiental

De acordo com Stapp e Polunin (1991), a EA surgiu da necessidade da mudança de paradigmas referentes aos valores sociais, econômicos, filosóficos, ideológicos, éticos, e científicos, seguidos pela sociedade de modo geral. Dentre os principais objetivos da EA se destaca a busca pelo desenvolvimento de uma compreensão integrada do meio ambiente, levando em conta suas múltiplas e complexas relações.

Em contraponto a uma racionalidade dita econômica, deriva a necessidade de se estabelecer uma nova racionalidade, a racionalidade ambiental, que integre as multifacetadas dos aspectos socioeconômicos e das consequentes questões ambientais que visam dar suporte para novas relações de produção, a fim de reorientar o desenvolvimento das forças produtivas com foco na sustentabilidade. Isso pode ser feito a partir de valores éticos que priorizem bem-estar coletivo e os recursos renováveis (Foladori, 2000; Santos *et al.*, 2010; Leff, 2014).

A partir dessa ótica, a EA, no ambiente da sala de aula, se desdobra no desenvolvimento de propostas pedagógicas que possibilitem aos alunos a apropriação de conhecimentos, de valores e de atitudes necessárias para proteger o meio ambiente. A urgência de se implementar tais visões se deve ao aumento dos problemas ambientais e ao atual modo de vida, marcado pelo consumismo desenfreado (Gonzalez, 2011; Leff, 2014).

No contexto educacional brasileiro, a partir da década de 1990, se estabeleceu a Política Nacional da Educação Ambiental (PNEA), e demais Legislações ambientais (Brasil, 1996, 1998a, 1998b, 1999a, 1999b, 2002, 2004a, 2004b, 2006 2012a, 2012b). Contraditoriamente, a PNEA não se firmou como uma política pública, nem a EA se constituiu como um componente curricular, ainda que esteja ocasionalmente inserida nos programas escolares por meio de práticas transversais

contextualizadas (Behrend *et al.*, 2018).

Além disso, a nova Base Nacional Comum Curricular, a BNCC (Brasil, 2018), adotou uma concepção naturalista e conservacionista das questões ambientais, a qual rebaixa a



EA para um plano inferior, em detrimento de uma necessária abordagem crítica, mas que promove seu silenciamento ou ocultamento (Branco *et al.*, 2018; Frizzo e Carvalho, 2018).

Sendo assim, claramente a sala de aula é um ambiente propício para essa discussão com consequências que estarão presentes nas futuras gerações. É pensando nelas que se atua em favor de uma mudança de valores associados ao meio ambiente, à economia, ao social e ao tecnológico. Com debates políticos atuais e em andamento sobre mudanças climáticas, novas formas de produção de energia elétrica e escassez de água, os temas ambientais são relevantes para a vida cotidiana dos alunos e influenciarão as decisões que eles tomarão quando adultos (Moseley, 2016).

As pesquisas sobre EA no contexto da sala de aula evidenciam que os professores são uma grande influência sobre como os alunos percebem seu papel no ambiente. Muitos professores acreditam que a EA deve ser integrada aos currículos formais; no entanto, poucos professores se sentem adequadamente preparados para ensinar EA. Por sua vez, os professores em formação raramente são expostos à EA como parte de seus programas de formação à docência. Contudo, mesmo diante da realidade supracitada, os resultados das pesquisas mostram que a EA pode fornecer resultados positivos aos alunos no desempenho escolar e acadêmico, na formação do pensamento crítico e no fortalecimento da motivação e do engajamento (Nilsson, 2014).

Além disso, o desenvolvimento profissional é vital para ajudar os professores a adquirir habilidades e conhecimentos para ensinar sobre questões ambientais e sociais atuais. Muitos programas fornecem conteúdo ou informações estritamente e assumem que professores conhecem a pedagogia eficaz para traduzir essa nova informação para seus alunos. Para alguns tópicos, esse modelo pode ser eficaz. No entanto, para questões complexas, como as mudanças climáticas, dentre outros, os professores podem precisar de conhecimentos estratégicos atrelados com formas de ensino de conteúdo específico, a fim de construir confiança para incorporar o tema em seu currículo (Li *et al.*, 2019). Dessa maneira, impõem-se a (re)orientação das formações inicial e continuada dos professores, levando em conta a (re)construção de uma racionalidade ambiental. Isso implica agregar os saberes ambientais que emergem dos paradigmas teóricos e das práticas experienciadas à sala de aula, tudo isso, dentro de um contexto vivido pela comunidade em seu entorno (Leff, 2001).

No contexto da docência de Química, faz-se necessário utilizar criativamente os conhecimentos didáticos para gerar e aprimorar novas estratégias de ensino de Química na perspectiva da EA, as quais visem as mudanças dos valores, das atitudes e dos posicionamentos integradores entre o ser humano e o meio ambiente (Cortes *et al.*, 2009; Cortes e Fernandez, 2016).

### Aterros sanitários

De acordo com Gandra (2020), os resíduos sólidos urbanos no Brasil são mal destinados, com pouco mais de

3% do lixo sendo reciclado e boa parte jogada em locais inadequados, como lixões e aterros controlados.

Para além desse fato, o aumento populacional elevou também o consumo de materiais diversos e, como consequência, observa-se um crescimento exponencial de resíduos sólidos, inclusive os eletrônicos, em todo o mundo. Em contrapartida, não se observa o surgimento significativo de tecnologias capazes de reciclarem e de evitarem que tais resíduos sejam despejados em locais impróprios (Singh *et al.*, 2019).

Os aterros sanitários são locais que atendem legislações e normas para garantir o descarte seguro do lixo em termos de saúde humana e ambiental. Nos aterros sanitários, o solo é preparado, coberto de maneira a impermeabilizá-lo, seu lixiviado é coletado e tratado em tanques especiais. A partir dessa etapa, o lixo jogado é comprimido e coberto com solo da região para evitar cheiro e proliferação de pragas (Ezaki e Hypolito, 2006).

No trabalho de Medeiros (2019), se tem uma visão geral dos itens que um aterro sanitário deve conter para atender às normas e, assim, proteger ao máximo as águas subterrâneas: (a) conjunto de células recobertas por uma camada de solo, a fim de se evitar a proliferação de vetores e espalhamento pelo vento de papéis e poeira; (b) sistema de drenagem de gás e de líquido percolado; (c) sistema de tratamento dos líquidos percolados; (d) sistema de drenagem de águas superficiais e nascentes e; (e) utilização de *liners* de fundo, que são dispositivos utilizados quando se deseja reter ao máximo possível a percolação de um líquido, de forma que ele não atinja as águas e solo natural.

No Brasil, desde 2010, temos legislação rígida que aborda a temática dos resíduos sólidos. A Lei nº 12.305/10, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), visa promover o enfrentamento e responsabilização de diversos setores da sociedade pelo tratamento e cuidados com o lixo produzido, da produção ao descarte (Rossini e Napolini, 2017).

O aterro sanitário pode ser considerado um grande reator químico, pois inúmeras substâncias são produzidas em processos aeróbicos e anaeróbicos. Os gases produzidos ali são também de preocupação ambiental, destacando-se, dentre eles, o metano e o dióxido de carbono como os principais. Além disso, a presença de metano pode ocasionar um perigo ainda maior devido à possibilidade de explosão. Todavia, em decorrência da baixa concentração de oxigênio dentro do aterro, as chances de explosão são pequenas. Nos aterros também estão presentes os gases residuais, os chamados COVs (compostos orgânicos voláteis), cuja toxicidade de seus subprodutos após incineração não completa são ainda mais preocupantes (Resende, 2004).

Além disso, o aterro sanitário apresenta composição variável que depende do tempo em que está em repouso. Celere *et al.* (2007) indicam a existência de três etapas processuais em aterros sanitários: a primeira caracterizada por processos aeróbicos, consumindo o oxigênio disponível no meio; e as segunda e terceira sendo anaeróbicas. Pode-se ilustrar estas etapas através da Figura 1, adaptada de Fadini e Fadini (2001).



Figura 1: Composição e processos de decomposição de aterros. Fonte: Autores (2022).

Tal imagem revela a diversidade de substâncias que são formadas pela hidrólise e fermentação da matéria orgânica que é degradada, em etapas, por meio da ação de bactérias acetogênicas e metanogênicas num equilíbrio dinâmico.

### Metais pesados

Sabe-se que os aterros sanitários não são o destino final da complexa mistura orgânica e inorgânica que compõe o lixo urbano. A complexidade dessa mistura faz com que seu tempo de decomposição seja diverso, processo que pode durar dias ou até mesmo séculos (Ezaki e Hypolito 2006; Celere *et al.*, 2007).

O chorume, oriundo do lixo urbano, é um líquido escuro gerado pela infiltração de água das chuvas que percolam através da massa de rejeitos. Ele pode conter substâncias advindas de diversos materiais. Entre outros contaminantes que estão presentes no chorume, destacam-se os metais pesados, ou elementos-traço, provenientes de inúmeras fontes como pilhas, baterias, lâmpadas, utensílios domésticos, materiais eletroeletrônicos, embalagens de tinta, celulares, televisores e outros (Ezaki e Hypolito, 2006; De Sá *et al.*, 2012; Smith *et al.*, 1996; Adriano, 1986).

Além disso, o meio reativo oriundo do lixo contribui para a disponibilização de vários outros metais provenientes do próprio solo da região onde os materiais diversos são depositados. Dependendo das suas propriedades físico-químicas, os metais pesados acabam retidos nos solos e nos recursos hídricos superficiais ou são lixiviados para as águas subterrâneas. (Mello *et al.*, 2012).

Contaminantes como cádmio (Cd), cobre (Cu.), níquel (Ni), chumbo (Pb) e zinco (Zn) podem alterar a química do solo e ter impacto nas plantas, e, também em outros organismos (Smith *et al.*, 1996). Esses contaminantes causam distúrbios fisiológicos nas plantas, pois sua absorção pelo sistema radicular retarda o crescimento da planta e a priva de vigor (Pattnaik e Reddy, 2009; Moustakas *et al.*, 1994; Voutsas *et al.*, 1996).

Isso posto, tendo em vista a complexidade da temática da destinação do lixo urbano nos aterros sanitários e a presença de metais pesados, foram propostas, neste trabalho, duas atividades experimentais balizadas pela AEP e pelos objetivos da Educação Ambiental. Tais atividades complementam uma discussão prévia e análise da problemática abordada acima.

As AEP têm o intuito de possibilitar a apropriação, por parte do aluno, do “fazer científico” e de valores éticos que vão de encontro aos valores impostos pelos padrões modernos de consumo. Assim como descrito por Souza (2017), pretende-se que a proposta apresentada seja capaz de promover a percepção de que o lixo é um problema do cotidiano. Isso se deve fazer através do fomento do debate, da cidadania, da mudança de atitudes, bem como da necessidade de “saber mais”. Destarte, o ensino de química tem como objetivo promover meios para que o indivíduo seja capaz de analisar e tomar decisões de maneira crítica, cumprindo o papel da educação que é educar para a vida (Estevão, 2017).

### Aplicações da AEP – minibiogestor e bioensaio

As duas AEP são planejadas para avaliar o efeito de contaminantes possivelmente presentes no lixo urbano. Para isso foi usada uma solução de íons cobre,  $\text{Cu}^{2+}$ , como o contaminante investigado, assim como proposto por Palácio *et al.* (2013). Seu preparo é descrito no Quadro 1. O referido quadro possui as orientações dos materiais alternativos que podem ser encontrados com facilidade em estabelecimentos de conveniências, produtos agrícolas e farmácias.

Quadro 1: Preparo da solução de íons cobre.

MATERIAIS	PROCEDIMENTO
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sulfato de cobre (<math>\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}</math>) obtido em lojas de produtos para tratamento de piscinas;</li> <li>- Cinco litros da água da rede de abastecimento</li> <li>- 1 recipiente de medida com volume de 1 L; balança com uma casa decimal; colheres plásticas (café) descartáveis; seringa de 10 mL sem agulha</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pesar 4,0 g de sulfato de cobre;</li> <li>- Dissolver num recipiente com água da rede de abastecimento e completar até atingir a marca de 1 L.</li> <li>- Diluir quantidades adequadas da solução preparada anteriormente para obter outras duas, na concentração de 1 e 10 <math>\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}</math>.</li> </ul>

Fonte: Palácio *et al.* (2013) adaptado.

A aplicação da AEP 1, construção de minibiogestor de baixo custo, e da AEP 2, confecção de bioensaio, articulam uma temática ambiental contemporânea com potencialidade de aproximar os alunos do conhecimento de maneira experimental, tematizando a destinação do lixo urbano nos aterros sanitários e a presença de metais pesados (Tabela 2).

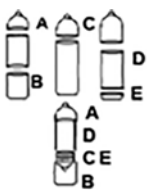
Os materiais indicados na Tabela 2 são baseados em materiais de fácil acesso e manuseio. A atuação do

professor nas etapas de preparo e montagem é de fundamental importância para evitar acidentes: é importante observar que os cortes nas garrafas pet e a fixação das partes do minibiogestor, e bioensaio, precisam do uso de materiais pontiagudos e cortantes. É recomendável que o minibiogestor fique em local arejado e fora do contato com a luz solar. Caso adaptações sejam feitas com furos nas laterais do minibiogestor é preciso tomar cuidados quanto ao mau cheiro, que pode ser insuportável a pessoas com olfato mais sensível. Para a aplicação da AEP 1 será

importante que sejam abordadas as reações químicas que ocorrem ao longo do processo de degradação do alimento, tanto o processo aeróbico quanto o anaeróbico da decomposição da matéria orgânica.

Na testagem preliminar das AEP 1 e 2 (Figura 2), o minibiogestor e o bioensaio foram elaborados conforme as Diretrizes Metodológicas descritas anteriormente (Tabela 2). É desejável que essas práticas experimentais ocorram com diferentes grupos de alunos, que colaborem entre si, para discutir os resultados observados após a experimentação.

Tabela 2: AEP 1 e 2

AEP 1 – MINIBIODIGESTOR	AEP 2 – BIOENSAIO
<p><b>Questões orientadoras da atividade prática</b></p> <p>O que é um biodigestor?            O que acontece com a matéria orgânica e inorgânica quando presentes dentro de um biodigestor?            Quais são as maneiras de se livrar do lixo urbano?            Como funciona um aterro sanitário?            Que transformações acontecem, com o passar do tempo, com os materiais descartados no lixo?            Que materiais, aparentemente, não sofrem transformações no lixo (cite exemplos)?</p>	<p><b>Questões orientadoras da atividade prática</b></p> <p>Substâncias ditas poluentes são encontradas naturalmente no meio ambiente?            Como faria para determinar se um contaminante está em quantidades inadequadas no meio ambiente?            Como poderíamos avaliar os efeitos dos metais pesados no meio ambiente?            Qual a melhor maneira de evitar que os metais pesados sejam descartados de maneira inadequada?</p>
<p><b>Problema proposto</b></p> <p>No Brasil, 60% dos municípios (3355 municípios ao todo) têm seu lixo destinado a aterros controlados e lixões. Aterros sanitários são a forma mais segura de se destinar o lixo urbano. Como poderíamos estudar o processo de decomposição dos diversos tipos de resíduos presentes num aterro?</p>	<p><b>Problema proposto</b></p> <p>No Brasil, 60% dos municípios (3355 municípios ao todo) têm seu lixo destinado a aterros controlados e lixões. Os contaminantes presentes no lixo podem contaminar o solo e os recursos hídricos da região no entorno? Poderíamos verificar os efeitos de alguns contaminantes nesses meios?</p>
<p><b>Objetivo Experimental</b></p> <p>Realizar a confecção de um minibiogestor, baseado no que foi proposto por Resende (2004). Isso serve para avaliar o tempo e o processo de decomposição de alguns materiais constituintes do lixo urbano doméstico, bem como a formação do chorume.</p>	<p><b>Objetivo Experimental</b></p> <p>Realizar um bioensaio baseado no que foi proposto por Palácio <i>et al.</i> (2013), para avaliar os efeitos do contaminante cobre, como cátion bivalente (<math>\text{Cu}^{2+}</math>), no crescimento da raiz de cebolas (<i>Allium cepa</i>).</p>
<p><b>Diretrizes metodológicas</b></p>  <p>Como descrito por Resende (2014), para se fazer um minibiogestor, segundo a figura ao lado, são necessários os seguintes materiais: régua (para marcar o volume de resíduos e líquidos formados); estilete, que será usado apenas pelo professor, água, tesoura sem ponta, fita adesiva, um tecido de algodão (flanela ou trapo qualquer) e caneta.</p> <p>Deve-se construir o minibiogestor até a parte D, fixando as partes com fita adesiva, e então inserir os resíduos, que podem ser restos de alimentos, madeira, terra, vidro, metais, etc. É interessante adicionar algum material contaminante (solução de íons cobre, por exemplo) para avaliar possíveis influências na formação do líquido escuro (chorume). Marcar uma graduação de volume na parte B usando uma caneta e selar o minibiogestor com fita adesiva. Ressalta-se que na parte E deve-se adicionar o tecido poroso, para funcionar como uma membrana permeável. Com o tempo de 15 dias, observa-se na parte B do minibiogestor um líquido escuro (chorume), resultado da decomposição da matéria orgânica adicionada.</p>	<p><b>Diretrizes metodológicas</b></p> <p>Misturar terra obtida das proximidades da escola com soluções de sulfato de cobre de 1 e 10 <math>\text{mg.L}^{-1}</math>, e realizar sua filtração, separando todo o líquido.</p> <p>Ou passar soluções de sulfato de cobre, de concentrações de 1 e 10 <math>\text{mg.L}^{-1}</math>, por um papel de filtro contendo terra ou sedimentos obtidos nas proximidades da escola.</p> <p>Recolher o líquido e realizar um bioensaio segundo Palácio <i>et al.</i> (2013), mergulhando bulbos de cebola no líquido, usando palitos de dente como suportes (vide palitos de dente) (vide Figura 2b). Após uma semana, avaliar o tamanho das raízes da cebola e comparar com um branco previamente preparado. Em seguida, observar as células meristemáticas das raízes das cebolas expostas ao controle e às soluções de sulfato de cobre (vide quadro 2 e Figura 3). Ambos os experimentos conectam a química à biologia no que se refere a preparo de soluções, medida do comprimento das raízes, bem como observação dos efeitos nas células vegetais através da microscopia.</p> <p>* Alternativamente à AEP 2 e de forma complementar à AEP 1, pode-se realizar o bioensaio usando do chorume formado no compartimento da parte B do minibiogestor, realizando diluições com água da rede de abastecimento.</p>

Fonte: Silva e Moura (2018), adaptado.

