química nova na escola

VOLUME 45

Nº 1, FEVEREIRO 2023

5 Trilha do Metano: uma proposta de jogo didático sobre saneamento básico e aproveitamento energético do esgoto sanitário para o ensino de Química
Ewerton Nonnenmacher, Ana C. Lazaroto, Mayra Alonço, Claudia A. Fioresi e Letiére C. Soares

14 A história do promécio e o conceito de descoberta científica
Lucas dos S. Fernandes

20 Aplicação de ferramentas pedagógicas na disciplina de Química Orgânica I de forma remota
Pedro H. Damada e André L. M. Porto

30 Projeto "Ciência e Pandemia": análise de uma intervenção pedagógica para aumentar a participação dos alunos nas atividades remotas de Ciências e Matemática
Ívina L. Santana, Luciana R. do Nascimento, Cecília F. Martins, Thays F. Souza, Maria de Fátima F. Lelis, Marcos B. J. G. de Freitas e Paulo Rogerio G. de Moura

39 Análise e caracterização das provas da Olimpíada de Química do Rio Grande do Sul
Caroline S. Koch, Tania D. M. Salgado, Maurícius S. Pazinato e Camila G. Passos

51 O uso de mangás como recurso didático para o ensino de Química
Fabio H. B. Lopes, Alice C. S. L. M. de Souza, Elise M. F. Cunha e Joci N. A. Macedo

60 Ensino de eletroquímica no ensino médio por meio de uma atividade experimental com abordagem de equilíbrios simultâneos de oxidorredução e de complexação
Nathália J. Silveira, Jaqueline F. Sousa, Júnia F. Teixeira, Luís A. da Silva e Valéria A. Alves

69 Explorando o pensamento químico de licenciandos em aulas experimentais remotas
Fernanda G. de Almeida e Fabiele C. D. Broietti

química nova NA ESCOLA

ISSN 0104-8899 - ISSN (on-line) 2175-2699

FEVEREIRO 2023
Vol. 45, Nº 1

EDITORES

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

CONSELHO EDITORIAL

Alice Ribeiro Casimiro Lopes (FE-UERJ - Rio de Janeiro, RJ - Brasil)
António Francisco Carrelhas Cachapuz (UA - Aveiro, Portugal)
Attico Inacio Chassot (IPA - Porto Alegre, RS - Brasil)
Aureli Caamaño (UB - Barcelona, Espanha)
Edênia Maria Ribeiro do Amaral (UFRPE - Recife, PE - Brasil)
Eduardo Fleury Mortimer (UFMG - Belo Horizonte, MG - Brasil)
Gisela Hernández (UNAM - Cidade do México, México)
José Claudio Del Pino (UNIVATES - Lajeado, RS - Brasil)
Julio Cezar Foschini Lisbôa (GEPEQ-USP - São Paulo, SP - Brasil)
Lenir Basso Zanon (UNIJUÍ - Ijui, RS - Brasil)
Marcelo Giordan (FE-USP - São Paulo, SP - Brasil)
Otávio Aloísio Maldaner (UNIJUÍ - Ijui, 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 fotocopiagem, gravação, mídia magnética ou algum outro modo com fins comerciais, sem permissão por escrito da detentora do *copyright*.

Embora todo esforço seja feito pela SBQ, Editores e Conselho Editorial para garantir que nenhum dado, opinião ou afirmativa errada ou enganosa apareçam nesta revista, deixa-se claro que o conteúdo dos artigos e propagandas aqui publicados são de responsabilidade, única e exclusivamente, dos respectivos autores e anunciantes envolvidos. Consequentemente, a SBQ, o Conselho Editorial, os Editores e respectivos funcionários, diretores e agentes isentam-se, totalmente, de qualquer responsabilidade pelas consequências de quaisquer tais dados, opiniões ou afirmativas erradas ou enganosas.

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

diagramação/capa
Hermano Serviços de Editoração

Sumário/Contents

Química e Sociedade / Chemistry and Society

5 Trilha do Metano: uma proposta de jogo didático sobre saneamento básico e aproveitamento energético do esgoto sanitário para o ensino de Química
Methane's Trail: a didactic game proposal about basic sanitation and energetic use of sanitary sewage for Chemistry teaching
Ewerton Nonnenmacher, Ana C. Lazaroto, Mayra Alonço, Claudia A. Fioresi e Letiére C. Soares

História da Química / History of Chemistry

14 A história do promécio e o conceito de descoberta científica
The history of the promethium and the scientific discovery concept
Lucas dos S. Fernandes

Relatos de Sala de Aula / Chemistry in the Classroom

20 Aplicação de ferramentas pedagógicas na disciplina de Química Orgânica I de forma remota
Remote application of pedagogical tools in Organic Chemistry I
Pedro H. Damada e André L. M. Porto

Ensino de Química em Foco / Chemical Education in Focus

30 Projeto "Ciência e Pandemia": análise de uma intervenção pedagógica para aumentar a participação dos alunos nas atividades remotas de Ciências e Matemática
"Science and Pandemic" project: analysis of a pedagogical intervention to increase student participation in remote activities
Ívina L. Santana, Luciana R. do Nascimento, Cecília F. Martins, Thays F. Souza, Maria de Fátima F. Lelis, Marcos B. J. G. de Freitas e Paulo Rogerio G. de Moura

39 Análise e caracterização das provas da Olimpíada de Química do Rio Grande do Sul
Analysis and characterization of tests Rio Grande do Sul Chemistry Olympiad
Caroline S. Koch, Tania D. M. Salgado, Maurícius S. Pazinato e Camila G. Passos

O Aluno em Foco / The Student in Focus

51 O uso de mangás como recurso didático para o ensino de Química
The use of mangas as a didatic resource for teaching chemistry
Fabio H. B. Lopes, Alice C. S. L. M. de Souza, Elise M. F. Cunha e Joci N. A. Macedo

Experimentação no Ensino de Química / Practical Chemistry Experiments

60 Ensino de eletroquímica no ensino médio por meio de uma atividade experimental com abordagem de equilíbrios simultâneos de oxidorredução e de complexação
Teaching electrochemistry in high school through an experiment involving simultaneous equilibria of oxidation-reduction and complexation
Nathália J. Silveira, Jaqueline F. Sousa, Júnia F. Teixeira, Luís A. da Silva e Valéria A. Alves

Cadernos de Pesquisa / Research Letters

69 Explorando o pensamento químico de licenciandos em aulas experimentais remotas
Exploring the chemical thinking of licensees in remote experimental classes
Fernanda G. de Almeida e Fabiele C. D. Broietti

http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160318

Futuro promissor

Não foram poucos os Editoriais de cunho pessimista publicados nesta revista durante o período de vigência da administração federal encerrada em dezembro de 2022. Passar os olhos por alguns deles pode até despertar nos leitores lembranças da coleção de livros infanto-juvenis denominada *Desventuras em série*, de Lemony Snicket, que traz a narrativa da trágica infância dos irmãos Violet, Klaus e Sunny Baudelaire a partir do momento em que se tornam órfãos. De fato, somente situações nas quais momentos desventurosos se mostraram, recorrentemente, mais duradouros que os de tranquilidade, são capazes de justificar títulos como os que seguem: "Desmonte da Educação e da pesquisa no Brasil"; "Novas Diretrizes, velhos problemas"; "ENEM, a vítima da vez"; "Esperança, mesmo que em tempos difíceis"; "A pesquisa científica no Brasil agoniza". Portanto, é com imensa satisfação e grande dose de alívio e esperança, que escrevemos este Editorial e o denominamos "Futuro promissor".