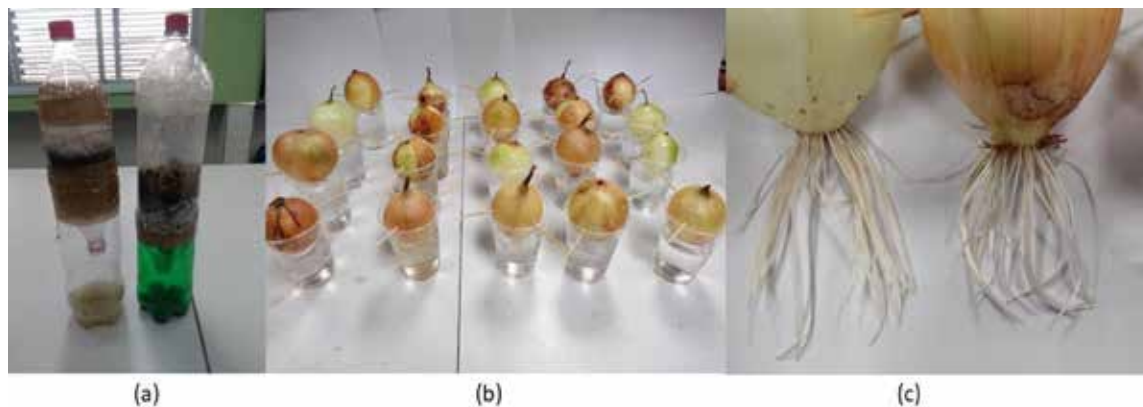


Figura 2: Minibiodigestores (a), bioensaio com diluições do chorume coletado do minibiodestor (b), e medidas dos comprimentos das raízes (c). Fonte. Autores (2022).

Resumidamente, confeccionou-se dois minibiodigestores (AEP 1) adicionando 200 g de matéria orgânica, 200 g de sedimentos diversos e, somente para um deles, 150 mL de solução de íons cobre  $1000 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ . Com o líquido escuro (chorume) resultante, obtido após 15 dias em repouso, produziram-se duas diluições, 0,1 e 1% (v/v), para a realização de bioensaio (AEP 2), em quadruplicatas, mais um controle com água da rede de abastecimento (Figura 2). Assim, foram construídos os bioensaios intitulados: Controle, com apenas água da rede de abastecimento; Chorume a 0,1% (v/v) e Chorume a 1,0% (v/v), feitos a partir do chorume advindo do minibiodigestor sem a solução de íons cobre; e Chorume +  $\text{Cu}^{2+}$  a 0,1% (v/v) e Chorume +  $\text{Cu}^{2+}$  a 1,0% (v/v) originado do minibiodigestor que continha 150 mL de solução íons cobre  $1000 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  preparada segundo o Quadro 1.

Os resultados obtidos, em relação ao comprimento das raízes, podem ser reproduzidos e apresentados aos alunos, o que pode gerar muitas discussões que impulsionem sua curiosidade sobre outros questionamentos (Tabela 3).

Os dados obtidos ilustram os efeitos do chorume (não contaminado e contaminado com  $\text{Cu}^{2+}$ ) sobre o comprimento das raízes de cebola. Primeiramente, na concentração de chorume +  $\text{Cu}^{2+}$  a 0,1% (v/v), houve indícios de que os íons  $\text{Cu}^{2+}$  da solução de sulfato de cobre em conjunto com o chorume potencializaram o crescimento das raízes. Sendo assim, o chorume a 0,1 (v/v) teria o mesmo efeito, mas não na mesma extensão. Cabe destacar que o cobre é um importante nutriente para as plantas, porém, tem efeitos negativos se em doses mais altas, danificando proteínas, ácidos nucleicos, lipídios e outras moléculas, com base em sua capacidade de catalisar a produção de oxigênio reativo (RO's) (Fiskesjö, 1988; Yildiz *et al.*, 2009; Zhang *et al.*, 2018).

Observou-se para as cebolas imersas nas soluções de chorume +  $\text{Cu}^{2+}$  a 1,0 % (v/v) e chorume a 1,0 % um menor crescimento do comprimento da raiz em ambos, sendo mais latente no chorume +  $\text{Cu}^{2+}$  a 1,0 % (v/v). Os íons de cobre, em elevadas concentrações, reduzem a taxa mitótica nas células meristemáticas das raízes dos vegetais (Wang *et al.*, 2014; Qin *et al.*, 2015; Coelho, 2017; Franscescon *et al.*, 2018).

Algumas observações a respeito dos procedimentos acima destacados se referem mais uma vez aos odores que são liberados, principalmente no processo de abertura do minibiodigestor. Contudo, o líquido coletado e diluído usado no bioensaio não apresenta cheiro aparente. Sendo assim, ao se pensar no contexto de sala de aula, deve-se evitar o contato do material com a pele dos alunos ou de qualquer um que vá manuseá-lo, devido à sua complexidade. O tempo máximo para a realização de ambos os procedimentos é de 19 dias. Na realidade de sala de aula, os momentos de espera que os experimentos necessitam devem ser usados para uma contextualização, com aulas que venham a ajudar os alunos a entenderem os processos que estão ocorrendo nos experimentos, como a decomposição da matéria orgânica e os efeitos dos metais pesados nos organismos vivos. Deve-se também focalizar sobre os impactos socioambientais do consumo exacerbado de produtos fruto das tecnologias contemporâneas, bom como dar um destaque ao modelo de consumo impostos pelo sistema capitalista em que vivemos, culminando na discussão acerca da necessidade de uma nova racionalidade apontada por Leff (2014).

Pode-se observar na Figura 3 o efeito da redução da taxa mitótica de células meristemáticas de cebolas em contato

Tabela 3: Medidas dos comprimentos das raízes de cebola expostas ao chorume não contaminado e ao chorume contaminado com  $\text{Cu}^{2+}$ .

Experimento	Controle	Chorume a 1,0 % (v/v) (Branco)	Chorume a 0,1% (v/v) (Branco)	Chorume + $\text{Cu}^{2+}$ a 1,0 % (v/v)	Chorume + $\text{Cu}^{2+}$ a 0,1 % (v/v)
Média	7,3	6,5	8,4	7,7	8,8
Desvio Padrão	0,11	0,15	1,3	0,45	0,11

Fonte: Autores (2022).



com solução de 10 mg.L<sup>-1</sup> de íons Cu<sup>2+</sup> (b), e de cebolas apenas em contato com água da rede de abastecimento (a).

Quadro 2: Preparo de células meristemáticas da cebola para observação no microscópio.

MATERIAIS	PROCEDIMENTO
- Lamparina - Orceína lático/acética 45% - Pipeta de Pasteur - Placa de petri - Lamínula - Estilete - Cinco litros da água da rede de abastecimento	- Retirar uma raiz da cebola e mergulhá-la em orceínalático/acética 45% dentro de uma placa de petri; - Aquecer levemente a placa de petri; - Transferir a raiz para uma lamínula e cortar a extremidade da raiz onde se encontra o meristema apical da raiz; - Cobrir o material com a lamínula e amassar; - Levar ao microscópio.

Fonte: Wang *et al.* (2014), adaptado; Qin *et al.* (2015); Coelho (2017); Franscescon *et al.* (2018).

Com os resultados apresentados na Figura 3, observou-se com facilidade células em processo de divisão celular (a). Em (b), foram raras as células que claramente se mostraram no mesmo processo.

Tais efeitos são observados também em trabalhos que avaliaram outras plantas. Jiang *et al.* (2001) e Can *et al.* (2016) relatam, além da redução da taxa mitótica, efeitos como: formação de micronúcleos, quebra de cromossomos e formação de pontes cromossômicas em *Zea mays* e *Cedrus libani*, espécies de milho e conífera, respectivamente.

Será extremamente importante que os alunos sejam estimulados a buscar maneiras de responder a questionamentos por meio de adaptações dos experimentos e posterior discussão dos resultados nos momentos de Retorno ao Grupo de Trabalho e Socialização indicados nas Diretrizes Metodológicas da AEP.

A constatação do efeito de contaminantes nas cebolas em nível macroscópico e microscópico usando materiais de baixo custo sustenta em sala de aula a curiosidade do aluno, sendo de grande relevância para a reflexão na tomada de decisões a respeito das questões ambientais.

### Considerações finais

O presente estudo tratou sobre a importância da aplicação de experimentação em aulas de Química, abordando os problemas ambientais decorrentes da destinação do lixo urbano em aterros sanitários, com a produção de chorume contaminado com metais pesados, os elementos-traço. Foram apresentadas duas práticas experimentais associadas à produção de materiais didáticos, o minibiodigestor e o bioensaio, que tornaram aplicáveis os objetivos experimentais, as diretrizes metodológicas e a resolução do problema proposto da Atividade Experimental Problemática (AEP)

conectada à Educação Ambiental (EA).

As testagens preliminares dos experimentos – AEP 1 e AEP 2 – evidenciaram a possibilidade de serem replicados em sala de aula, com abordagens integradas entre diferentes áreas do conhecimento e com aproximações das questões ambientais. Os experimentos propostos podem ser executados em diferentes contextos educacionais e apresentam a potencialidade da formação do pensamento crítico e do desenvolvimento de competências discentes como: criatividade, colaboração, autonomia e responsabilidade socioambiental.

Por fim, espera-se que a proposta didática apresentada seja capaz de contribuir para a aquisição de conhecimentos químicos, de mobilizar posicionamentos a favor de práticas integradoras entre pessoas e o meio ambiente e de busca de soluções inovadoras aos problemas ambientais.

**Angelo Fernando Melo Barbosa** (angelobarbosaraf@gmail.com), licenciado em Química, pós graduado lato sensu, mestrando do Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional - PROFQUI/IFES e Professor da Secretaria de Estado da Educação do Espírito Santo - SEDU. Vila Velha, ES – BR. **Joselito Nardy Ribeiro** (joselito.ribeiro@ufes.br), bacharel em Química pelo UFV, mestrado em Agroquímica pela UFV, e doutorado em Ciências pela UNICAMP, atualmente é professor da UFES. Vitória, ES – BR. **Araceli Verónica Flores Nardy Ribeiro** (araceli@ifes.edu.br), bacharel em Química pelo UFV, mestrado em Agroquímica pela UFV, e doutorado em Ciências pela UNICAMP, atualmente é professora do IFES. Vila Velha, ES – BR. **Líliã do Espírito Santo Azevedo** (lilia.azevedo@edu.ufes.br), licenciada em Ciências da Natureza e Química, mestre em Ciências da Natureza, doutoranda em Química na área de Ensino de Química pela UFES. Vitória, ES – BR. **André Luís Silva da Silva** (andresilva@unipampa.edu.br), licenciado em Química e doutor em educação em Ciências pela UFRGS, atualmente é professor da UNIPAMPA. Caçapava do Sul, RS – BR. **Paulo Rogério Garcez de Moura** (paulomoura.ufes@gmail.com), graduado em Química e especializado em educação pela UNICRUZ, mestre em filosofia pela UFSM e doutor em educação em Ciências pela UFRGS, atualmente professor na UFES. Vitória, ES – BR.

### Referências

- ADRIANO, D. C. *Trace Elements in the Terrestrial Environment*. New York: Springer, 1986.
- ARAÚJO, V. K. S. e SANTOS, J.C.O. The influence of teacher (Des)qualification in teaching chemistry in Brazil. *Academia Journal of Educational Research*, v. 6, n. 2. p. 30-35, 2018.
- BEHREND, D. M.; COUSIN, C. S. e GALIAZZI, M. C. Base Nacional Comum Curricular: O que se mostra de referência à Educação Ambiental? *Ambiente e Educação: Revista de Educação Ambiental*, v. 23, n. 2, p. 74-89, 2018.
- BRANCO, E. P.; ROYER, M. R. e BRANCO, A. B. G. A abordagem da educação ambiental nos PCNs, nas DCNs e na BNCC. *Nuances: estudos sobre Educação*, v. 29, n. 1, p. 185-203, 2018.
- BRASIL. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as *Diretrizes e Bases da Educação Nacional*. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 23 dez. 1996. Seção 1, p. 27833.
- BRASIL. Conselho Nacional de Educação (CNE). Resolução n. 3, de 26 de junho de 1998. Institui as *Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio*. Brasília, DF. 1998a.
- BRASIL. Ministério da Educação e do Desporto. *A implantação da Educação Ambiental no Brasil*. Brasília, DF: MEC/SEF, 1998b.

- BRASIL. Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999. Dispõe sobre Educação Ambiental e institui a *Política Nacional de Educação Ambiental*, e dá outras providências. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 1999a.
- BRASIL. Ministério da Educação. *Parâmetros Curriculares Nacionais (Ensino Médio)*. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: Secretaria de Educação Básica/MEC, 1999b.
- BRASIL. PCN+ *Ensino Médio: orientações curriculares complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais*. Ciências da natureza, Matemática e suas tecnologias. Brasília: MEC/SEMTEC, 2002.
- BRASIL, Ministério da Educação: Secretaria de Educação Básica. *Orientações Curriculares do Ensino Médio*. Brasília: MEC/SEB, 2004a.
- BRASIL. Ministério da Educação: Secretaria de Educação Básica. *Orientações Curriculares para o Ensino Médio: Ciências da natureza e suas tecnologias*, v. 2. Brasília: MEC/SEB, 2006.
- BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. Parecer CNE/CP nº 14, de 6 de junho de 2012. Institui as *Diretrizes Curriculares para a Educação Ambiental*. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 2012a.
- BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. Resolução CNE/CP nº 2, de 15 de junho de 2012. Estabelece as *Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Ambiental*. Diário Oficial da União. Brasília: Ministério da Educação, 2012b.
- BRASIL. Ministério da Educação. *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília: MEC, 2018. Disponível em: <https://basenacionalcomum.mec.gov.br/>, acesso em abr. 2023.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. *Identidades da Educação Ambiental brasileira*. Brasília: MMA, 2004b.
- CAN, A. A.; ISIK, G. e YUCEL, E. The effects of cooper (CuCl<sub>2</sub>) on mitotic cell division of Lebanon Cedar (*Cedrus libani*) Fresenius. *Environmental Bulletin*, v. 25, n. 10, p. 4324-4326, 2016.
- CELERE, M. S.; OLIVEIRA, A. S.; TREVILATO, T. M. B. e SEGURA-MUÑOZ, S. I. Metais presentes no chorume coletado no aterro sanitário de Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil, e sua relevância para saúde pública. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 23, n. 4, p. 939-947, 2007.
- COELHO, E. J. R. *Respostas Fisiológicas e Citogenéticas em Raízes de Allium Cepa L. Expostas às Amostras e Água e Sedimento de Três Barragens ao Longo da Bacia do Rio Santa Maria da Vitória (ES, Brasil)*. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES, 2017.
- CORTES JUNIOR, L. P.; CORIO, P. e FERNANDEZ, C. As representações sociais de Química Ambiental dos alunos iniciantes na graduação em Química. *Química Nova na Escola*, v. 31, n. 1, p. 46-54, 2009.
- CORTES JUNIOR., L. P. e FERNANDEZ, C. A. Educação ambiental na formação de professores de química: estudo diagnóstico e representações sociais. *Química Nova*, v. 39, n. 6, p. 748-756, 2016.
- DE SÁ, L. D.; JUCÁ, J.F.T. e MOTTA SOBRINHO, M.A. Tratamento do lixiviado de aterro sanitário usando destilador solar. *Revista Ambiente & Água*, v. 7, n. 1, p. 204-217, 2012.
- ESTEVAO, A. S. *História em quadrinhos no ensino de Química como estratégia didática para abordagem do tema "lixo eletrônico"*. Tese (Doutorado em Ensino de Biociências e Saúde) - Instituto Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, RJ, 2017.
- EZAKI, S. e HYPOLITO R. Comportamento geoquímico de íons de metais pesados (Pb, Cu, Cr e Ni) em aterros sanitários - simulações de células de lixo em colunas experimentais. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 36, n. 1, p. 5-12, 2006.
- FADINI, P. S. e FADINI, A. A. B. Lixo: Desafios e Compromissos. *Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola*, p. 9-18, n. 1, maio 2001.
- FISKESJÖ, G. The Allium test - an alternative in environmental studies. The relative toxicity of metal ions. *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, v. 197, n. 2, p. 243-260, 1988.
- FRANCESCO, F.; MAZON, S.C.; BERTONCELLO, K.T.; BOLIGON, A.A.; SACHETT, A.; RAMBO, C.L.; ROSEMBERG, D.B.; DAL MAGRO, J. e SIEBEL, A.M. Protective role of jaboticaba *Plinia peruviana* peel extract in copper-induced cytotoxicity in *Allium cepa*. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 25, p. 35322-35329, 2018.
- FRIZZO, T. C. E. e CARVALHO, I. C. M. Políticas públicas atuais no Brasil: o silêncio da educação ambiental. *Revista Eletrônica Mestrado Educação Ambiental*, n. 1, p. 115-127, 2018.
- FOLADORI, G. Ecologia, capital e cultura: racionalidade ambiental, democracia participativa e desenvolvimento sustentável. *Revista Ambiente & Sociedade*, n. 6-7, p. 169-173, 2000.
- GANDRA, A. Quase metade dos municípios ainda despeja resíduos em lixões, 2020. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/>, acesso em mai. 2022.
- GONZALEZ, I. M. Análise de um percurso de ensino sobre o lixo urbano na perspectiva CTSA. In: VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação de Ciências. Anais. Campinas: UNICAMP, 2011.
- JIANG, W.; LIU, D. e LIU, X. Effects of Copper on Root Growth, Cell Division, and Nucleolus of *Zea Mays*. *Biologia Plantarum*, v. 44, p. 105-109, 2001.
- LI, C. J.; MONROE, M.C.; OXARART, A. e RITCHIE, T.; Building teachers' self-efficacy in teaching about climate change through educative curriculum and professional development. *Applied Environmental Education & Communication*, v. 20, n. 1, p. 34-48, 2019.
- LIMA V. F. e MERÇON F. Metais pesados no ensino de química. *Química Nova na Escola*, v. 33, n. 4, p. 199-205, 2011.
- LEFF, E. *Epistemologia ambiental*. São Paulo: Cortez Ed., 2001.
- \_\_\_\_\_. *Racionalidade ambiental: a reapropriação social da natureza*. 2ª ed. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2014.
- MARQUES, C. A.; GONÇALVES, F.P.; ZAMPIRON, E.; COELHO, J.C.; MELLO, L.G.; OLIVEIRA, P.R.S. e LINDEMANN, R.H. Visões de meio ambiente e suas implicações pedagógicas no ensino de química na escola média. *Química Nova*, v. 30, n. 8, p. 2043-2048, 2007.
- MEDEIROS, A.P. *Análise da Aplicação de Geossintéticos no Aterro Sanitário de Seropédica/RJ*, Monografia (Graduação) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB, 2019.
- MELLO, V.F.B.; ABREU, J.P.G.; FERREIRA, J.M.; JUCÁ, J.F.T. e MOTTA SOBRINHO, M.A. Variáveis no processo de coagulação/floculação/decantação de lixiviados de aterros sanitários urbanos. *Ambiente & Água*, v. 7, n. 2, p. 88-100, 2012.
- MERÇON, F. A Experimentação no Ensino de Química. In: IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências.