Notícias relacionadas à preservação do meio ambiente, com a retomada da composição dos órgãos responsáveis pelo Fundo Amazônia e Fundo Clima, em oposição ao estrangulamento de órgãos ambientais, dentre outras ações, são auspiciosas e voltam a ocupar espaço na mídia. O abandono da postura omissa do governo federal frente à tragédia humanitária vivenciada na Terra Indígena Yanomami, por sua vez, ameniza a vergonha de toda uma nação, que tem se mostrado atônita e aturdida diante de imagens de crianças e idosos em situação de desnutrição e completo descaso. No Ministério da Educação, que recentemente sofreu com gestões curtas e polêmicas, registra-se a chegada ao comando do ex-governador do Ceará, Camilo Santana, estado onde o Programa de Alfabetização na Idade Certa (PAIC) tem rendido ótimos frutos. É de se destacar também a posse de Ricardo Galvão na presidência do CNPq, respeitado cientista que fora exonerado de maneira infame da diretoria do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais em 2019, após denunciar os dados mentirosos que eram divulgados pelo governo na ocasião para acobertar o desmatamento na Amazônia. São ainda da mais extrema relevância as iniciativas contundentes tomadas no sentido de proteger as instituições republicanas, atacadas de forma ultrajante no dia 8 de janeiro do corrente ano, e conferem ao povo brasileiro esperanças em um futuro promissor.

Confiando na chegada de tempos melhores, *Química Nova na Escola* apresenta aos leitores mais uma edição. Neste número, ganham destaque experiências relacionadas ao período no qual as aulas presenciais foram suspensas a fim de prevenir a transmissão da covid-19. No que se refere ao Ensino Médio, o artigo "Projeto 'Ciência e Pandemia': análise de uma intervenção pedagógica para aumentar a participação dos alunos nas atividades remotas de ciências e matemática" relata uma atividade didática na qual foram estabelecidas associações entre tópicos que vinculam a ciência e a pandemia, tendo sido observada uma acentuação no engajamento dos alunos no ensino remoto. No Ensino Técnico, foi aplicado um projeto de ensino interdisciplinar, baseado na criação de um mangá, em disciplinas de química geral, química ambiental e biossegurança, no qual os alunos lidaram com temáticas como energia, meio ambiente, biossegurança, radiação, ética e inclusão no ambiente de trabalho, apresentado no artigo "O uso de mangás como recurso didático para o ensino de química". No Ensino Superior, foram divulgadas duas ações em disciplinas oferecidas, respectivamente, em cursos de bacharelado e licenciatura em química: a primeira, descrita no artigo "Aplicação de ferramentas pedagógicas na disciplina de química orgânica I de forma remota", enfatizou o oferecimento de monitorias e de solicitação de resolução de listas de exercícios, além da construção de mapas conceituais e da leitura de textos de divulgação científica; a segunda, relatada no texto "Explorando o pensamento químico de licenciandos em aulas experimentais remotas", dedicou especial atenção à viabilização de aulas experimentais remotas, com abordagem investigativa, priorizando o uso do pensamento químico por parte dos alunos.

Nesta edição também estão presentes assuntos que, com assiduidade, estampam as páginas de *Química Nova na Escola,* como as atividades lúdicas e as experimentais. No artigo "Trilha do Metano: uma proposta de jogo didático sobre saneamento básico e aproveitamento energético do esgoto sanitário para o ensino de química", o jogo desenvolvido pelos autores é dividido em etapas, que incluem o esgoto sanitário, coleta e tratamento, rota metabólica e aproveitamento energético, e permite a abordagem de questões conceituais, socioambientais e culturais. No artigo "Ensino de eletroquímica no ensino médio por meio de uma atividade experimental com abordagem de equilíbrios simultâneos de oxirredução e de complexação" é apresentada ao leitor a montagem e utilização de um *kit*

Este é um artigo de acesso aberto distribuído sob os termos da Licença de Atribuição Creative Commons

experimental sobre a temática em questão, tendo em vista o incremento do processo de ensino e aprendizagem.