Anais. São Paulo: Bauru, 2003.

MONTEIRO, I. G. S.; SALES, E. S. e LIMA, K. S. Experimentos em sala de aula: minimizando barreiras no ensino da química. In: VII Colóquio Internacional “Educação e Contemporaneidade”. Sergipe: São Cristóvão, 2013.

MOSELEY, C.; UTLEY, J.; ANGLE, J. e MWAVITA, M. Development of the environmental education teaching efficacy belief instrument. *School Science and Mathematics*, v. 116, n. 7, p. 389-398, 2016.

MOUSTAKAS, M.; LANARAS, T.; SYMEONIDIS, L. e KARATAGLIS, S. Growth and some photosynthetic characteristics of field grown Avena sativa under copper and lead stress. *Photosynthetica*, v. 30, p. 389-396, 1994.

NILSSON, P. When Teaching Makes a Difference: Developing science teachers’ pedagogical content knowledge through learning study. *International Journal of Science Education*, v. 36, n. 11, p. 1794-1814, 2014.

OLIVEIRA, J. R. S. Contribuições e abordagens das atividades experimentais no ensino de ciências: reunindo elementos para a prática docente. *Acta Scientiae*, v. 12, n. 1, p. 139-153, 2010.

PALÁCIO, S. M.; CUNHA, M. B.; QUIÑONES, F. R. E. e NOGUEIRA, D.A. Toxicidade de metais em soluções aquosas: um bioensaio para sala de aula. *Química Nova na Escola*, v. 35, n. 2, p. 79-83, 2013.

PATTNAIK, S. e REDDY, M.V. Assessment of municipal solid waste management in Puducherry (Pondicherry), India. *Resources, Conservation & Recycling*, v. 54, p. 512-520, 2009.

QIN, R.; WANG, C.; CHEN, D.; BJÖRN, L. O. e LI, S. Copper-induced Root Growth Inhibition of Allium Cepa Var. Agrogarum L. Involves Disturbances in Cell Division and DNA Damage Environmental. *Toxicology and Chemistry*, v. 34, n. 5, p. 1045-1055, 2015.

RESENDE, M. R. F. *O Professor como investigador: uma experiência de investigação com materiais geossintéticos em estruturas ambientais e desenvolvimento de um projecto no 3º ciclo do ensino básico sobre a problemática dos resíduos sólidos urbanos*. Dissertação (Mestrado em Química para o Ensino) - Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2004.

ROSSINI, V. e NASPOLINI, S. H. D. F. Obsolescência programada e meio ambiente: a geração de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos. *Revista de Direito e Sustentabilidade*, v. 3, n. 1, p. 51-71, 2017.

SANTOS, J. C. O.; COSTA, E.; LIMA, R. C. S. L. e ARAÚJO, D.S. Alternative ways in chemistry teaching: Providing the creativity of high school students. *Academia Journal of Educational Research*, v. 4, n. 4, p. 69-74, 2016.

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

SANTOS, W. L. P.; MACHADO, P.F.L.; VASCONCELLOS, E. S.; SANTANA, V. R.; SILVA, E. L. e MATSUNAGA, R. T.

Práticas de Educação Ambiental em Aulas de Química em uma Visão Socioambiental: Perspectivas e Desafios. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, v. 7, p. 260-270, 2010.

SILVA, A. L. S. e MOURA, P. R. G. de *Atividade experimental problematizada*. São Paulo: Livraria da Física, 2018.

SILVA, I.F. e SILVA, A. J. P. A experimentação na educação em química: estudo exploratório sobre as percepções de licenciandos. *Revista Virtual de Química*, v. 11, n. 3, p. 937-957, 2019.

SILVA, L. H. A. da. e ZANON, L. B.; *A Experimentação no Ensino de Ciências*. In: SCHNETZLER, R. P. e ARAGÃO, R. M. R. *Ensino de Ciências: fundamentos e abordagens*. Piracicaba: CAPES/UNIMEP, 2000.

SINGH, N.; DUAN, H.; OGUNSEITAN, O. A.; LI, J. e TANG, Y. Toxicity trends in E-Waste: A comparative analysis of metals in discarded mobile phones. *Journal of Hazardous Materials*, v. 380, p. 120898, 2019.

SINGH, R. P.; SINGH, P.; AROUJA, A. S. F.; IBRAHIM, M.H. e SULAIMAN, O. Management of urban solid waste: vermicomposting a sustainable option. *Resources, Conservation & Recycling*, v. 55, p. 719-729, 2011.

SMITH, C. J.; HOPMANS, P. e COOK, F. J. Accumulation of Cr, Pb, Cu, Ni, Zn and Cd in soil following irrigation with treated urban effluent in Australia. *Environmental Pollution*, v. 94, p. 317-323, 1996.

SOUZA, K. S. *Lixo urbano como temática na promoção da cidadania e Ensino-aprendizagem de Química a partir do enfoque CTS*. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, AM, 2017.

STAPP, W. B. e POLUNIN, N. Global Environmental Education: Towards a Way of Thinking and Acting. *Environmental Conservation*, v. 18, n. 1, p. 13-18, 1991.

VOUTSA, D.; GRIMANIS, A. e SAMARA, C. Trace elements in vegetables grown in an industrial area in relation to soil and air particulate matter. *Environmental Pollution*, v. 94, p. 325-335, 1996.

WANG, Q. L.; ZHANG, L. T.; ZOU, J. H.; LIU, D. H. e YUE, J. Y. Effects of cadmium on root growth, cell division and micronuclei formation in root tip cells of Allium cepa var. agrogarum L. *International Journal of Experimental Botany*, v. 83, n. 2, p. 291-298, 2014.

YILDIZ, M.; CIGERCI, I. H.; KONUK, M.; FIDAN, F. e TERZI, H. Determination of genotoxic effects of copper sulphate and cobalt chloride in Allium cepa root cells by chromosome aberration and comet assays. *Chemosphere*, v. 75, p. 934-938, 2009.

ZHANG, H.; SONG, Y.; WANG, F.; LI, Y.; WANG, H. e YANG, L. Identification of Cu-binding proteins in embryos of germinating rice in response to Cu toxicity. *Acta Physiologiae Plantarum*, v. 40, n. 8, p. 110102, 2018.

**Abstract:** *Problematized Experimental Activity (PEA) and Environmental Education (EE): presence of heavy metals in sanitary landfills - a teaching proposal.* It is established that experimental activities are rarely applied in the classroom, either due to the absence of spaces suitable for the experiments or due to the precarious conditions for teaching in the current context of Basic Education. This paper aims to present the implementation of Chemical experimental teaching along with an environmental approach, aiming to meet certain demands of the new High School curriculum: the elaboration of local curricula and the production of specific teaching materials. In this way, we propose the articulation of the Problematized Experimental Activity (PEA), linked to David Ausubel’s Theory of Meaningful Learning and Thomas Kuhn’s Epistemology, with Environmental Education (EE), addressing the theme of presence of heavy metals and its destination in landfills. This didactic proposal consists of the construction of a low-cost mini biogestor and the preparation of a bioassay, focusing on essential learning of scientific knowledge.

**Keywords:** experimentation, landfills, bioassay.



# Concepções de problematização no ensino de química: uma análise nos trabalhos publicados no periódico *Química Nova na Escola* na última década

## *Problem posing conceptions in chemistry teaching: an analysis of papers published in the journal Química Nova na Escola in the last decade*

Marina Marcuschi e Marília G. de M. Guedes

**Resumo:** A educação problematizadora desenvolvida por Paulo Freire visa a formação de sujeitos sociais que questionem suas realidades e modifiquem suas histórias. O termo “problematização” tem sido reformulado e adaptado para vários contextos, inclusive da educação em ciências. Sendo assim, esta pesquisa apresenta uma revisão bibliográfica que analisou os sentidos dados ao termo e as tendências teóricas que fundamentam a perspectiva problematizadora em trabalhos publicados na revista *Química Nova na Escola* na última década. Os resultados revelam que as obras de Freire embasam os conceitos de problematização no sentido de *práxis*, enquanto as obras de Delizocoiv, Angotti e Pernambuco estão entre os principais aportes teóricos que sustentam a problematização como metodologia didática no ensino de química. Esses dados evidenciam que a Pedagogia Problematizadora de Paulo Freire contribui para as diferentes áreas do conhecimento, assim como apontam para o vigor e a atualidade do seu pensamento.

**Palavras-chave:** problematização, Paulo Freire, ensino de química, análise de conteúdo.

**Abstract:** Problem posing education is a concept developed by Paulo Freire, which aims to build up social subjects who question their realities and change their history. The term “problem posing” has been revised and adapted to various contexts, including science education. In this work, a literature review was conducted in order to analyze the meanings given to the term “problem posing” in chemistry teaching and the theoretical frameworks used to support its application in papers published in the journal *Química Nova na Escola* in the last decade. The findings show that Paulo Freire’s works were used as the main theoretical contributions to support the concepts of problem posing as *praxis*, while works by Delizocoiv, Angotti and Pernambuco are the main theoretical contributions to support problem posing as a didactic methodology in chemistry teaching. These data reveal that Freire’s pedagogy contributes to different areas of knowledge, as well as point to the vigor and topicality of his thinking.

**Keywords:** problem posing, Paulo Freire, chemistry teaching, content analysis.

**Marina Marcuschi** (marina.marcuschi@gmail.com), licenciada em Química pela Universidade Federal de Pernambuco, Bacharel em Biologia, mestre em Bioquímica e Fisiologia, e doutora em Ciências Biológicas pela mesma universidade. Atualmente é professora do Centro Universitário Brasileiro (UNIBRA). Recife, PE – BR. **Marília Gabriela de Menezes Guedes** (marilia.guedes@ufpe.br), licenciada em Química pela Universidade Federal Rural de Pernambuco, mestre em Ensino das Ciências pela mesma universidade, e doutora em Educação pela Universidade Federal de Pernambuco. Atualmente é professora da Universidade Federal de Pernambuco. Recife, PE – BR.

Recebido em 25/10/2022, aceito em 21/02/2023

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.





“Problematização” é um termo que apresenta diversos significados a depender das bases filosóficas, epistemológicas, do contexto, da sua tradução para outros idiomas e até mesmo da interpretação dos/as interlocutores/as. O uso de perguntas como estratégia reflexiva é uma prática que remonta à maiêutica socrática na Grécia antiga e que persiste até hoje. Diversos filósofos/as, pensadores/as e estudiosos/as refletiram e escreveram sobre o desenvolvimento do pensamento humano e fundamentam a epistemologia do uso da proposição de problemas nos processos de ensino e aprendizagem, tais como John Dewey (1859-1952), Gaston Bachelard (1884-1962), Paulo Freire (1921-1997), Gilles Deleuze (1925-1995) e Michel Foucault (1926-1984), dentre outros/as.

Em termos gerais, podemos afirmar que a problematização é um processo que difere da dúvida hiperbólica do método cartesiano que não aceita questões imperfeitas ou incompletas (Fabre, 2011). Para Dewey, a problematização se refere a um processo reflexivo voltado para a formação do pensamento crítico (Pereira *et al.*, 2009). Bachelard atrela o uso da pergunta à apropriação dos conceitos científicos e à ruptura com o conhecimento cotidiano para superação dos obstáculos epistemológicos (Bachelard, 1996). Freire, por sua vez, compreende que a problematização carrega a possibilidade de contribuir na formação de sujeitos sociais que questionem suas realidades e modifiquem suas histórias (Freire, 2005a). Foucault trata a problematização como um gesto investigativo, não para buscar verdades, mas para instigar pensamentos diante do objeto de pesquisa (Chevallier, 2015).

Zanoto e Rose (2003), buscando sistematizar o conceito, afirmam que a problematização envolve a identificação de um problema presente na realidade dos sujeitos, a busca por explicações e a proposição de soluções. Mori e Cunha (2020), ao pesquisar sobre a problematização no ensino de química, associam o termo a um processo de discussão gerado a partir de um problema proposto em atividade pedagógica e que envolve a construção do conhecimento por meio da reflexão, do diálogo e da participação ativa.

Devido à diversidade de significados atribuídos ao conceito, uma questão central se apresenta como problema de pesquisa: qual(is) o(s) entendimento(s) que os/as pesquisadores/as na área de ensino de química apresentam ao usar o termo “problematização” em seus escritos? Assim, o presente trabalho apresenta uma revisão bibliográfica que buscou analisar a compreensão quanto ao termo e conhecer as tendências teóricas que fundamentam a perspectiva problematizadora. Para tanto, foram identificados núcleos de sentido atrelados ao termo “problematização” em artigos científicos que usam a perspectiva problematizadora, publicados na revista *Química Nova na Escola* (QNEsc) no período de 2010 a 2020.

Foi realizado um tratamento de dados qualitativo baseado na análise de conteúdo categorial temática, proposta por Laurence Bardin (1977) para compreender quais tendências teóricas e metodológicas vêm se constituindo como bases epistemológicas

e filosóficas para esses trabalhos e, assim, entender os significados de “problematização” usados pelos/as pesquisadores/as no ensino de química. O periódico *Química Nova na Escola* foi escolhido por conta de seu escopo e relevância para a área do ensino de química.

Para entrelaçar os pilares que envolvem a questão desta pesquisa, primeiramente tecemos algumas considerações sobre o pensamento de importantes teóricos que sustentam as bases filosóficas e epistemológicas da problematização, descrevemos o caminho teórico-metodológico percorrido no desenvolvimento do trabalho para, em seguida, apresentarmos a análise sistemática e crítica dos artigos selecionados. Ao final, retomamos questões importantes da pesquisa desenvolvida a partir dos resultados encontrados.

## As bases filosóficas e epistemológicas da problematização

Etimologicamente, problematização é “a atividade de construir, dar forma a um problema” (Chevallier, 2015, p. 299), mas os termos “problematização”, “problematizador” e suas variações têm sido usados ao longo da história em diferentes circunstâncias e com diversos significados. A proposição de problemas e questionamentos com o intuito de incitar reflexões é uma prática que remonta aos tempos da filosofia grega clássica: por volta de 400 a.C., Sócrates estimulava discussões filosóficas por meio da maiêutica, o “parto das ideias”. Na maiêutica, o mestre não tem o objetivo de comunicar uma doutrina ou prover uma definição pronta, mas auxiliar seu interlocutor a extrair de dentro de si um conceito, primeiro escutando-o atentamente e, em seguida, questionando-o incessantemente em um ciclo de refutações e reformulações, provendo ferramentas para que pense e expresse suas ideias de forma crítica e madura (Catalani e Valesco, 2014).

O propósito reflexivo e questionador da maiêutica permeia a construção dos conceitos de problematização de vários pensadores modernos. Chevallier (2015) afirma que Michel Foucault foi um dos primeiros pensadores a tratar com profundidade o termo “problematização”. Para Foucault, essa expressão indica um gesto investigativo, que não busca levar o pesquisador a encontrar uma verdade, mas propor uma maneira de pensar diante do objeto de pesquisa (Vinci, 2015). A problematização em Foucault é tratada como método a ser usado para interrogar criticamente a condição presente do sujeito, levando em conta a experiência humana construída historicamente e o pensamento como exercício crítico da liberdade (Chevallier, 2015).

Esta característica reflexivo-crítica também é observada em vários autores que tratam da esfera pedagógica da problematização. John Dewey se destaca como o primeiro pensador a sistematizar uma proposta metodológica de ensino baseada no uso de problemas de cunho social (Zanoto e Rose, 2003). A proposta de Dewey se apresenta como uma crítica ao ensino tradicional, fazendo parte do movimento da Escola Nova,

que argumentava sobre o papel das instituições escolares (Pereira *et al.*, 2009).

Para Dewey e os escolanovistas, a educação deve ser fator de humanização e transformação social, por meio de uma prática docente que preza pela liberdade do/a estudante para elaborar os próprios conhecimentos (Pereira *et al.*, 2009). A aprendizagem se faz por meio da investigação de problemas ou situações que gerem dúvidas e desequilíbrios entre o sujeito e o meio, sendo a retomada do equilíbrio alcançada por meio da investigação (Fabre, 2011). Nesse sentido, Dewey (1910) atribui à palavra “problema” a ideia de algo, mesmo que pequeno, advindo de uma experiência pessoal, que promova um pensamento reflexivo, desafiador e que possa iniciar um processo de mudança.

O processo de problematização pautado nos estudos de Dewey valoriza experiências concretas, cuja resolução leva o/a estudante a usar diferentes processos mentais, como o levantamento de hipóteses e comparação, análise, interpretação e avaliação de resultados. O/a professor/a exerce um trabalho reflexivo no qual se envolve em pesquisar, acompanhar e colaborar com o aprendizado crítico do/a estudante. Ambos se veem diante de situações novas e imprevistas sobre as quais irão construir conhecimentos coletivamente (Pereira *et al.*, 2009). Essas ideias inspiraram vários/as estudiosos/as da educação, dentre os quais podemos destacar os brasileiros Paulo Freire (Muraro, 2013) e Dermeval Saviani (Zanoto e Rose, 2003).

A pedagogia problematizadora de Freire foi desenvolvida a partir da crítica à educação bancária, que nega a relação dialógica, considera o/a professor/a como detentor do conhecimento e o/a estudante como um receptáculo que passivamente se enche de informações (Gadotti, 1996). Na educação problematizadora, professor/a e estudante são corresponsáveis pelo processo de aprendizagem, no qual ensinam e aprendem, mediados pelo mundo (Freire, 2005a).

Nessa proposta educacional, o diálogo é o princípio pedagógico que fundamenta o processo de construção do conhecimento. A dialética proposta por Freire (2005a) visa identificar e articular processos para que os/as estudantes possam desenvolver uma *práxis*, ou seja, uma autêntica união de ação e reflexão tendo como objetivo a intervenção social. Quem fala a palavra verdadeira não fala sozinho nem a prescreve aos outros: “O diálogo só existe quando aceitamos que o outro é diferente e pode nos dizer algo que não conhecemos” (Freire e Faundez, 2011, p. 53). Na prática dialógica, as ideias revolucionárias não são impostas, mas problematizadas e analisadas criticamente, de forma a promover sua adesão livre (Freire, 2005a).

A abertura para o diálogo, contudo, não significa dizer que a pedagogia problematizadora é desprovida de rigor científico, ingênua ou que negue a importância do currículo. “A democracia e a liberdade não inviabilizam a rigorosidade. Pelo contrário, viver autenticamente a liberdade significa aventurar-se, arriscar-se, criar” (Freire e Faundez, 2011, p. 65). Desse modo, a concepção problematizadora de Freire propõe o diálogo entre o saber popular e o saber científico, sendo

necessário, primeiramente, que o sujeito conheça a realidade e que a partir dela se aproxime, compreenda e ressignifique os conceitos científicos. Uma vez que o sujeito se apropria dos conceitos, ele então retorna à discussão daquela realidade com uma compreensão crítica que lhe permite ter uma atitude de ação e transformação (Freire e Faundez, 2011).

No glossário da biobibliografia de Freire, *problematização* é definida como “a ação de refletir continuamente sobre o que se disse, buscando o porquê das coisas, o para que delas” (Gadotti, 1996, p. 727). Tratando-se mais especificamente da educação problematizadora, ela foi construída por Freire nos anos finais da década de 1950, quando ele iniciou um programa de alfabetização de jovens e adultos em Pernambuco. De acordo com Araújo Freire (1996), o “método Paulo Freire de Alfabetização” era mais que um “método”, era um “convite” ao diálogo, à participação em um “círculo de cultura”. Nesses “círculos de cultura” se tinha a oportunidade de conhecer a fala dos sujeitos, como eles se veem no mundo, qual o seu papel como formadores de cultura, como vivem, os problemas que enfrentam e como lutam para resolver esses problemas.

A partir de discussões feitas nos “círculos de cultura” são encontradas as “palavras geradoras” pertencentes à realidade dos/as estudantes. Essas palavras eram cuidadosamente escolhidas para representar questões e problemas relevantes para suas vidas e coerentes com a localidade onde estavam inseridos/as dentro do cenário nacional. No processo dialógico se dava o estudo das palavras com a discussão das questões sociais, dos problemas. Nessa dinâmica, os/as estudantes aprendiam não apenas a decodificar e se apropriar da palavra escrita, mas também se politizavam (Freire, 1996).

A problematização proposta por Freire traz um forte caráter político para a educação. Freire apresenta uma visão de pedagogia pós-colonialista que busca privilegiar a perspectiva epistemológica e cultural dos grupos dominados, colonizados, oprimidos, mas sem negar o acesso ao conhecimento científico (Silva, 2005). Antonio Faundez, em sua conversa com Freire publicada no livro *Pedagogia da Pergunta* (2011), coloca a importância do sujeito discutir criticamente a realidade em que está inserido e conhecer a própria cultura, pois a luta contra as injustiças se faz quando as pessoas escrevem, estudam e refletem sobre a sua existência e constroem sua história (Freire e Faundez, 2011).

De forma diferente, a pedagogia histórico-crítica desenvolvida por Dermeval Saviani propõe uma separação entre educação e política (Silva, 2005). Saviani aborda a problematização da prática social, destacando a função mediadora da escola, segundo a qual o conhecimento científico rege o currículo escolar. A transposição didática do conhecimento científico universal é pensada em consonância com a realidade social-histórica dos sujeitos participantes. A pedagogia histórico-crítica tem o diálogo como instrumento de ensino e aprendizagem, mas, enquanto na pedagogia freireana o diálogo com as realidades dos/as estudantes guia o desenvolvimento das

definições científicas e saberes, Saviani apresenta um processo orientado a partir do saber sistematizado (Azambuja, 2012).

Ao passo que a problematização trazida por Freire e Saviani busca aprofundar conhecimentos pautados na realidade, Gaston Bachelard propõe um afastamento das culturas científicas primeiras do/a estudante e sua substituição pelo conhecimento científico. Bachelard (1996) considera que os/as estudantes possuem obstáculos epistemológicos sobre conceitos científicos que precisam ser superados por meio de questionamentos. Porém, essa substituição não deve ser colocada de forma impositiva, mas por meio de um processo dialógico de questionamento do senso comum. “Para o espírito científico, todo conhecimento é resposta a uma pergunta. Se não há pergunta, não pode haver conhecimento científico. [...] Tudo é construído” (Bachelard, 1996, p. 18). A problematização em Bachelard envolve um trabalho para que se repense as representações, os preconceitos, os “saberes mortos”, promovendo uma dialética entre a continuidade e a ruptura, com o objetivo de constituir um equilíbrio superior, de pensamento renovado (Fabre, 2011).

Gilles Deleuze, por sua vez, propõe uma crítica à razão pedagógica tradicional que confere maior privilégio às respostas do que às perguntas, focando o aprender no criar, nas transformações, nas estruturas de uma problemática. Para ele, há uma imposição hierárquica, na qual cabe a uma autoridade colocar os problemas e aos subordinados responder esses problemas sem questioná-los. Tanto Bachelard como Deleuze compreendem a problematização como um processo que promove a avaliação crítica dos sucessos e insucessos das soluções encontradas (Fabre, 2011).

Os saberes construídos por estes pensadores e tantos outros formam a base para a construção de metodologias e abordagens problematizadoras em várias áreas do conhecimento, inclusive no ensino de química.

Quando usados na área do ensino de ciências, os termos “problematização”, “problematizar” e suas variações são entendidos como polissêmicos, já que suas nuances semânticas variam de acordo com a corrente teórica utilizada (Machado *et al.*, 2016). Recentemente, Mori e Cunha (2020) fizeram uma revisão da literatura sobre propostas metodológicas que abordam diferentes metodologias problematizadoras, cuja leitura recomendamos para maior aprofundamento no tema. Esses autores consideram que o termo “problematização” está associado a um processo de discussão gerado a partir de um problema proposto em atividade pedagógica e que envolve a construção do conhecimento por meio da reflexão, do diálogo e da participação ativa. Dentre as várias propostas problematizadoras aplicadas ao ensino de química apresentada pelos autores destacamos três que estão fundamentadas na pedagogia problematizadora de Freire:

(1) *Temas Geradores*. Toma como base os pressupostos da Educação Libertadora desenvolvidos por Freire. A vivência dessa perspectiva na química vai além da simples explicação dos conceitos, devendo ser oportunizada também a reflexão

sobre os conteúdos e sua relação com a vida cotidiana. Para tanto, o conhecimento da condição social dos/as educandos/as é imprescindível para se saber de onde partir para a escolha do conteúdo programático, já que os temas geradores são recolhidos desse universo.

(2) *Três Momentos Pedagógicos*. Metodologia baseada nos Temas Geradores e na Educação Problematizadora de Freire. Essa abordagem foi sistematizada por Demétrio Delizoicov e José André Angotti (com contribuição posterior de Marta Maria Pernambuco) para o ensino de ciências, na qual a problematização é vista como um processo dialógico e o problema se refere ao eixo estruturador da prática pedagógica. Dentro dessa vertente também pode ser observada a contribuição de Simoni Tormöhlen Gehlen, que leva em consideração o levantamento das concepções prévias dos/as estudantes como estratégia para melhor conhecê-los. Os três momentos são: (I) Problematização Inicial, (II) Organização do Conhecimento e (III) Aplicação do Conhecimento.

(3) *Metodologia da Problematização ou Método do Arco de Maguerez*. Criada por Charles Maguerez e trazida ao Brasil por Juan Díaz Bordenave e Adair Martins Pereira em 1992. Esses autores associaram o método de Maguerez com a Educação Problematizadora de Freire, e pontuam que podem promover a construção de conhecimento por meio da observação, teorização e aplicação de problemas e desafios reais.

## Metodologia

O caminho teórico-metodológico percorrido no desenvolvimento da pesquisa se fundamenta na análise de conteúdo com abordagem qualitativa nos moldes propostos por Bardin (1977). Assim, esta pesquisa envolve a obtenção de dados descritivos sobre o uso das unidades de registro “problematização” e “problematizador/a(s)” e suas variações em artigos científicos publicados na revista *Química Nova na Escola* no período de 2010 a 2020. A QNesc foi escolhida para compor o *corpus* da pesquisa por conta de sua relevância para a área de ensino de química e também para a formação de professores/as. Essa revista iniciou a sua publicação no ano de 1995 com duas edições anuais e, a partir do ano de 2008, passou a ter periodicidade trimestral. A análise de conteúdo consistiu em três etapas, sendo elas: pré-análise; exploração do material; tratamento dos dados e interpretação.

Na primeira etapa, o *corpus* da pesquisa foi construído seguindo as quatro normas de validade estipuladas por Bardin (Souza Júnior *et al.*, 2010): (1) *Exaustividade*: todos os artigos de todas as edições publicadas no período de 1995 a 2020 foram investigados quanto à presença das unidades de registro (“problematização” e “problematizador/a[s]”) no título, resumo, palavras-chave ou corpo do texto. Foram excluídos artigos que apresentavam as unidades de registro apenas nas referências ou sugestões de leitura; (2) *Representatividade*: foram escolhidos os artigos que continham alguma referência no parágrafo em

que estava a unidade de registro; (3) *Homogeneidade*: foram identificados os/as autores/as citados com maior frequência em associação à unidade de registro e selecionados apenas os artigos que referenciavam esses/as autores/as, a saber, Freire, Delizocoiv, Angotti e Pernambuco; (4) *Pertinência*: todos os artigos selecionados eram pertinentes ao objetivo do estudo.

Ao longo do processo de formação do *corpus*, foi realizada uma quantificação dos artigos. A quantificação aqui apresentada foi feita com base no banco de dados disponível no site da QNEsc (<http://qnesc.s bq.org.br>). É importante notar que foi observado que algumas edições anteriores a 2006 apresentavam títulos distintos para arquivos que remetiam a um mesmo texto, causando duplicidade de alguns artigos e consequentemente ausência de outros no banco de dados. Diante disso, foram contabilizados apenas os artigos que apresentavam o arquivo de texto com seus dados corretos. Arquivos como “Editorial”, “normas”, “encarte” e “anúncios” não foram contabilizados.

Na etapa de exploração do material ocorreu a leitura geral dos artigos selecionados para conhecer os seus objetivos de pesquisa, enfoques metodológicos e principais achados. Em seguida, foram feitos recortes de todos os trechos do texto nos quais as unidades de registro de interesse apareciam.

296

Na terceira etapa, os trechos separados anteriormente foram analisados quanto aos núcleos de sentidos que apresentavam, de acordo com o significado percebido para as unidades de registro estudadas. Os seguintes núcleos de sentido foram criados *a priori* a partir dos referenciais teóricos que embasam este trabalho e discutidos anteriormente, isto é, elementos das concepções de problematização desenvolvidas por Dewey, Bachelard, Foucault, Freire e outros: (a) *problematização como investigação histórica*; (b) *problematização como processo dialógico de ação/reflexão*; (c) *Problematização como atividade de levantamento das concepções prévias (alternativas) ou reflexão sobre elas*. Após a leitura dos artigos, dois novos núcleos de sentidos emergiram e foram acrescentados: (d) *problematização como etapa de organização do trabalho pedagógico para a transposição didática de um conceito científico*; (e) *problematização como processo de reflexão ou contextualização da realidade para estimular o interesse dos/as estudantes, mas sem abordar a perspectiva da ação*. Por fim, foi realizado um aprofundamento da análise dos conceitos e contextos apresentados nos núcleos de sentido pelos artigos em diálogo com os referenciais teóricos.

## Resultados e discussão

Inicialmente, realizamos o levantamento dos artigos publicados no período de 1995 a 2020 na QNEsc que continham as unidades de registro de interesse “problematização” e “problematizador/a(s)”. Nessa busca, foram encontrados 147 (centro e quarenta e sete) artigos que possuíam as unidades de registro no título, resumo, palavras-chave ou corpo do texto. A Tabela 1 detalha a distribuição desses artigos ao longo dos

25 anos analisados. Foi constatado que, no período de 1995 a 2007, as unidades de registro “problematização” ou “problematizador/a(s)” apareceram com menor frequência. A partir de 2008, a frequência de uso das unidades de registro aumenta consideravelmente. Entretanto, vale ressaltar que até o ano de 2007 eram publicados apenas dois exemplares anualmente.

Tabela 1: Quantificação dos artigos publicados no período de 1995 a 2020 na revista *Química Nova na Escola* com relação à presença das unidades de registro “problematização” ou “problematizado/a” no texto.

Ano de publicação	Total de artigos publicados	Total de artigos contendo as unidades de registro
1995	22	1
1996	20	2
1997	23	1
1998	25	0
1999	27	2
2000	21	3
2001	23	1
2002	23	2
2003	26	1
2004	24	0
2005	24	2
2006	24	1
2007	22	1
2008	44	10
2009	44	4
2010	42	11
2011	38	5
2012	40	6
2013	40	10
2014	36	9
2015	65	20
2016	48	16
2017	40	12
2018	34	8
2019	42	10
2020	38	9
<b>Total</b>	<b>885</b>	<b>147</b>

Dos 147 (centro e quarenta e sete) artigos levantados, quatro apresentavam as unidades de registro “problematização” ou “problematizador/a(s)” no título, resumo ou palavras-chave, mas não os utilizavam no corpo do texto. Em 127 (cento e vinte e sete) artigos, as unidades de registro apareceram apenas no corpo do texto, mas não no título, resumo ou palavras-chave. Nos 16 (dezesesseis) artigos restantes, as unidades de registro estão no título, resumo, palavras-chave e corpo do texto. Em 85 (oitenta e cinco) artigos havia alguma citação no



parágrafo em que as unidades de registro apareciam, indicando os referenciais teóricos utilizados pelos/as autores/as. É interessante notar que, dos 31 (trinta e um) artigos levantados no período 1995 a 2009, 18 (dezoito), ou quase 60%, não apresentaram nenhuma citação atrelada às unidades de registro; enquanto que no período de 2010 a 2020, dos 116 (cento e dezesseis) artigos levantados apenas 44 (quarenta e quatro) não apresentaram nenhuma citação atrelada às unidades de registro (menos de 40%).

As referências observadas nos 85 (oitenta e cinco) artigos foram então coletadas e categorizadas, a fim de melhor conhecer os aportes teóricos que foram utilizados e estabelecer uma homogeneidade ao *corpus*. Nos artigos analisados, foi encontrado um total de 207 (duzentos e sete) referências associadas às unidades de registro pesquisadas. Essas referências foram separadas em: Categoria 1 - *Obras de pensadores que são base conceitual para a problematização*, referências de autores/as que desenvolveram teorias e propostas educacionais envolvendo a problematização; Categoria 2 - *Obras de debatedores da base conceitual*, referências que são obras de autores/as que dialogam ou trazem releituras e análises das bases conceituais clássicas na área de educação; Categoria 3 - *Obras de vivências na prática docente/estudo de caso*, referências que são obras que apresentam a vivência na prática docente ou estudos de caso na área de ensino; Categoria 4 – *Documentos oficiais*, referências formadas por textos de documentos oficiais do Ministério da Educação.

Das 207 (duzentos e sete) referências, 36 (trinta e seis) obras foram incluídas na primeira categoria. É interessante notar que, dessas referências, 32 (trinta e duas) são obras do educador Paulo Freire, com o livro *Pedagogia do Oprimido* correspondendo a 18 (dezoito), e quatro são obras de Lev Semionovitch Vigotski. A segunda categoria, por sua vez, apresenta 113 (cento e treze) obras de autores/as que dialogam,

trazem releituras ou análises de teóricos da educação. Essa categoria apresenta uma variedade de diferentes autores/as. As obras de Delizoicov, Angotti e Pernambuco são as que aparecem com maior frequência. Esses autores/as são debatedores das obras de Freire, pois utilizam a pedagogia freireana como fundamento para discussões e abordagens metodológicas na área de educação em Ciências da Natureza (Mori e Cunha, 2020). A terceira categoria contém 53 (cinquenta e três) obras que apresentam vivências na prática docente ou estudos de caso na área de ensino. Não há, nessa categoria, um único autor que se destaque, existindo uma variedade de temas e aplicações desenvolvidas. Por fim, a quarta categoria apresenta cinco obras contendo documentos oficiais, em sua maioria relacionadas aos Parâmetros Curriculares Nacionais da educação básica.

O levantamento das referências utilizadas levou em consideração todos/as os/as autores/as citados nos trabalhos, não apenas o/a primeiro/a autor/a. O/a autor/a mais citado foi Delizoicov, seguido por Freire, Angotti e Pernambuco. Essa informação indica que a proposta didática dos Três Momentos Pedagógicos (3 MPs), desenvolvida por Delizoicov, Angotti e Pernambuco, é uma das bases teóricas mais utilizadas no desenvolvimento de trabalhos na área de ensino de química, na perspectiva da educação problematizadora proposta por Freire.

Diante desse achado, foi estabelecido, como critério de pertinência, a inclusão apenas de artigos que apresentavam obras de Freire ou Delizoicov e seus/as colaboradores/as como referência nos parágrafos que apresentavam as unidades de registro “problematização”, “problematizador/a” e suas variações. Adicionalmente, o período de análise foi restringido para as publicações ocorridas entre 2010 e 2020. Desse modo, o *corpus* final se constituiu de 26 (vinte e seis) artigos. O Quadro 1 contém, de forma resumida, as características gerais, bem como o enfoque dado ao termo “problematização” em cada um dos artigos analisados no presente trabalho.

Quadro 1: Compilação dos 26 artigos da QNEsc analisados no presente trabalho.

Artigo	Tipo de artigo	Enfoque dado à problematização
Mori e Cunha (2020)	Revisão de literatura	A problematização é o foco central. É apresentada uma síntese de diferentes propostas metodológicas para o ensino de química que têm como foco central o uso de problemas que contribuam para a “construção do conhecimento por meio da reflexão, do diálogo e da participação ativa” (p. 176).
Gonzaga et al. (2019)	Relato de sala de aula	A problematização é abordada como etapa da metodologia dos três momentos pedagógicos utilizada na elaboração de uma atividade interdisciplinar cujo tema central foi a cultura e história afro-brasileiras.
Bouzon et al. (2018)	Revisão de literatura	O termo problematização é usado pontualmente durante a discussão sobre o ensino por abordagem de Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS).
Silva et al. (2018)	Levantamento bibliográfico	O termo problematização é usado pontualmente durante a discussão teórica dos referenciais freireanos sobre a curiosidade.
Winkler et al. (2017)	Relato de sala de aula	A problematização é abordada como parte da metodologia dos três momentos pedagógicos, com aplicação de questionário para levantamento dos conhecimentos prévios dos educandos acerca da temática “Produtos Naturais”.
Loyola e Silva (2017)	Relato de sala de aula	A problematização é abordada como parte da metodologia dos três momentos pedagógicos, com aplicação de questionário seguido de discussão para levantamento de conhecimentos acerca da temática “Plantas Medicinais”.

Quadro 1: Compilação dos 26 artigos da QNesc analisados no presente trabalho (cont.).