Completam esta edição os artigos "A história do promécio e o conceito de descoberta científica" e "Análise e caracterização das provas da Olimpíada de Química do Rio Grande do Sul". A descoberta do promécio, reconhecida apenas em 1947, dá margem para discussões envolvendo aspectos da história e filosofia das ciências, enquanto reflexões oriundas da pesquisa sobre as Olimpíada de Química do Rio Grande do Sul podem contribuir com o aperfeiçoamento de provas dessa natureza

Desejamos a todos uma ótima leitura e fé no futuro, que seja, de fato, promissor!

Paulo Alves Porto
Salete Linhares Queiroz
Editores de QNEsc

http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160291

Trilha do Metano: uma proposta de jogo didático sobre saneamento básico e aproveitamento energético do esgoto sanitário para o ensino de Química

Ewerton Nonnenmacher, Ana C. Lazaroto, Mayra Alonço, Claudia A. Fioresi e Letiére C. Soares

Neste artigo propomos o desenvolvimento de um jogo didático, do tipo trilha, sobre saneamento básico e aproveitamento energético do biogás, dividido em quatro etapas: 1) Esgoto sanitário: abordando conteúdos relacionados às características físico-químicas do esgoto sanitário; 2) Coleta e tratamento: perguntas relacionadas a coleta, tratamento e impactos ambientais do esgoto sanitário; 3) Rota metabólica: aborda reações químicas envolvidas no processo de digestão anaeróbia; 4) Aproveitamento energético: composição química do biogás e as possibilidades do seu aproveitamento como fonte de energia. Esta proposta aborda questões conceituais, sócio-ambientais e culturais e apresenta possibilidades para ser trabalhada em sala de aula envolvendo conteúdos de Química.

▶ biogás, ensino de química, esgoto sanitário ◀

Recebido em 13/06/2021, aceito em 08/01/2022

No ambiente escolar é fundamental a utilização de diferentes estratégias metodológicas que auxiliem no processo de ensino e aprendizagem e que estejam contextualizadas com o meio em que os estudantes estão inseridos. Dentre essas estratégias apresentamos o jogo didático como um importante recurso para ser utilizado em sala de aula. No entanto, definir o que é um jogo didático é uma tarefa difícil, pois refere-se a vários significados atrelados ao contexto. De modo geral, o jogo pode ser definido pelas regras que o caracterizam, objetivos utilizados e significados atribuídos de acordo com a cultura em questão (Soares, 2013).

Os jogos didáticos representam uma ferramenta importante no processo de ensino e aprendizagem, pois estimulam a cooperação e o pensamento crítico saudável dos participantes (Pontes *et al.*, 2020). Por manter um equilíbrio entre as funções lúdicas e educativas, o jogo didático é considerado uma atividade diferenciada com o intuito de aprender conteúdos e conceitos (Cunha, 2012).

Os jogos didáticos representam uma ferramenta importante no processo de ensino e aprendizagem, pois estimulam a cooperação e o pensamento crítico saudável dos participantes (Pontes *et al.,* 2020). Por manter um equilíbrio entre as funções lúdicas e educativas, o jogo didático é considerado uma atividade diferenciada com o intuito de aprender conteúdos e conceitos (Cunha, 2012).

A função lúdica está relacionada ao prazer e à diversão, enquanto a função educativa refere-se a qualquer elemento que acrescente saberes e conhecimentos. Kishimoto (1996) adverte: o equilíbrio entre as duas funções é o que caracteriza um jogo didático. Soares (2008) acrescenta que, se o jogo ou a atividade lúdica buscarem um local de descontração e prazer sem se preocupar com os resultados, o mesmo deve ser considerado somente um jogo. Para o caso contrário, se o foco principal for o desenvolvimento de habilidades conceituais, ele perde o sentido e passa ser considerado um material pedagógico.