Artigo	Tipo de artigo	Enfoque dado à problematização
Kiouranis e Silveira (2017)	Relato de sala de aula	A problematização é abordada como parte da metodologia dos três momentos pedagógicos na abordagem de conceitos da termoquímica e química orgânica. O artigo também desenvolve uma fundamentação teórica robusta sobre a metodologia problematizadora e seu uso no ensino de química.
Silveira e Zanetic (2017)	Pesquisa na área de ensino em química	A problematização é abordada como parte integrante da análise acerca da leitura e aprendizagem no âmbito do ensino de química e do potencial pedagógico do livro <i>O Poço do Visconde</i> , de Monteiro Lobato. Os autores abordam problematização como a proposição de perguntas sistematizadas a fim de aguçar a curiosidade epistemológica dos/as estudantes.
Rodrigues <i>et al.</i> (2017)	Relato de sala de aula	A problematização é abordada como etapa da metodologia dos três momentos pedagógicos utilizada na elaboração de uma sequência didática cujo tema central é o milho.
Broiatti e Stanzani (2016)	Relato de experiência	A problematização é abordada como etapa da metodologia dos três momentos pedagógicos desenvolvida durante estágios no curso de Licenciatura em Química da UEL.
Guaita e Gonçalves (2015)	Pesquisa na área de ensino de química	A problematização é tratada no âmbito da estruturação de uma estratégia de leitura. Os autores também apresentam um embasamento teórico aprofundado para a metodologia dos três momentos pedagógicos.
Silva <i>et al.</i> (2015)	Relato de sala de aula	A problematização é abordada como etapa da metodologia dos três momentos pedagógicos utilizada na elaboração de uma experimentação problematizadora pautada em temas agrícolas. Os autores também apresentam um embasamento teórico aprofundado da educação problematizadora de Paulo Freire.
Souza <i>et al.</i> (2015)	Relato de sala de aula	A problematização é abordada nesse artigo como etapa da metodologia dos três momentos pedagógicos utilizada na elaboração de uma aula investigativa sobre o conceito de densidade. Os autores também apresentam um embasamento teórico aprofundado da educação problematizadora de Paulo Freire.
Francisco Junior e Oliveira, 2015	Relato de sala de aula	A problematização é abordada no âmbito da experimentação problematizadora e como parte do embasamento teórico.
Costa-Beber <i>et al.</i> (2015)	Revisão da literatura	A problematização é apresentada dentro da perspectiva problematizadora de Paulo Freire. Os autores realizaram um diálogo de ideias de vários pensadores contemporâneos da educação, a fim de realizar uma análise da organização curricular.
Zapp <i>et al.</i> (2015)	Relato de sala de aula	A problematização é abordada como parte do embasamento teórico no âmbito da contextualização do experimento usado na intervenção pedagógica.
Silva <i>et al.</i> (2014)	Relato de sala de aula	O termo problematização é usado pontualmente durante a discussão teórica sobre o papel do/a professor/a na formação do/a estudante.
Pazinato e Braibante (2014)	Relato de sala de aula	A problematização é abordada como etapa da metodologia dos três momentos pedagógicos utilizada na elaboração de uma oficina temática sobre composição química dos alimentos.
Braibante <i>et al.</i> (2013)	Relato de sala de aula	A problematização é abordada como etapa da metodologia dos três momentos pedagógicos utilizada na elaboração de uma atividade interdisciplinar, associando química e história.
Fernandes <i>et al.</i> (2013)	Pesquisa de campo	A problematização é abordada neste artigo como parte do embasamento teórico, sendo tratada dentro do contexto CTS.
Wartha <i>et al.</i> (2013)	Análise de textos	A problematização é discutida de forma aprofundada no embasamento teórico, sendo relacionada a Paulo Freire e aos três momentos pedagógicos.
Freitas Filho <i>et al.</i> (2013)	Relato de sala de aula	A problematização é abordada como etapa da metodologia dos três momentos pedagógicos utilizada na elaboração de uma experimentação problematizadora no contexto do rio Capibaribe.
Braibante e Wollmann (2012)	Relato de sala de aula	A problematização é abordada como componente metodológico usado em algumas oficinas desenvolvidas pelos/as estudantes durante o Programa PIBID da UFSM.
Lauthartte e Francisco Junior (2011)	Relato de sala de aula	O termo problematização é usado pontualmente durante a discussão sobre estratégia de ensino e aprendizagem.
Fragal <i>et al.</i> (2011)	Relato de sala de aula	Problematização foi tratada como uma etapa metodológica de uma experimentação investigativa. Os autores também apresentaram um embasamento teórico robusto acerca da metodologia usada e da perspectiva problematizadora.
Francisco Junior e Garcia Júnior (2010)	Relato de sala de aula	A problematização é abordada como parte do embasamento teórico no âmbito da reflexão crítica por parte dos/as estudantes durante o ato de ler.

Na exploração do material, os artigos selecionados da QNEsc foram lidos de forma mais detalhada. Em linhas gerais, 18 (dezoito) traziam alguma proposta ou aplicação didática e, desses, 12 (doze) utilizaram os “momentos pedagógicos” como parte da metodologia. Os demais apresentavam uma análise ou revisão de algum conceito teórico.

No primeiro momento da exploração do *corpus*, foi observado que a unidade de registro “problematização” apareceu 136 (cento e trinta e seis) vezes no corpo do texto dos 26 (vinte e seis) artigos analisados. A composição “problematização inicial” representou 51 (cinquenta e uma) das ocorrências. A unidade de registro “Problematizador/as” foi a segunda variação mais frequente, aparecendo 47 (quarenta e sete) vezes, com a composição “educação problematizadora” representando 8 (oito) desses usos. Adicionalmente, os termos “problematiza/r” aparece 26 (vinte e seis) vezes, “problematizado/as” 30 (trinta) vezes e “problematizando”, 4 (quatro) vezes.

Todos os trechos contendo um ou mais desses termos foram separados, catalogados, analisados e categorizados de acordo com os cinco núcleos de sentido descritos acima. A análise de cada núcleo está detalhada a seguir.

### Problematização como investigação histórica

A unidade de registro “problematização” e suas variações se adequaram a esse núcleo de sentido quando o trecho analisado abordava questionamentos sobre situações vividas no momento presente como estratégia para a investigação da construção histórica da humanidade, dentro do contexto de problematização proposto por Foucault (Gros, 2015). Também foi considerado o uso dos termos no sentido de construção de uma consciência histórico-crítica de reconhecimento do sujeito como autor e testemunha de sua própria história (Freire, 2005a).

Três artigos realizaram aproximações com esses aspectos do termo “problematização” (Gonzaga *et al.*, 2019; Silveira e Zanetic, 2017; Costa-Beber *et al.*, 2015). Os dois primeiros têm como temática central o uso de momentos históricos no desenvolvimento do estudo da química.

Observamos que a problematização enquanto investigação da história foi pouco explorada pelos artigos analisados. Raros foram os exemplos de problematização do hoje e do amanhã, crítica à inexorabilidade do destino, compreensão do presente como tempo de possibilidades ou reflexões sobre os homens e mulheres como seres históricos e inacabados (Freire, 2005b). Para Freire o ser humano é um ser de relações, situado e datado, com possibilidades de ultrapassar os limites temporais e espaciais e de construir sua própria história na relação com o outro e com o mundo. Assim, ele não restringe a ideia de mundo aos aspectos físicos, mas abrange todas as dimensões da sociedade e do sujeito vivenciadas nas relações que se estabelecem entre eles.

Na perspectiva freireana, o mundo está sempre sujeito a mudanças. Não é algo determinado, mas espaço mutável que

encerra problemas, limites, porém apresenta potencialidades, portanto, é histórico e contraditório. “É o saber da história como possibilidade e não como determinação. O mundo não é. O mundo está sendo. [...] No mundo da história, da cultura, da política, constato não para me adaptar mas para mudar” (Freire, 2005b, p. 76-77). Essa visão de inacabamento do mundo dá ao ser humano a possibilidade concreta de transformá-lo com base na percepção de que sua realidade pode mudar.

A interrogação crítica da condição presente do sujeito, levando em conta a experiência humana construída historicamente e trabalhada por Foucault (Chevallier, 2015) também não foi plenamente explorada pelos artigos. O aspecto principal desse núcleo foi o de contextualização histórica da ciência e uso da problematização como ponto de reflexão do papel histórico da ciência e do questionamento da natureza do conhecimento científico.

### Problematização como processo dialógico de ação e reflexão

Esse núcleo de sentido se pauta majoritariamente no conceito de problematização construído por Freire (2005a), no qual o termo “problematização” e suas variações são usados de forma a indicar uma articulação entre a reflexão sobre uma situação e a ação com vistas a transformação social. Só foram incluídos, nesse núcleo, trechos que apresentem um indicativo de *práxis* autêntica, não sendo apenas verbalização, nem ativismo, mas ação e reflexão (Freire, 2005a).

Treze artigos apresentaram trechos que se adequaram a esse núcleo de sentido (Mori e Cunha, 2020; Bouzon *et al.*, 2018; Silva *et al.*, 2018; Kiouranis e Silveira, 2017; Silveira e Zanetic, 2017; Rodrigues *et al.*, 2017; Guaita e Gonçalves, 2015; Silva *et al.*, 2015; Souza *et al.*, 2015; Costa-Beber *et al.*, 2015; Silva *et al.*, 2014; Wartha *et al.*, 2013; Freitas Filho *et al.*, 2013). As principais obras referenciadas nos trechos associados ao presente núcleo são de autoria de Freire. Das 27 (vinte e sete) referências usadas, 12 (doze) foram de obras de Freire, sendo *Pedagogia do Oprimido* a mais citada. Delizoicov foi o segundo autor mais frequente.

Nesse núcleo de sentido, o significado mais concreto é observado quando o/a autor/a apresenta a problematização como um processo que se desenvolve tanto na esfera intelectual quanto da ação. Para Freire (2005a), o diálogo é o princípio pedagógico da educação problematizadora, é ação e reflexão que carrega como intencionalidade a intervenção social. A palavra verdadeira se dá pela *práxis*, que transforma o mundo. Sem ação, a reflexão se torna verbalismo; sem reflexão, a ação se transforma em ativismo vazio.

Outra característica percebida para o presente núcleo de sentido é que os aspectos políticos da pedagogia freireana, com o compromisso da transformação social, geralmente são expressos com a proposição da formação de um pensamento crítico por meio de uma prática dialógica que incorpora reflexão

e ação. Nas palavras de Freire (2005a, p. 44): “[...] quanto mais as massas populares desvelam a realidade objetiva e desafiadora sobre a qual elas devem incidir sua ação transformadora, tanto mais se ‘inserem’ nela criticamente”.

É no movimento dinâmico e dialético entre o fazer e o pensar sobre o fazer que o homem e a mulher substituem a curiosidade ingênua pela curiosidade epistemológica, revelando-se, então, como o ser da *práxis*, sujeito transformador da história e do mundo. Para isso, é fundamental eles/as atuarem, de modo que não se trate de mero ativismo, pois, para a atuação se transformar em *práxis*, precisa estar associada a sério empenho de reflexão.

Para Freire (2005c), a reflexão crítica sobre a ação contribui para que os homens e as mulheres como seres do *quefazer* objetivem o mundo e assim o conheçam e o transformem. Logo, tornam-se preparados para tomar suas decisões livremente, ao enfrentar e superar imposições e exercer sua autonomia, que é uma capacidade da natureza humana de decidir-se, de tomar o próprio destino na mão. Todo *quefazer* é teoria e prática, é reflexão e ação, ou seja, ação fundamentada em teoria que supera os discursos verbalistas ineficazes e o ativismo mecanicista.

300

### **Problematização como atividade de levantamento das concepções prévias (alternativas) ou reflexão sobre elas**

Esse núcleo de sentido se baseia nos conceitos de obstáculos epistemológicos de Bachelard (1996), de forma que o termo “problematização” é entendido como questionamentos que levam os/as estudantes a refletirem sobre seus conceitos ingênuos, confrontando-os com conceitos científicos.

Treze artigos apresentaram trechos que se adequaram a esse núcleo de sentido (Mori e Cunha, 2020; Winkler *et al.*, 2017; Loyola e Silva, 2017; Kiouranis e Silveira, 2017; Silveira e Zanetic, 2017; Rodrigues *et al.*, 2017; Guaita e Gonçalves, 2015; Silva *et al.*, 2015; Pazinato e Braibante, 2014; Braibante *et al.*, 2013; Freitas Filho *et al.*, 2013; Braibante e Wollmann, 2012; Fragal *et al.*, 2011). Desses artigos, 12 (doze) têm o escopo de aplicação de uma proposta didática. Das 23 (vinte e três) referências que aparecem, 14 (quatorze) apresentam Delizoicov como um dos autores. Esses dados indicam uma forte correlação desse núcleo de sentido com a proposta didática dos Três Momentos Pedagógicos.

Os 3 MPs têm base nos conceitos de codificação-problematização-descodificação apresentados por Freire em *Pedagogia do Oprimido* (2005a), especificamente adaptado para o ensino de ciências (Delizoicov, 1991). Além de Freire, Delizoicov também se inspirou nos conceitos de concepções alternativas de Bachelard, de forma que a problematização tem o propósito de revelar o conhecimento já construído pelo/a estudante e que deve ser conhecido pelo/a professor/a, para que ele/a possa confrontá-lo com o conhecimento científico.

Em quase todos os artigos contemplados nesse núcleo (Mori e Cunha, 2020; Winkler *et al.*, 2017; Loyola e Silva, 2017; Kiouranis e Silveira, 2017; Rodrigues *et al.*, 2017; Guaita e Gonçalves, 2015; Silva *et al.*, 2015; Pazinato e Braibante, 2014; Braibante *et al.*, 2013; Freitas Filho *et al.*, 2013; Braibante e Wollmann, 2012; Fragal *et al.*, 2011), o termo “problematização” é associado ao primeiro passo dos 3 MPs, como parte da ferramenta metodológica de levantamento dos conhecimentos iniciais dos/as estudantes sobre um determinado problema.

É importante ressaltar, contudo, que, nos artigos analisados, o levantamento de concepções prévias não vem associado com a ideia de eliminação desse conhecimento e substituição por um conhecimento científico, mas como forma de estimular uma análise crítica e não mais ingênua do conhecimento. A problematização das concepções ingênuas é compreendida no processo de reflexão e conhecimento da realidade e não de abandono dos conhecimentos prévios. Nessa direção, Freire e Faundez (2011, p. 93) afirmam que “não se deve partir do conceito para entender a realidade, mas sim partir da realidade, para através do conceito, compreender a realidade [...] o conceito deve ser considerado como mediação para compreender a realidade”.

Assim, nesse núcleo de sentido, os artigos apresentam problematização sob o prisma de apresentar perguntas, questões, problemas, atividades, etc. que permitam o levantamento dos conhecimentos prévios dos/as estudantes, colocando esses conhecimentos em diálogo com o conhecimento científico. Essas atividades questionadoras também podem estar atreladas ao estímulo da curiosidade do/a estudante, como apresentado pelo artigo de Silveira e Zanetic (2017).

Nesse núcleo de sentido, a curiosidade epistemológica traz uma forte conexão com a educação problematizadora freireana. No livro *Pedagogia da Autonomia*, Freire (2005b) associa a curiosidade epistemológica ao processo de construção de um pensamento crítico, que permite que o sujeito cognoscente alcance um conhecimento aprofundado sobre o objeto cognoscível. Quando os/as autores/as apresentam a problematização por esse enfoque, há maior aproximação do presente núcleo de sentido com o núcleo de sentido da problematização como ação e reflexão.

### **Problematização como etapa de organização do trabalho pedagógico para a transposição didática de um conceito científico**

Esse núcleo de sentido emergiu quando se percebeu que, em vários momentos, os termos eram utilizados apenas com sentido metodológico, sendo o núcleo com o maior número de trabalhos inseridos. Quase todos os artigos analisados, 24 (vinte e quatro), apresentaram ao menos um trecho que se adequava a esse núcleo de sentido, com exceção de dois artigos (Bouzon *et al.*, 2018; Silva *et al.*, 2014). Das 53 (cinquenta e três) referências que aparecem nos trechos, 20 (vinte) apresentam Delizoicov como um dos autores, sendo a obra *Ensino de*



*Ciências*: fundamentos e métodos a mais citada. Essa obra tem como coautores José André Angotti e Marta Maria Pernambuco, que são importantes colaboradores de Delizoicov no desenvolvimento da metodologia dos 3 MPs. Adicionalmente, as obras de Freire foram citadas oito vezes nesse núcleo de sentido.

O uso mais comum dos termos foi o de problematização como um dos passos a ser desempenhado durante o percurso metodológico. Um aspecto em comum, percebido em vários trechos, é a apresentação da problematização como uma metodologia ativa, contextualizada, que se contrapõe ao método bancário. Na educação bancária, o foco é na transferência do conhecimento que está no/a professor/a para preencher o vazio de conhecimento do/a estudante, de forma que a aquisição do objeto de conhecimento finda o processo de aprendizagem. Na educação problematizadora, o objeto cognoscível é mediador da relação dialógica entre professores/as e estudantes, tendo um caráter reflexivo de desvelamento e percepção crítica da realidade. Os/as protagonistas do processo são os sujeitos da educação – estudante e professor/a –, que, juntos, dialogam, problematizam e constroem o conhecimento (Freire 2005a).

Em alguns casos (Francisco Junior e Oliveira, 2015; Zapp, 2015; Pazinato e Braibante, 2014; Braibante *et al.*, 2013), o termo “problematização” é utilizado como sinônimo de proposição de questões para promover o diálogo entre os/as participantes da aula. Contudo, aqui, diálogo não expressa o significado de “palavra verdadeira”, como proposto por Freire (2015a), mas sim de conversa entre os/as participantes. Esse uso é coerente com o significado mais coloquial de problematizar, que seria dar o caráter de problema ou questionar algo (Ribeiro e Neves, 2020).

Alguns artigos (Silva *et al.*, 2018; Silveira e Zanetic, 2017; Wartha *et al.*, 2013) tratam a “problematização” como um qualificador do tipo de atividade pedagógica vivenciada. Quando a atividade envolve a problematização, essa é considerada contextualizada com a realidade dos/as estudantes e com função pedagógica de aprendizagem ativa e crítica. Atividades que não envolvem a problematização são desconectadas da realidade, tradicionais, que não formam um indivíduo crítico, e cujo real significado social do conteúdo não é ensinado.

### **Problematização como processo de reflexão ou contextualização da realidade para estimular o interesse dos/as estudantes, mas sem abordar a perspectiva da ação**

Esse núcleo foi acrescentado após a observação de que vários trabalhos desenvolviam o argumento de reflexão sobre questões sociais em associação ao termo “problematização”, mas sem abordar a perspectiva de ação. Consideramos importante apresentar esse núcleo de sentido, pois, segundo Freire, a educação problematizadora tem a intencionalidade de intervenção na realidade. Para o autor, a reflexão sem ação se torna puro verbalismo: “É uma palavra oca, da qual não se

pode esperar a denúncia do mundo, pois que não há denúncia verdadeira sem compromisso de transformação, nem este sem ação” (Freire, 2005a, p 90).

O intuito com esse núcleo de sentido, contudo, não é fazer uma crítica negativa dos trabalhos, mas propor uma discussão sobre o significado de problematização, cuja aparição é razoavelmente frequente. Dez dos artigos analisados apresentaram ao menos um trecho que se adequaram a esse núcleo de sentido (Mori e Cunha, 2020; Kiouranis e Silveira, 2017; Silveira e Zanetic, 2017; Rodrigues *et al.*, 2017; Guaita e Gonçalves, 2015; Costa-Beber *et al.*, 2015; Fernandes *et al.*, 2013; Wartha *et al.*, 2013; Freitas Filho *et al.* 2013; Fragal *et al.*, 2011). Das 13 (treze) referências que aparecem nos trechos atrelados, seis apresentam Freire como um dos autores.

Nesse sentido, a problematização é colocada como forma de estimular o interesse dos/as estudantes, já que o conteúdo foi apresentado de uma forma contextualizada dentro da realidade que ele/a conhece. Esse aspecto de estimular a curiosidade do/a estudante e transformar a curiosidade ingênua em curiosidade epistemológica também é tratado por Freire (2005b).

### **Considerações finais**

Esta pesquisa objetivou conhecer os referenciais teóricos que fundamentam a perspectiva problematizadora em trabalhos publicados acerca do ensino de química no período de 2010 a 2020 na revista *Química Nova na Escola*, incluindo também um breve panorama do período de 1995 a 2009. No início, tínhamos a hipótese de que as bases filosóficas e epistemológicas freireanas fundamentavam a perspectiva problematizadora de trabalhos desenvolvidos no ensino de química. No decorrer da pesquisa, observamos que a problematização pode apresentar vários significados, e que cada um deles tem um conjunto de autores/as cujas obras fornecem os fundamentos teóricos.

Dos 147 (cento e quarenta e sete) artigos levantados na QNesc no período de 1995 a 2020, 85 (oitenta e cinco) usavam alguma referência ao apresentar as unidades de registro “problematização” ou “problematizador/as”. Dessas referências, os/as autores/as mais frequentes foram Freire, Delizoicov, Angotti e Pernambuco e, por isso, os 26 (vinte e seis) artigos que continham essas referências do período de 2010 a 2020 foram selecionados para uma análise dos significados atribuídos ao termo “problematização”.

Observamos que a concepção de investigação histórica da problematização foi pouco explorada pelos artigos analisados, tendo o núcleo de sentido *problematização como investigação histórica* sido contemplado em apenas três artigos. Quando utilizado, esse significado tinha enfoque central na reflexão do papel histórico da ciência.

O núcleo de sentido *problematização como processo dialógico de ação e reflexão* foi contemplado em treze artigos. Nesse núcleo, a obra *Pedagogia do Oprimido* foi a principal

referência. O conceito central trabalhado foi a reflexão e a ação como elementos constitutivos do diálogo e a formação crítica dos sujeitos a respeito de conceitos científicos socialmente relevantes. Esse foi o núcleo de sentido que demonstrou aprofundamento dos conceitos de educação problematizadora proposta por Freire. Para esse autor (2005a), a problematização é um “convite” ao diálogo entre professor/a e estudantes, no qual ambos vão se instrumentalizar como sujeitos transformadores da realidade, formadores de cultura, construtores de suas próprias histórias.

O núcleo de sentido *problematização como atividade de levantamento das concepções prévias (alternativas) ou reflexão sobre elas* foi contemplado em treze artigos. As obras de Delizoicov foram as mais citadas nos trechos associados a esse núcleo, indicando uma correlação desses conceitos com a metodologia dos Três Momentos Pedagógicos. A problematização ocorre para conhecer as concepções prévias dos/as estudantes, mesclando conceitos de curiosidade epistemológica (Freire, 2005b) e de superação dos obstáculos epistemológicos (Bachelard, 1996).

O núcleo de sentido *problematização como etapa de organização do trabalho pedagógico para a transposição didática de um conceito científico* foi contemplado em 24 (vinte e quatro) artigos. As obras de Delizoicov também foram a mais prevalente nesse núcleo, indicando mais uma vez que a proposta didática dos 3 MPs é uma das principais ressignificações da educação problematizadora freireana para o ensino de química. Um aspecto em comum, percebido em vários trechos classificados, é a apresentação da problematização como uma metodologia ativa, contextualizada que se contrapõe à educação bancária.

O núcleo de sentido *problematização como processo de reflexão ou contextualização da realidade para estimular o interesse dos/as estudantes, mas sem abordar a perspectiva da ação* foi contemplado em dez artigos. Esse núcleo de sentido se distinguiu do segundo por não abordar a perspectiva da ação ao discutir a problematização no ensino de química.

Diante do exposto, percebemos que as obras de Delizoicov, Angotti e Pernambuco estão entre os principais aportes teóricos que fundamentam a problematização no sentido metodológico e de levantamento dos conhecimentos prévios. Essas obras, por sua vez, estão fundamentadas no pensamento político-pedagógico de Freire. As obras de Freire também foram os principais aportes usados para fundamentar a problematização no seu sentido de *práxis* nos artigos analisados, em especial a *Pedagogia do Oprimido*. Adicionalmente, foi percebido que nem sempre a abordagem de ação está presente nas definições de problematização apresentadas pelos artigos.

Diante disso, é possível afirmar que as bases filosóficas e epistemológicas freireanas fundamentam a perspectiva problematizadora no ensino de química. Adicionalmente, os dados revelam o vigor e a atualidade da pedagogia de Freire, e que ela pode contribuir para as diferentes áreas do conhecimento.

## Referências

- ARAUJO FREIRE, M. J. A voz da esposa: A trajetória de Paulo Freire. In: GADOTTI, M. (org.) *Paulo Freire: uma Biobibliografia*. São Paulo: Cortez/Instituto Paulo Freire; Brasília: UNESCO, 1996.
- AZAMBUJA, L. D. *Pedagogia do Oprimido, Pedagogia Histórico-Crítica: aproximações necessárias*. IX Seminário ANPED SUL, 2012.
- BACHELARD, G. *A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento*. Rio de Janeiro: Contraponto Editora, 1996.
- BARDIN, L. *Análise de Conteúdo*. Lisboa: Edições 70, 1977.
- BOUZON, J. D.; BRANDÃO, J. B.; SANTOS, T. C. e CHRISPINO, A. O ensino de química no ensino CTS brasileiro: uma revisão bibliográfica de publicações em periódicos. *Química Nova na Escola*, v. 40, n. 3, p. 214-225, 2018.
- BRAIBANTE, M. E. F. e WOLLMANN, E. M. A influência do PIBID na formação dos acadêmicos de Química Licenciatura da UFSM. *Química Nova na Escola*, v. 34, n. 4, p. 167-172, 2012.
- BRAIBANTE, M. E. F.; PAZINATO, M. S.; ROCHA, T. R.; FRIEDRICH, L. S. e NARDY, F. C. A cana-de-açúcar no Brasil sob um olhar químico e histórico: uma abordagem interdisciplinar. *Química Nova na Escola*, v. 35, n. 1, p. 3-10, 2013.
- BROIETTI, F. C. D. e STANZANI, E. L. Os estágios e a formação inicial de professores: experiências e reflexões no curso de Licenciatura em Química da UEL. *Química Nova na Escola*, v. 38, n. 3, p. 306-317, 2016.
- CATALANI, C. e VELASCO, P. D. N. A maiêutica socrática e o professor lipmaniano: uma relação possível? *Revista Sul-Americana de Filosofia e Educação*, n. 22, p. 2-23, 2014.
- CHEVALLIER, P. Que quer dizer fazer uma história das problematizações? *Mnemosine*, v. 11, n. 2, p. 298-312, 2015.
- COSTA-BEBER, L. B.; RITTER, J. e MALDANER, O. A. O mundo da vida e o mundo da escola: aproximações com o princípio da contextualização na organização curricular da Educação Básica. *Química Nova na Escola*, v. 37, n. Especial 1, p. 11-18, 2015.
- DELIZOICOV, D. *Conhecimento, tensões e transições*. 1991. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, São Paulo: Universidade de São Paulo, 1991.
- DEWEY, J. *How we think*. Boston: Heath, 1910. Disponível em: <https://www.gutenberg.org/files/37423/37423-h/37423-h.htm>, acesso em set 2021.
- FABRE, M. O que é problematizar? Géneses de um paradigma. *Saber & Educar*, n. 16, p. 18-29, 2011.
- FERNANDES, C. S.; ZAMPIRON, E. A.; GONÇALVES, F. P.; MARQUES, C. A.; ODA, W. Y. e DELIZOICOV, D. A explicitação do conhecimento discente acerca de temas ambientais: reflexões para o ensino de Ciências da Natureza. *Química Nova na Escola*, v. 35, n. 1, p. 57-65, 2013.
- FRAGAL, V. H.; MAEDA, S. M.; PALMA, E. P.; BUZATTO, M. B. P.; RODRIGUES, M. A. e SILVA, E. L. Uma proposta alternativa para o ensino de eletroquímica sobre a reatividade de metais. *Química Nova na Escola*, v. 33, n. 4, p. 216-222, 2011.

- FRANCISCO JUNIOR, W. E. e GARCIA JÚNIOR, O. Leitura em sala de aula: um caso envolvendo o funcionamento da ciência. *Química Nova na Escola*, v. 32, n. 3, p. 191-199, 2010.
- FRANCISCO JUNIOR, W. E. F. e OLIVEIRA, A. C. G. Oficinas pedagógicas: uma proposta para a reflexão e a formação de professores. *Química Nova na Escola*, v. 37, n. 2, p. 125-133, 2015.
- FREIRE, P. e FAUNDEZ, A. *Por uma Pedagogia da Pergunta*. 7ª ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2011.
- FREIRE, P. *Pedagogia do oprimido*. 48ª ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2005a.
- FREIRE, P. *Pedagogia da autonomia*. 31ª ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2005b.
- FREIRE, P. *A educação na cidade*. 6ª ed. São Paulo: Cortez, 2005c.
- FREITAS FILHO, J. R.; ALMEIDA, M. A. V.; PINA, M. S. L.; REIS FILHO, A. F.; OLIVEIRA, M. G.; ARRUDA, A. M.; DANTAS, V. A. e SOUZA, M. V. J. Relato de uma experiência pedagógica interdisciplinar: experimentação usando como contexto o Rio Capibaribe. *Química Nova na Escola*, v. 35, n. 4, p. 247-254, 2013.
- GADOTTI, M. *Paulo Freire: uma Biobibliografia*. São Paulo: Cortez/ Instituto Paulo Freire; Brasília: UNESCO, 1996.
- GONZAGA, R. T.; SANTANDER, M. A. e REGIANI, A. M. A cultura afro-brasileira no ensino de química: a interdisciplinaridade da química e a história da cana-de-açúcar. *Química Nova na Escola*, v. 41, n. 1, p. 25-32, 2019.
- GROS, F. Problematização. *Mnemosine*, v. 11, n. 2, p. 296-297, 2015.
- GUAITA, R. I. e GONÇALVES, F. P. A leitura em uma perspectiva progressista e o ensino de química. *Química Nova na Escola*, v. 37, n. 1, p. 53-62, 2015.
- KIOURANIS, N. M. M. e SILVEIRA, M. P. Combustíveis: uma abordagem problematizadora para o ensino de química. *Química Nova na Escola*, v. 39, n. 1, p. 68-74, 2017.
- LAUTHARTTE, L. C. e FRANCISCO JUNIOR, W. E. Bulas de medicamentos, vídeo educativo e biopirataria: uma experiência didática em uma escola pública de Porto Velho – RO. *Química Nova na Escola*, v. 33, n. 3, p. 174-184, 2011.
- LOYOLA, C. O. B. e SILVA, F. C. Plantas medicinais: uma oficina temática para o ensino de grupos funcionais. *Química Nova na Escola*, v. 39, n. 1, p. 59-67, 2017.
- MACHADO, A. R.; MARQUES, C. A. e SILVA, R. M. G. Sentidos e significados de problema e problematização em um processo de (re)planejamento coletivo de uma situação de estudo. *Ciência & Educação (Bauru)*, v. 22, n. 1, p. 23-42, 2016.
- MORI, L. e CUNHA, M. B. Problematização: possibilidades para o ensino de química. *Química Nova na Escola*, v. 42, n. 2, p. 176-185, 2020.
- MURARO, D. N. Relações entre a filosofia e a educação de John Dewey e de Paulo Freire. *Educação & Realidade*, v. 38, n. 3, p. 813-829, 2013.
- 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, E. A.; MARTINS, J. R.; ALVES, V. S. e DELGADO, E. I. A contribuição de John Dewey para a Educação. *Revista Eletrônica de Educação*, v. 3, n. 1, p. 154-161, 2009.
- RIBEIRO, D. e NEVES, F. DICIO: *Dicionário Online de Português: Problematização*. 2020. Disponível em: <https://www.dicio.com.br/problematizacao>, acesso em nov. 2021.
- RODRIGUES, J. B. S.; SANTOS, P. M. M.; LIMA, R. S.; SALDANHA, T. C. B. e WEBER, K. C. O milho das comidas típicas juninas: uma sequência didática para a contextualização sociocultural no ensino de Química. *Química Nova na Escola*, v. 39, n. 2, p. 179-185, 2017.
- SILVA, K. S.; NASCIMENTO, M. C. M.; SIQUEIRA, E. F. V.; SANTOS, K. C. H.; ALVES, M. R.; OLIVEIRA, F. M.; FREITAS, A. J. D. e FREITAS, J. D. A importância do PIBID para a realização de atividades experimentais alternativas no ensino de química. *Química Nova na Escola*, v. 36, n. 4, p. 283-288, 2014.
- SILVA, M. A.; MARTINS, E. S.; AMARAL, W. K.; SILVA, H. S. e MARTINES, E. A. L. Compostagem : experimentação problematizadora e recurso interdisciplinar no ensino de química. *Química Nova na Escola*, v. 37, n. 1, p. 71-81, 2015.
- SILVA, P. B.; CAVALCANTE, P. S.; MENEZES, M. G.; FERREIRA, A. G. e SOUZA, F. N. O valor pedagógico da curiosidade científica dos estudantes. *Química Nova na Escola*, v. 40, n. 4, p. 241-248, 2018.
- SILVA, T. T. Pedagogia do oprimido versus pedagogia dos conteúdos. *Educação, Sociedade & Cultura*, n. 23, p. 207-214, 2005.
- SILVEIRA, M. P. e ZANETIC, J. Monteiro Lobato e Paulo Freire: problematizando *O Poço do Visconde*. *Química Nova na Escola*, v. 39, n. 1, p. 89-103, 2017.
- SOUZA JÚNIOR, M. B. M.; MELO, M. S. T. e SANTIAGO, M. E. A análise de conteúdo como forma de tratamento dos dados numa pesquisa qualitativa em Educação Física escolar. *Movimento*, v. 16, n. 3, p. 31-49, 2010.
- SOUZA, P. V. T.; SILVA, M. D.; AMAURO, N. Q.; MORI, R. C. e MOREIRA, P. F. S. D. Densidade: uma proposta de aula investigativa. *Química Nova na Escola*, v. 37, n. 2, p. 120-124, 2015.
- VINCI, C. F. R. G. A problematização e as pesquisas educacionais: sobre um gesto analítico foucaultiano. *Filosofia e Educação*, v. 7, n. 2, p. 195-219, 2015.
- 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.
- WINKLER, M. E. G.; SOUZA, J. R. B. e SÁ, M. B. Z. A utilização de uma oficina de ensino no processo formativo de alunos de ensino médio e de licenciandos. *Química Nova na Escola*, v. 39, n. 1, p. 27-34, 2017.
- ZANOTTO, M. A. C. e ROSE, T. M. S. Problematizar a própria realidade: análise de uma experiência de formação contínua. *Educação e Pesquisa*, v. 29, n. 1, p. 45-54, 2003.
- ZAPP, E.; NARDINI, G. S.; COELHO, J. C. e SANGIOGO, F. A. Estudo de ácidos e bases e o desenvolvimento de um experimento sobre a “força” dos ácidos. *Química Nova na Escola*, v. 37, n. 4, p. 278-284, 2015.

# The chemistry club as a space for promoting the scientific spirit

## *O clube de química como espaço de promoção da mente científica*

Daniel Matheus da Silva, Lorena O. de Sousa e Ana Cláudia Kasseboehmer

304

**Resumo:** Este artigo explora o desenvolvimento da mente científica dos participantes de um clube de química por meio da aplicação de atividades teóricas e práticas de investigação baseadas na epistemologia de Gaston Bachelard. O clube de química foi estruturado a partir do desenvolvimento de atividades de investigação nas quais os participantes foram supervisionados por monitores que lhes deram o apoio necessário nos processos de investigação. A análise dos dados foi realizada por meio de uma triangulação dos dados obtidos a partir dos questionários respondidos pelos participantes do clube durante as atividades. Os resultados obtidos mostraram que o envolvimento dos participantes nas atividades do clube de química aumentou seu interesse em explorar suas ideias e conhecimentos de ciência e química. Os participantes usavam respostas curtas e superficiais para explicar fenômenos científicos; porém, após a participação nas atividades, os participantes passaram a explicar fenômenos científicos utilizando conhecimentos e conceitos mais aprofundados.

**Palavras-chave:** clube de química, abordagem investigativa, espírito científico, Gaston Bachelard.

**Abstracty:** This article explores the development of the scientific mind of participants of a chemistry club through the application of theoretical and practical inquiry activities based on the thoughts of Gaston Bachelard. The chemistry club was structured based on the development of inquiry activities where the participants were supervised by monitors who provided them with the support they needed in the inquiry processes. Data analysis was conducted through a triangulation of the data obtained from the questionnaires responded by the club participants during the activities. Results show that the participants' engagement in the chemistry club activities boosted their interest in exploring their ideas and knowledge of science and chemistry. Participants used to give short, superficial answers to explain scientific phenomena; however, after their participation in the activities, they began to explain scientific phenomena using more in-depth knowledge and concepts.

**Keywords:** chemistry club, inquiry approach, scientific mind, Gaston Bachelard.

**Daniel Matheus da Silva** ([daniel.matheus.silva@usp.br](mailto:daniel.matheus.silva@usp.br)), licenciado em Ciências Exatas com habilitação em Química, mestre em Ciências pelo Instituto de Química de São Carlos da Universidade de São Paulo. Atualmente é doutorando em ciências no Instituto de Química de São Carlos IQSC/ USP. São Carlos, SP – BR. **Lorena Oliveira de Sousa** ([lorenaoliveirasousa@gmail.com](mailto:lorenaoliveirasousa@gmail.com)), licenciada em Ciências Biológicas, mestre e doutora em Ciências pela Universidade de São Paulo. Atualmente é Pós Doutoranda no Instituto de Química de São Carlos IQSC/ USP. São Carlos, SP – BR. **Ana Cláudia Kasseboehmer** ([claudiaka@iqsc.usp.br](mailto:claudiaka@iqsc.usp.br)), bacharel, licenciada e mestre em Química, doutora em Ciências pela Universidade Federal de São Carlos. Atualmente é docente do Instituto de Química de São Carlos IQSC/ USP. São Carlos, SP – BR.