Quando aplicado de forma adequada, o desafio colocado pelo jogo didático aguça a busca por conceitos, termos e definições, familiarizando os estudantes com os conteúdos a serem estudados. Dessa forma, os jogos didáticos se tornam motivadores na busca de soluções e estratégias (Borges *et al.*, 2016).

Para este estudo, escolhemos o jogo de trilha por representar um recurso complementar, facilitador e alternativo para o ensino de química, proporcionando melhor compreensão dos conteúdos e conceitos (Batista *et al.*, 2010). O

Este é um artigo de acesso aberto distribuído sob os termos da Licença de Atribuição Creative Commons

jogo de trilha vem sendo utilizado em algumas propostas de ensino de química, por exemplo, para trabalhar os conteúdos de cinética química (Moura *et al.*, 2012), estequiometria (Tonetto *et al.*, 2015), funções orgânicas (Borges *et al.*, 2016) e química inorgânica (Da Silva *et al.*, 2015). Além disso, o jogo de trilha permite a inserção de situações-problemas locais, provocando reflexões sobre o local em que os participantes vivem, gerando criticidade em relação aos problemas, consciência e sentimento de pertencimento (Neves e Oliveira, 2019).

Nesse sentido, esta proposta de jogo didático surge das experiências adquiridas ao cursar a disciplina de Estágio Curricular Supervisionado no Ensino Médio. Naquela oportunidade, o esgoto sanitário foi empregado como temática para desenvolver os conteúdos de cinética química e equilíbrio químico. Em paralelo à abordagem dos conteúdos, realizamos a construção de um modelo de biodigestor para demonstrar o poder calorífico do biogás.

Assim, a partir dessa experiência, emergiu a necessidade da construção de um jogo didático com o objetivo de contextualizar conteúdos de química ambiental, química orgânica, físico-química, microbiologia e bioquímica. A elaboração do jogo de trilha resultou em um trabalho de conclusão de curso embasado em uma revisão bibliográfica para complementar os aspectos relacionados ao jogo. Julgamos importante, coerente e relevante sua construção para que possa ser replicado, adaptado e desenvolvido por se tratar de uma ferramenta facilitadora para a inserção de temas nas aulas de Química. Assim, o desenvolvimento desse jogo didático permite trabalhar os temas de saneamento básico e aproveitamento energético do biogás gerado no tratamento do esgoto sanitário, relacionando-os ao ensino de Química e às questões socioambientais.

Elaboração e desenvolvimento do jogo

A *trilha do metano* possibilita trabalhar diferentes habilidades que são essenciais para a formação dos alunos, coloca o professor como mediador da aprendizagem e os alunos tornam-se sujeitos ativos dos processos de pesquisa, ensino e aprendizagem.

Esse jogo pode ser confeccionado da seguinte maneira: 1 - uma trilha composta por 16 casas numeradas, divididas em 4 cores; 2 - setenta e duas cartas perguntas, divididas em 4 cores; 3- um dado para definir a equipe que começa jogando; 4- as letras C, H e O representando os personagens de cada equipe; 5 - três fichas "recuperação" e três fichas "consulta".

A proposta de um jogo coletivo é importante para a formação dos alunos, pois possibilita o diálogo, reforça as interações interpessoais, e melhora o convívio em sala de aula e demais espaços escolares. Assim, para alcançar um bom desenvolvimento do jogo em sala de aula, é importante apresentar as regras do jogo de maneira simples e objetiva, uma vez que, de acordo com Soares (2008), regras simples contribuem para desenvolvimento do jogo e melhoram o ensino e aprendizagem dos conteúdos. Regras muito longas não são recomendadas por se tornarem cansativas. As regras devem ser bem explicadas ou as dúvidas geradas pelos jogadores podem atrasar a realização da atividade. É importante também que, antes de começar o jogo, as regras sejam entregues por escrito.