Recebido em 02/10/2022, aceito em 01/05/2023

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.





Studies have shown that although the majority of the population in Brazil has considerable interest in science, they have little knowledge and information about science (Takahashi and Tandoc, 2016). According to the findings of a research conducted by Villani *et al.* (2010), although 61% of the study participants in Brazil said they had an interest in science, only 20% of them knew the name of a scientific institution in the country (Villani *et al.*, 2010).

In Brazil, the dissemination of scientific knowledge primarily occurs through museums, science centers and magazines. Unfortunately, given the low investment in science and the limited sources of scientific knowledge dissemination in the country, only a tiny portion of the population has access to scientific knowledge and sources of scientific knowledge dissemination. Cazelli and collaborators discuss in their works the need to implement science museums in the Brazilian context, also as a way of extending scientific dissemination and science teaching. The authors also state that, at the present time, it is essential to develop works that can discuss the issues, challenges and possibilities that are fulfilled for museums (Cazelli *et al.*, 2003).

As pointed out in the literature, scientific culture can only be developed when one has a reasonable understanding of scientific concepts and the steps involving the construction of scientific knowledge (Hodson, 2003; Hurtado; Cerezo, 2012; Tala and Vesterinen, 2015). This fundamental understanding allows one to perceive that knowledge is constructed through discussions and should not be transmitted as absolute truths (Tala and Vesterinen, 2015). According to epistemologists, in order to bridge the gap between scientific knowledge and the individual's reality, there is the need to replace simplistic and immediate thinking with a deeper thinking that involves the simultaneous development of rationality, idealism, empiricism, and imagination (Bensaude-Vincent, 2005; Chimisso, 2001; De Lima Mascarelo *et al.*, 2021; Lima and Marielli, 2011); in this way, the students will be able to appreciate the true dynamism of science while striving to construct their scientific knowledge.

In order to gain a holistic understanding of what scientific culture is, the term can be better interpreted under the concept of Bachelard's *esprit scientifique*, which is translated literally from French as scientific spirit (Bachelard, 1996)<sup>i</sup>. For the philosopher, spirit refers to a behavior, a characteristic that develops in people who incorporate specific attitudes and a way of thinking into their daily lives. In the case of the scientific spirit, the individual starts to live and relate to the world and to people through the adoption of attitudes that are typically related to scientific thinking. For purposes of illustration, the scientific spirit in people can be associated with the following: their profound interest in understanding their reality in greater depth; their preference of asking questions over providing answers and not easily accepting what is offered them without any room for criticisms; and using reason and logical reasoning to make their decision.

Some authors use the term "scientific mind" instead of "scientific spirit" to refer to this scientific way of thinking (Fedi, 2017; Stoltzfus and Smith, 2017). Although both terms are correct, their literal translation can be misleading in other languages or in epistemology (Krugly-Smolkska, 2001). To avoid such terminological misunderstanding, in the present work, we use the term "scientific mind" instead of "scientific spirit" because it conveys a more appropriate meaning when one thinks of "scientific culture".

According to Bachelard, having a scientific mind is not just about eliminating contradictory possibilities and finding a unique and commonsensical explanation about a given phenomenon (Bachelard, 2009)<sup>ii</sup>; when one appropriates the forms of scientific knowledge construction, they develop the habit of dialectic thinking, searching for other variables and possible ambiguities in phenomena.

For the philosopher, the development of the scientific mind primarily occurs through three stages/states (Bachelard, 2009; Marcondes *et al.*, 2017), as shown in Table 1. Based on their characteristics, the states are regarded possible indicators of scientific development of the individual, and these states can be used to evaluate the individual's incorporation/appropriation of scientific reasoning into their mindsets.

Table 1: Description of the three states and the main characteristics of each state involving the development of the scientific mind of an individual, as proposed by Bachelard.

STATES	CHARACTERISTICS
<b>Concrete</b>	The mind satisfies itself with simplistic explanations and it is content with the visualization of flashy phenomena.
<b>Concrete-abstract</b>	With the exercise of learning to question and perceive one's errors as an opportunity for growth and maturity, the individual can transcend into the concrete-abstract state when the mind begins to feel more secure from its abstraction.
<b>Abstract</b>	The scientific mind adopts a critical posture in relation to the information it receives and the explanations available, seeks new sources of verification for the ideas presented, and takes pleasure in this process of exercising the mind in the face of a problem.

Studies reported in the literature have shown that the use of alternative environments, other than schools, for the teaching of science based on the systems thinking approach is highly promising for the effective learning of science and chemistry (Eshach, 2007; Godínez Castellanos *et al.*, 2021; Lasker, 2019). In particular, the use of non-formal spaces for the dissemination of scientific knowledge allows one the freedom to learn without the rules and constraints of the school and offers people the opportunity to learn in an environment free from the pressure

of curriculum compliance; this lack of pressure helps reduce the perception that it is difficult to learn chemistry and boosts students' interest in pursuing and continuing their studies in the STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) fields. Reports in the literature show that the fun promoted in these environments – science clubs – helps stimulate the participants' interest in science, apart from boosting their self-esteem and confidence (Bopegedera, 2021; Godínez Castellanos *et al.*, 2021).

As pointed out above, science clubs have great potential to be employed as suitable spaces for the promotion of activities related to scientific knowledge dissemination. The participants can be actively engaged in the performance of the activities held in the clubs with freedom of action, without the pressure imposed upon them in formal learning environments. These non-formal spaces can be used for the development of scientific culture and the popularization of science, making it more accessible to people from different backgrounds. The question that this research seeks to reflect upon is: what is the contribution of a chemistry club to the formation of a scientific mind?

## 306 Methodology

This investigation has a qualitative character, perspective of research based on the inquiry approach and the formation of the scientific mind discussed by Bachelard. A number of studies reported in the literature show that there are different degrees of inquiry openness related to the responsibilities

of the participants at each moment of an inquiry activities, proposed guidelines with different levels of inquiry that can be applied across multiple disciplines to help the teachers and researchers guide the activities performed with the students and the communication between one another. Such guidelines are intended to help avoid the confusion associated with the varied uses of inquiry currently found in the literature (Banchi and Bell, 2008; Blatti *et al.*, 2019; Cuevas *et al.*, 2005). Table 2 summarizes the different degrees of freedom that can be granted to participants (Kasseboehmer *et al.*, 2015).

The Chemistry Club is an extension activity developed by a Brazilian public university and which is held semi-annually since 2015. Figure 1 provides an outline of the integral parts of the club along with its areas of operation. The only restriction for participation in the club is age – the participants were required to be over 15 years old.

The announcement about the opening and functioning of the chemistry club was made in schools and public places. To inform the public about the chemistry club, the posters and other dissemination materials employed contained an explanation about what the chemistry club is, how it functions, and encourage the public to search people who were interested in taking part in the activities and discussions that would be performed in the club.

In the year 2016, the chemistry club had 14 participants: 7 girls and 7 boys, but only 10 participants took part in the activities until the end. Therefore, for the present research, we present the responses of 10 participants who attended the meetings and participated in all activities. All the students

Table 2: Levels of inquiry according to the freedom given to participants.

Level	Materials	Problems	Procedures	Data Collection and Analysis	Conclusions
0	Provided	Provided	Provided	Provided	Provided
1	Provided	Provided	Provided	Provided	Open-ended
2	Provided	Provided	Provided	Open-ended	Open-ended
3	Provided	Provided	Open-ended	Open-ended	Open-ended
4	Open-ended	Provided	Open-ended	Open-ended	Open-ended

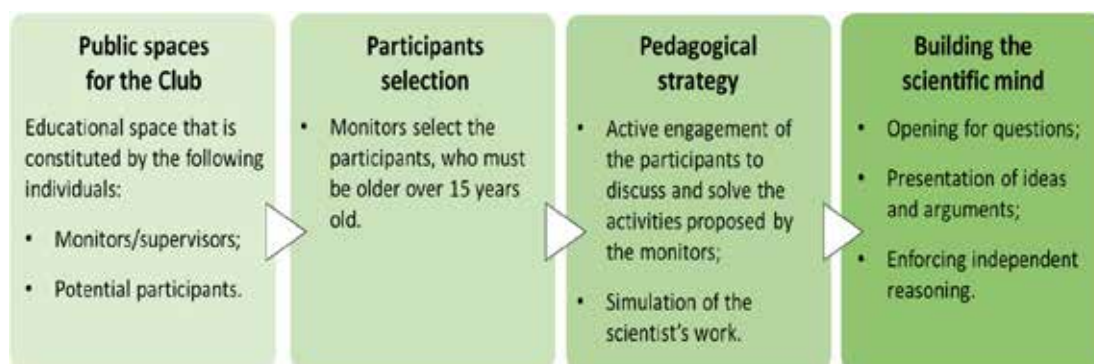


Figure 1: Representation of the methodology developed for the construction of the chemistry club: public spaces for the club; participants selection; pedagogical strategy; building the scientific mind.

were in high school in the city of São Carlos, state of São Paulo, Brazil. Their school hours were at opposite times to the activities of the club. Two students were from public schools: *Escola Técnica Estadual de São Paulo – ETEC Paulo Botelho* (Paulo Botelho State Technical School of São Paulo) and *Escola Estadual Jardim dos Coqueiros* (Coconut Tree Garden State School). Other eight students were from a private school maintained by the Industry Social Service (Serviço Social da Indústria - SESI). Some participants declared interest to participate in the club during lectures on science communication promoted by the University of São Paulo – USP. The students from SESI declared that they had previous experiences with investigative activities in chemistry classes, which may also have increased their interest in the club.

The initial activities were intended to encourage the participants' active engagement in theoretical and practical inquiry activities. In open-ended and exploratory activities, it is essentially important to create a supportive and open atmosphere for students to develop ideas and promote an interactive environment which enforces scientific thinking; by doing so, the participants will develop relevant characteristics and skills that will allow them to overcome and solve the challenges proposed in the activities (Blatti *et al.*, 2019). The first two meetings were used to evaluate the participants' knowledge of science based on how the scientist deals with a problem and to better acquaint the participants with some laboratory equipment and glassware; this familiarization process helped the participants feel more comfortable to participate, since most of them had never set foot in a laboratory before. The explanations provided regarding the functions/uses of the glassware in the laboratory served as "pieces" for the participants to assemble the "puzzle" of the inquiry.

Considering that most of the participants had never performed an experiment or been involved in scientific inquiries, the inquiry was initiated using experiments of lower degrees of freedom – see Table 2. Through these experiments, the participants were able to develop some relevant skills required of a scientist and be familiar with scientific procedures and laboratory instruments. In this stage, two level 2 activities were applied, where the script was provided for the participants to collect data, analyse the data collected and draw up a conclusion. One last activity was applied where the participants were required to propose a procedure to solve the problem presented using the materials they were provided – this corresponds to level 3 in Table 2.

From the third meeting onwards, the participants had the opportunity to experience the first level 4 inquiry activities; at this level, the participants were free to propose their hypotheses and choose which materials and reagents they need to use to perform the experiments. Seven level 4 activities were applied.

To perform the activities in the chemistry club, the participants were allowed to work individually and in pairs; they had the opportunity to initiate discussions and state their

thoughts, hypotheses, methodology, and conclusions about their inquiry.

After proposing the hypotheses in the theoretical part and the experimental procedure in the practical part, the participants were allowed to present their ideas and discuss the relevance and coherence of these ideas. The monitors ensured that the participants' opinions were fully respected and the participants' ideas that seemed incoherent or inappropriate for solving the problems were put forward for discussions as part of the active learning process targeted at the construction of knowledge, as it occurs with scientists.

### Data collection instruments

Although Bachelard does not establish a pedagogical framework to support the construction of the scientific mind, the philosopher points out that phenomenological studies which start from images that are considered easy and familiar can encourage the individual to propose original and unusual hypotheses, and this helps promote one's evolution from the concrete state. In this context, the main objective here is to discuss how the epistemology of Bachelard can help understand the variables involved in the student's arguments, as well as the form, the why and how the participants can develop a scientific mind inside the Chemistry Club, through the application of a qualitative analytical technique (Chin and Osborne, 2008; Merriam and Grenier, 2019; Pazinato *et al.*, 2021).

Data collection and analysis were performed in the 9-week period during the meetings held in the chemistry club; the collection and analysis of data were carried out based on the triangulation of data (Bekhet, 2012). Based on the epistemological observations mentioned above, initial, and final questionnaires were prepared and applied in the first and last days of the chemistry club meetings, respectively. The questions were prepared in order to qualitatively assess the scientific state of mind of the participants before and after taking part in the meetings at the chemistry club. The questionnaires consisted of open questions, which required interpretation of figures. The sheet presented the following question:

"What phenomenon is represented in the images? Explain the phenomenon based on your knowledge. Use everything you have learned at school and outside school".

The images presented included the following: a boat on a beach, a burning matchstick, and two molecules in agitating state. The theoretical inquiry approach was chosen and applied in the activities of the club, aiming to allow the participants to have the freedom to propose and develop hypotheses, without fear of presenting arguments that could be considered wrong, and to avoid seeking to answer a question by trial and error. It was expected that the students tried to answer with arguments that went beyond the macroscopic look, that they reflected on the phenomena, and that they could use previous knowledge

(Cazelli *et al.*, 2003). With these goals in mind, the monitors elaborated the theoretical investigative activities by adapting them from the textbooks approved by the Textbook National Program (Programa Nacional do Livro Ditático - PNLD).

Fieldnotes were used to record the progress of the scientific mind of the participants. Changes in behavior regarding participation and changes in attitudes related to the scientific mind were observed. Furthermore, the answers provided individually by the participants in the initial and final questionnaires, the reactions of the participants during the club meetings, the development of arguments, the employment of scientific terms, the construction of hypotheses, and the progress of the scientific state of the participants were all observed and analysed by the two chemists, one man and one woman, researchers of science communication at the São Carlos Institute of Chemistry (IQSC-USP). This analysis was conducted based on studies previously reported in the literature (Pazinato *et al.*, 2021). Figure 2 provides a simplified illustration of a data collection step.

## Discussions

### 308 The initial questionnaire

The responses provided by the participants in the initial questionnaire indicated that the participants were in the concrete scientific state, while the responses they provided in the final questionnaire showed noticeable changes in the scientific reasoning of the participants – this pointed to the development of the scientific mind. Apart from the questions that were used to test the participants' knowledge of basic scientific concepts in chemistry – such as the notions of chemical and physical transformations – the other questions in the questionnaire were intended to evaluate the following: how the participants

expressed themselves when it comes to elaborating an explanation for a given phenomenon; the participants' usage (or not) of scientific concepts when explaining a phenomenon; the participants' interest/concern in describing their hypotheses in a more or less detailed manner or exploring more than one possibility when explaining a given phenomenon. Considering that the traditional classes do not usually stimulate the development of the scientific mind of their students in an active way, the evolution observed in the participants' scientific mind was attributed to their participation in the chemistry club.

The fact that the participants began to use more scientific concepts and ideas to elaborate their explanation about a given phenomenon indicated that they were concerned with providing better explanation and having a better understanding of the phenomenon – in other words, the participants demonstrated curiosity and value for scientific knowledge. According to Bachelard, an epistemologist must capture the scientific concepts into progressive psychological syntheses, establishing a scale of concepts for each of these syntheses, showing how one gives rise to the other and how they connect. By doing so, the professional will then be able to evaluate the epistemological efficacy of the scientific concepts (Bachelard, 1996). Although few comprehensive investigations were performed in order to adequately capture the pronounced changes that occurred in the responses provided by the participants in the initial and final questionnaires, the results obtained in these investigations showed that the participants experienced a positive change. As pointed in the literature, when people come to understand how scientific knowledge is constructed, they begin to consume this knowledge more and be more critical to knowledge (Camara *et al.*, 2018), and this inevitably helps accelerate the development of the scientific mind.

The first question presented to the participants had images of chemical and physical phenomena, and the participants were

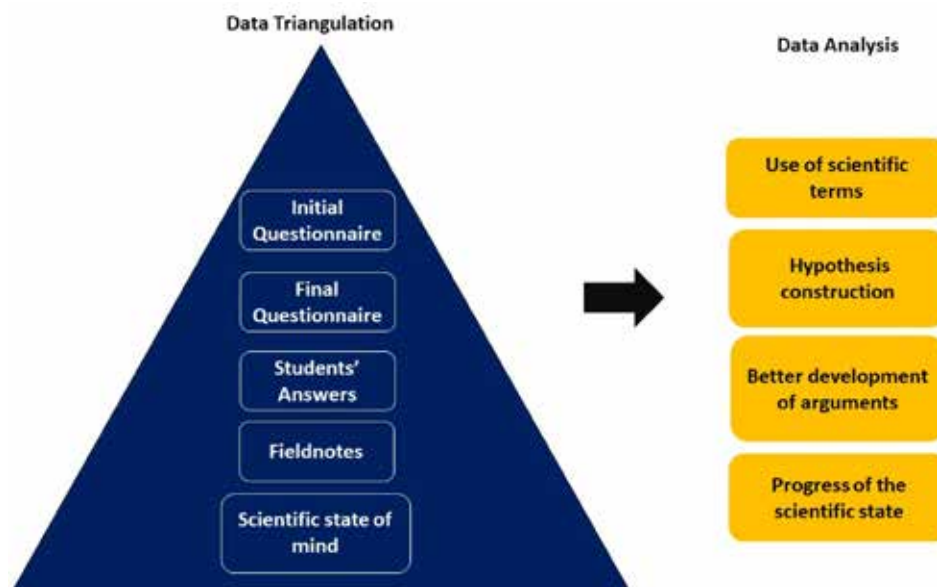


Figure 2: Steps involving data triangulation and analysis.



required to explain these phenomena based on their previous knowledge. For the analysis of the participants' responses, we considered how the participants explained the phenomena and whether they employed scientific terms to explain the phenomena. Of the three images, the participants were only able to provide a more elaborate explanation on the image showing an oxidized metal. The answers provided by the participants in all club activities are identified here by numbers (Participants 1 to 4) to preserve the identity of them and to ease the reading of this article.

One participant attempted to explore the image of the boat on the beach and the knowledge acquired previously to elaborate a sound explanation regarding the phenomenon a boat on a beach. Below is the transcript of the response:

*“The boat in the image illustrates degradation; it shows a rust of its metal (material). This occurs due to the contact of the salt (saline) water with the metal of the boat, causing a reaction that wears that metal”* (Participant 1).

The other participants gave brief explanations about the phenomenon, using few words and concepts: *“The boat is rusting and is in decay”* (Participant 2). In the image showing combustion, one participant only wrote *“phosphorus combustion”* (Participant 3). The participants found the last image, which contained a submicroscopic representation of water molecules before and during the boiling phenomenon, the most difficult to explain. Only two of the participants provided a reasonable response/explanation about the phenomenon, and their answers consisted of a brief explanation that did not explore the concepts as in the other images. Another participant gave the following answer, *“Molecules of water evaporating”* (Participant 4).