Quadro 1: Regras de desenvolvimento do jogo Trilha do Metano

1- Os participantes podem formar duas ou três equipes por tabuleiro;
2- Cada equipe elege um líder. O líder participará da definição dos personagens, ordem das jogadas, condução do personagem na trilha, leitura das perguntas e repasse das respostas;
3- Cada jogo terá um árbitro que irá verificar as respostas e repassar a ação das equipes;
4- Respostas corretas: o personagem avança uma casa e a pergunta é retirada do jogo.
5- Para respostas incorretas: 1ª etapa - permanece onde está; 2ª etapa - volta uma casa; 3ª etapa - volta duas casas; 4ª etapa - volta ao início da etapa.
6- Resposta incorreta: a pergunta é retirada do jogo e pode retornar caso acabem as fichas da respectiva etapa.
7- Ficha recuperação: cada equipe recebe uma ficha. Poderá ser utilizada 1 vez no jogo quando errar uma resposta ou substituindo-a por outra ficha. No caso de errar a nova oportunidade, a equipe ficará de fora da próxima rodada.
8- Ficha consulta: pode ser utilizada uma vez no jogo. Oportuniza a consulta em material de apoio (caderno e livro). No caso de errar a resposta retorna ao início da etapa.
9- A equipe que atingir o objetivo será a vencedora. As demais continuarão jogando até definir a segunda e terceira colocadas.

O tabuleiro (Figura 1) é composto por ilustrações que representam as etapas de geração, coleta, tratamento do esgoto sanitário e posterior liberação do efluente tratado. De acordo com Silva *et al.* (2017), a estética da atividade lúdica deve ser considerada na elaboração da proposta. Dessa forma, acreditamos que as características visuais do tabuleiro tenham um papel motivacional para os alunos e sejam importantes para uma melhor aceitação da atividade.

As cartas elaboradas para esse jogo são de caráter múltipla escolha, contendo três alternativas por questão. No entanto, o material pode ser adaptado de acordo com as estratégias e objetivos elencados pelo professor. No Anexo 1,

A elaboração do jogo de trilha resultou em um trabalho de conclusão de curso embasado em uma revisão bibliográfica para complementar os aspectos relacionados ao jogo. Julgamos importante, coerente e relevante sua construção para que possa ser replicado, adaptado e desenvolvido por se tratar de uma ferramenta facilitadora para a inserção de temas nas aulas de Química.