The explanations/responses that the participants provided in the initial questionnaire consisted of brief simplistic concepts; this way of explaining scientific phenomena can be assumed to the fact that the participants were trying to remember what they were taught at school by providing a “memorized” answer to explain the phenomena (purely based on rote learning). This may reflect how science is taught in their schools. According to Hodson (1992), in this teaching approach, since the curriculum does not go hand in hand with the real needs of the students, there is no adequate reflection about the contents, and all the teaching process boils down to the transmission of knowledge through rote learning, which has no effective value to the apprentice (Hodson, 2003).

With regard to the use of scientific terms, in general, the participants were found to employ one or two scientific terms in their explanations. The terms used were primarily intuitive; for instance, in the image containing fire, the most cited term was “combustion”. In the case of the image containing a boat on the beach, the terms “degradation” and “rust” were cited more than “oxidation”. For the last image, which showed two molecules in agitating state, the participants cited particles, molecules, and chemical reactions. For the analysis of the scientific mind

of the participants in this first pre-club moment, as pointed out above, the explanations provided by the participants to explain the phenomena were brief, simple, and fast. In their study reported in the literature, Pazinato *et al.* (2021) evaluated the construction of scientific knowledge in high school where they showed that the majority of the answers provided by students in the initial questionnaire were of common sense, subjective and realistic; this observation is found to be perfectly in line with the finding of the present research. According to Bachelard, it is typically characteristic of the pre-scientific mind to satisfy itself with quick explanations about phenomena (Bachelard, 1996). These short responses presented by the participants prior to their engagement in the activities in the chemistry club are clearly indicative of their concrete scientific state, as pointed out by Bachelard (1996).

### The final questionnaire

Compared to the initial questionnaire, in the final questionnaire, the participants exhibited considerable improvements in their scientific state of mind; the participants explored more concepts and ideas in their explanations about the presented phenomena. As it can be observed below, the following participant's response about the image with the boat consisted of a more elaborate explanation for the phenomenon – with the inclusion of the hypothesis that the boat had been in that place for some time:

*“From the image, you can see that the ship has been standing in the same place for a long time and because of the oxidation, the boat has become rusty and damaged”* (Participant 2).

In general, the participants' responses to the questions in the final questionnaire were more elaborate and thoughtful than in the initial questionnaire; they used more detailed information to answer the questionnaire and even tried to create hypotheses aimed at explaining the phenomena they were questioned about, as shown by participant 3 about the burning matchstick:

*“In the image it can be seen the combustion of the fire match with the oxygen making fire as a result”* (Participant 3).

Regarding the image illustrating the molecules, the response given by one of the participants was more elaborate, providing three concepts to explain the phenomenon in the image. Although the explanations given by the participant were simple (as the respondent did not deeply explore and explain the concepts), it clearly showed that the respondent tried to explore the knowledge acquired through the club activities:

*“It can be (related to) the separation of some substance or the evaporation of some substance or the mixing of two substances”* (Participant 4).

Although the answer given by the participant was still devoid of meaningfully complex scientific reasoning, the respondent made some inferences related to experimentation, which is a feature of empiricism or an evolution from concrete-abstract state to abstract (Pazinato *et al.*, 2021).

## About the activities

During the execution of the activities, some signs of changes were observed in development the scientific mind of the participants. At first, the participants were unable to explore the information provided and did not actively engage in the discussions. After some meetings, the participants began participating actively in the discussions (as they found the discussions to be enlightening and thought-provoking), seeking to explore the information provided, questioning the tutor, and striving to elaborate their hypotheses and validation procedures. The participants' active engagement in the activities and discussions showed that the students were able to develop scientific skills and habits after taking part in the inquiry activities (Hofstein *et al.*, 2005). Essentially, this drastic change observed in the participants' behavior points to their scientific maturity. The skills and experience they acquired during the discussions and resolutions of the problems resulted in a paradigm shift whereby the students began to show clear signs of cultural change – scientific mindset; this outcome is in line with some works reported in the literature (Minner *et al.*, 2010; Tala and Vesterinen, 2015).

When one analyses the first activity in the theoretical part, one will observe that all the answers given by the participants are characterized by low order cognitive abilities – know, describe and remember (Zoller, 1993; Zoller and Pushkin, 2007). According to Bachelard, these are characteristics of a mind that is situated in a state that is intermediary to the scientific mind, since the scientific mind requires one to see, perceive the phenomena and arrange the important events in series (Bachelard, 1996). The answers presented by the participants fall under the characteristics of the concrete state, with the demonstration of enthusiasm about the phenomena and limiting their thoughts to the visual and the first images of the phenomenon.

Similar results were obtained during the practical aspect. The participants were found to be confused about what a hypothesis is and the procedure they could use to validate the hypothesis. Although the concepts of hypothesis, procedure, results, and conclusions had been covered in the initial meetings, this experience was unprecedented to the students because it was the first time they were challenged to think freely – with a high degree of freedom. So they were expected to feel insecure when elaborating their responses. Here, one can clearly observe one of the characteristics of the pre-scientific mind discussed by Bachelard. At the pre-scientific mind state, one is satisfied with quick responses and the mere execution of the experiment or the observance of its execution makes the person feel satisfied already; there is no doubt nor speculations, and the mere look at the macroscopic phenomenon is fine, since one does not feel the need to contemplate about the phenomenon in order to come up with some reasonable scientific understanding, explanation and questioning about why and how the phenomenon occurs (Bachelard, 1996).

Compared to the initial activities, better results were obtained in the final activities. In the theoretical part, the participants began to explore more information, providing in-depth explanations in their answers. The participants' answers contained more scientific concepts and terms, along with reasonable explanations about the rationale behind.

In the last theoretical inquiry, although the participants made no significant changes in the conceptual explanations they gave in their responses, they employed more scientific concepts and terms to explain the phenomena. The participants explored the knowledge and information provided, and they demonstrated that they were reasoning more deeply than they did at the beginning (Guest *et al.*, 2006). The participants realized that the answers were supposed to be constructed based on the whole knowledge they have acquired and not in a simpler and less thoughtful way as they did in their schools. This observation is perfectly in line with the study reported by Tala and Vesterinen (2015) who shed light on the individual's understanding of the nature of science. According to these authors, the individual needs to understand how scientific knowledge is constructed and thus understand that scientific knowledge is not made of absolute truth.

Based on the fieldnotes recorded during the activities, we were able to assess any indication of transformations. The fieldnotes pointed to changes in the behavior of the participants. After taking part in the meetings at the chemistry club, the participants began to use more scientific concepts and to question more about the phenomena that occur around them; in addition, the participants appeared to be more involved with scientific issues. This behavior shows that the scientific mind of some of the participants may have evolved, leaving behind some characteristics of the concrete state, such as the enthusiasm and fascination one demonstrates at the first sight of images of a given phenomenon (Pazinato *et al.*, 2021).

Although the participation of the students in the activities of the club was considered positive, the teachers in schools suggested that in future actions, the activities of the club could occur for a longer period of time so that more impacts on the students could be observed. Another difficulty in the development of the research was maintaining a composition of the group of students because new students started after the first activity and others skipped some activities.

The monitors described that during the first activities of the club, the students seemed to be confused with the investigative method in which they had the freedom to propose hypotheses and validations. It is believed that this behavior occurred because it is a different type of activity from what is traditionally proposed in schools.

## Conclusions

The Chemistry Club was designed to be a space where participants could experience theoretical and practical inquiry

activities, with the freedom to reflect, elaborate hypotheses, discuss and test their ideas, and become the protagonists in the construction of their knowledge. The club promoted a didactic and dynamic environment where the mediators supervised the participants in the validation of their hypotheses through dialogue and observation and stimulating discussions between the participants and their peers. The objective of the club with inquiry activities was to make the participants feel as if they were scientists involved in experimentation targeted at the construction of knowledge, experiencing scientific reasoning, using scientific procedures to validate their hypotheses, and drawing their conclusions.

The results obtained from this research show that when students are given the opportunity to take part in theoretical and practical inquiry activities conducted in a chemistry club, this induces the development of their scientific mind – which answers the central question of this research. The participants' records showed that the participation in the Chemistry Club helped the participants explore their ideas in a deeper manner. While in the beginning the participants gave quick answers about the phenomena they were presented, using very few concepts to explain the phenomena, in the final stage of their participation the participants were found to apply more in-depth knowledge and additional concepts to explain the phenomena.

The findings of the present research show that the conduct of inquiry activities in a Chemistry Club can help the scientific mind of the participants to evolve from the concrete state – the state at which the individual demonstrates enthusiasm and fascination at the first sight of a phenomenon, providing immediate, simplistic and less thoughtful responses to explain the phenomenon – to the concrete-abstract or abstract state.

## Acknowledgements

The authors are grateful to the students who participated in this research and São Paulo Research Foundation (FAPESP – Grant #2017/10118-0; #2022/05934-0; #2020/03141-8); Brazilian National Council for Scientific and Technological Development - CNPq (Grants #304087/2021-1; #407164/2022-7; #406767/2022-0).

## Notes

<sup>i</sup>BACHELARD, G. *La formation de l'esprit scientifique* (1938).

<sup>ii</sup>BACHELARD, G. *La Philosophie du non - Essai d'une philosophie du nouvel esprit scientifique* (1940).

## References

- BACHELARD, G. *A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento*. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.
- BACHELARD, G. *A Filosofia do Não - Filosofia do Novo Espírito Científico*. 2nd ed. Rio de Janeiro: Presença, 2009.
- BANCHI, H.; BELL, R. The Many Levels of Inquiry. *Science and Children*, 46, n. 2, p. 26–29, 2008.
- BEKHET, A. K. Methodological Triangulation: An Approach to Understanding Data. *College of Nursing Faculty Research and Publications*, v. 20, p. 12, 2012.
- BENSAUDE-VINCENT, B. Chemistry in the French tradition of philosophy of science: Duhem, Meyerson, Metzger and Bachelard. *Studies in History and Philosophy of Science*, v. 36, p. 627-648, 2005.
- BLATTI, J. L.; GARCIA, J.; CAVE, D.; MONGE, F.; CUCCINELLO, A.; PORTILLO, J.; JUAREZ, B.; CHAN, E. and SCHWEBEL, F. Systems Thinking in Science Education and Outreach toward a Sustainable Future. *Journal of Chemical Education*, v. 96, n. 12, p. 2852-2862, 2019.
- BOPEGEDERA, A. M. R. P. Chemistry in the Public Library: A Long-Standing, Valuable Community Partnership. *Journal of Chemical Education*, v. 98, n. 4, p. 1256-1265, 2021.
- CAMARA, M.; VAN DEN EYNDE, A. M. and CERESO, J. A. L. Attitudes towards science among Spanish citizens: The case of critical engagers. *Public Understanding of Science*, v. 27, n. 6, p. 690-707, 2018.
- CAZELLI, S.; MARANDINO, M. and STUDART, D. Educação e comunicação em museus de ciência: aspectos históricos, pesquisa e prática. *Educação e Museu: a construção social do caráter educativo dos museus de ciências*. Rio de Janeiro: FAPERJ, Editora Access, 2003.
- CHIMISSO, C. *Gaston Bachelard: Critic of Science and the Imagination*. London: Routledge, 2001.
- CHIN, C. and OSBORNE, J. Students' questions: a potential resource for teaching and learning science. *Studies in Science Education*, v. 44, n. 1, p. 1-39, 2008.
- CUEVAS, P.; LEE, O.; HART, J. and DEAKTOR, R. Improving science inquiry with elementary students of diverse backgrounds. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 42, n. 3, p. 337-357, 2005.
- DE LIMA MASCARELO, N.; SIMIONI, S.; ALBIERO, T. Z. and DICKMANN, I. Práticas pedagógicas inovadoras: aprendizagem baseada em projetos e ensino híbrido. *Revista Triângulo*, v. 14, n. 1, p. 1-21, 2021.
- ESHACH, H. Bridging In-school and Out-of-school Learning: Formal, Non-Formal, and Informal Education. *Journal of Science Education and Technology*, v. 16, n. 2, p. 171-190, 2007.
- FEDI, L. The Psychology of the Scientific Mind in the Works of Bachelard and his Predecessors. *Revue d'histoire des sciences*, v. 1, n. 70, p. 175-216, 2017.
- GODÍNEZ CASTELLANOS, J. L.; LEÓN, A.; REED, C. L. and LO, J. Y. *et al.* Chemistry in Our Community: Strategies and Logistics Implemented to Provide Hands-On Activities to K–12 Students, Teachers, and Families. *Journal of Chemical Education*, v. 98, n. 4, p. 1266-1274, 2021.
- GUEST, G.; BUNCE, A. and JOHNSON, L. How many interviews are

- enough? An experiment with data saturation and variability. **Field Methods**, v. 18, n. 1, p. 59-82, 2006.
- HODSON, D. In search of a meaningful relationship - an exploration of some issues relating to integration in science and science education. **International Journal of Science Education**, v. 14, n. 5, p. 541-562, 1992.
- HODSON, D. Time for action: science education for an alternative future. **International Journal of Science Education**, v. 25, n. 6, p. 645-670, 2003.
- HOFSTEIN, A.; NAVON, O.; KIPNIS, M. and MAMLOK-NAAMAN, R. Developing students' ability to ask more and better questions resulting from inquiry-type chemistry laboratories. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 42, n. 7, p. 791-806, 2005.
- HURTADO, M. C. and CERESO, J. A. L. Political dimensions of scientific culture: highlights from the Ibero-American survey on the social perception of science and scientific culture. **Public Understanding of Science**, v. 21, n. 3, p. 369-384, 2012.
- KASSEBOEHMER, A. C.; HARTWIG, D. R. and FERREIRA, L. H. **Contém química 2: pensar, fazer e aprender pelo método investigativo**. 2nd ed. São Carlos: Pedro & João Editores, 2015.
- KRUGLY-SMOLSKA, E. Chapter Two: Bachelard as Constructivist. **Counterpoints**, v. 137, p. 41-55, 2001.
- LASKER, G. A. Connecting Systems Thinking and Service Learning in the Chemistry Classroom. **Journal of Chemical Education**, v. 96, n. 12, p. 2710-2714, 2019.
- LIMA, M. A. M. and MARIELLI, M. A epistemologia de Gaston Bachelard: Uma ruptura com as filosofias do imobilismo. **Revista de Ciências Humanas**, v. 45, p. 396-406, 2011.
- MARCONDES, M. I.; LEITE, V. F. A. and RAMOS, R. K. Theory, practice and research in initial teacher education in Brazil: challenges and alternatives. **European Journal of Teacher Education**, v. 40, n. 3, p. 326-341, 2017.
- MERRIAM, S. B. and GRENIER, R. S. **Qualitative Research in Practice: Examples for Discussion and Analysis**. 2nd ed. New York: Jossey-Bass, 2019.
- MINNER, D. D.; LEVY, A. J. and CENTURY, J. Inquiry-Based Science Instruction - What Is It and Does It Matter? Results from a Research Synthesis Years 1984 to 2002. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 47, n. 4, p. 474-496, 2010.
- PAZINATO, M. S.; BERNARDI, F. M.; MIRANDA, A. C. G. and BRAIBANTE, M. E. F. Epistemological Profile of Chemical Bonding: Evaluation of Knowledge Construction in High School. **Journal of Chemical Education**, v. 98, n. 2, p. 307-318, 2021.
- STOLTZFUS, B. E. N. and SMITH, R. C. *The Comparatist*. **The Comparatist**, v. 41, p. 383-388, 2017.
- TAKAHASHI, B. and TANDOC, E. C. Media sources, credibility, and perceptions of science: Learning about how people learn about science. **Public Understanding of Science**, v. 25, n. 6, p. 674-690, 2016.
- TALA, S. and VESTERINEN, V. M. Nature of Science Contextualized: Studying Nature of Science with Scientists. **Science & Education**, v. 24, n. 4, p. 435-457, 2015.
- VILLANI, A.; DIAS, V. S. and VALADARES, J. M. The Development of Science Education Research in Brazil and Contributions from the History and Philosophy of Science. **International Journal of Science Education**, v. 32, n. 7, p. 907-937, 2010.
- ZOLLER, U. Are lecture and learning compatible? - maybe for LOCS - unlikely for HOCS. **Journal of Chemical Education**, v. 70, n. 3, p. 195-197, 1993.
- ZOLLER, U. and PUSHKIN, D. Matching Higher-Order Cognitive Skills (HOCS) promotion goals with problem-based laboratory practice in a freshman organic chemistry course. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 8, n. 2, p. 153-171, 2007.



### 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 (citação no texto entre parênteses):

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.

### 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: Marcelo Giordan (USP)

Visa a aproximar o leitor das aplicações das tecnologias da informação e comunicação no contexto do ensino-aprendizado de Química, publicando resenhas de produtos e artigos/notas teóricos e técnicos. Deve-se explicitar contribuições para o processo de ensino-aprendizagem.

Limite de páginas: 15

#### ● ESPAÇO ABERTO

Responsável: 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: José Luís de Paula Barros Silva (UFBA)

Discussão de conceitos básicos da Química, procurando evidenciar sua relação com a estrutura conceitual da Ciência, seu desenvolvimento histórico e/ou as principais dificuldades e alternativas para o ensino.

Limite de páginas: 20

#### ● HISTÓRIA DA QUÍMICA

Responsável: Paulo Porto (USP)

Esta seção contempla a História da Química como parte da História da Ciência, buscando ressaltar como o conhecimento científico é construído. Deve-se apresentar dados históricos, preferencialmente, de fontes primárias e explicitar o contexto sociocultural do processo de construção histórica.

Limite de páginas: 15

#### ● ATUALIDADES EM QUÍMICA

Responsável: Edvaldo Sabadini (Unicamp)

Procura apresentar assuntos que mostrem como a Química é uma ciência viva, seja com relação a novas descobertas, seja no que diz respeito à sempre necessária redefinição de conceitos. Deve-se explicitar contribuições para o ensino da Química.

Limite de páginas: 15

#### ● RELATOS DE SALA DE AULA

Responsável: Nyuara Araújo da Silva Mesquita (UFG)

Divulgação das experiências dos professores de Química, com o propósito de socializá-las junto à comunidade que faz educação por meio da Química, bem como refletir sobre elas. Deve-se explicitar contribuições da experiência vivenciada e indicadores dos resultados obtidos.

Limite de páginas: 20

### ● **ENSINO DE QUÍMICA EM FOCO**

Responsável: 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.

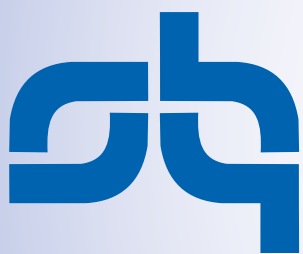
Limite de páginas: 10

### ● **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.



*Publi***SBQ**  
Sociedade Brasileira de Química