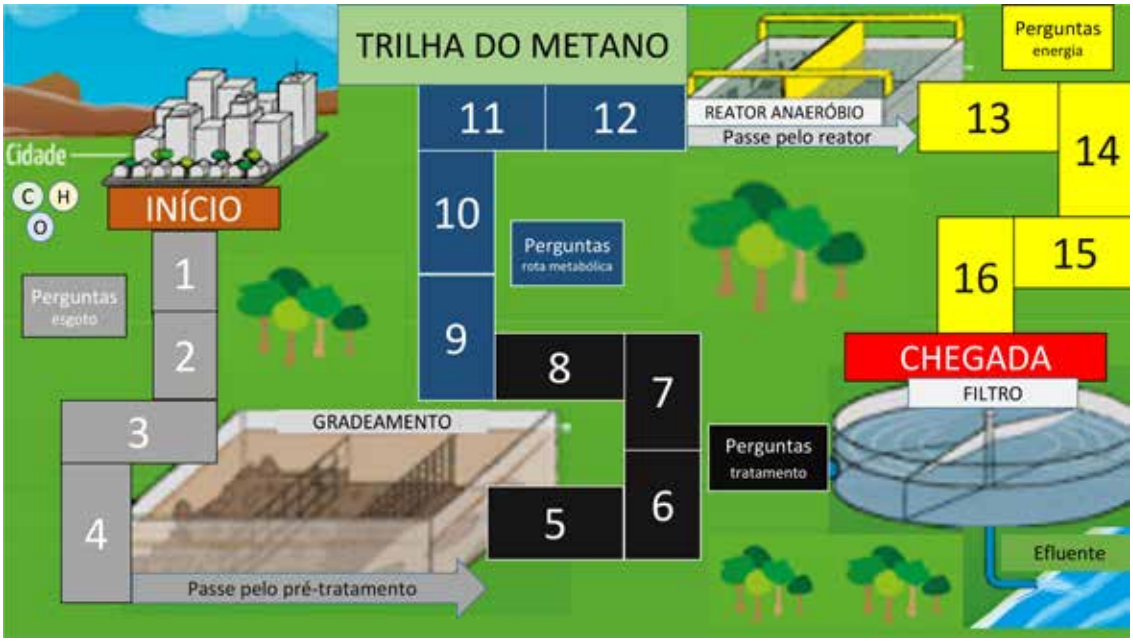


Figura 1: Tabuleiro da Trilha do Metano (Adaptado de SABESP, 2021)

apresentamos algumas cartas que podem ajudar o professor a nortear a confecção de novas questões. Acreditamos que, para o bom desenvolvimento da trilha do metano, o jogo deve ser composto por 72 cartas.

As cartas-perguntas da primeira e segunda parte do tabuleiro estão fundamentadas na coleta, tratamento e características físico-químicas do esgoto sanitário, e são consideradas as questões mais fáceis do jogo. A seguir, em termos de exemplificação, apresentamos algumas cartas-perguntas e as discussões dos conceitos apresentados.

O esgoto sanitário, classificado como todo efluente gerado nas diversas atividades domésticas, possui 98-99,9% de água, 2-0,1% de sólidos, cor cinza e aspecto turvo (SANEPAR, 2015). A presença de materiais que alteram suas propriedades físico-químicas e biológicas são indesejáveis, e a concentração desses constituintes perpassa por aspectos sociais, culturais e econômicos da população (Van Haandel e Lettinga, 1994). Vejamos a seguinte pergunta:

"Considere a situação em que a rede coletora de esgoto está enfrentando problemas com resíduos sólidos que ocasionam entupimento das tubulações. Em sua opinião, de quem seria a responsabilidade do esgoto que você gera?

A- ( ) As companhias de saneamento.
B- (X) Quem gera é responsável.
C- ( ) Os funcionários das empresas de saneamento."

A questão permite ao aluno refletir sobre suas responsabilidades durante o descarte dos diferentes tipos de resíduos domésticos, incluindo repensar seus hábitos de consumo. A responsabilidade das empresas de saneamento e seus funcionários está em garantir que o efluente tratado e lançado nos corpos receptores atenda às legislações ambientais vigentes no Brasil.

Para evitar que materiais grosseiros, inertes ou pouco degradáveis biologicamente danifiquem os equipamentos das estações de tratamento de esgoto (ETEs), o efluente passa por um tratamento preliminar, o gradeamento. Em seguida, o efluente é conduzido para o tratamento primário, mecanismo físico para remoção de materiais flotáveis e sedimentáveis. Ao chegar no tratamento secundário, a matéria orgânica é removida por meio de processos biológicos e/ou químicos, gerando como subprodutos o lodo, a escuma e o biogás. Por fim, no tratamento terciário, ocorre a remoção de sólidos suspensos remanescentes de poluentes específicos (Koga, 2016). A seguir apresentamos o exemplo de outra questão:

"O descarte do papel higiênico é colocado em questão quando refletimos acerca do destino adequado para esses resíduos. Sendo assim, posso descartar papel higiênico no vaso sanitário?

A- ( ) Sim, pois não pode ser reciclado.
B- ( ) Sim, mas apenas papel higiênico usado.
C- (X) Não, no Brasil são tratados separadamente."

A questão permite analisar e trabalhar com os alunos os problemas gerados a partir do descarte inadequado de materiais sintéticos ou processados na rede de coleta de esgoto. Embora alguns materiais, como papel higiênico e fraldas, estejam contaminados com excretas humanas, esses resíduos podem causar o entupimento da rede coletora e abrasão em rotores e sistemas de bombeamento.

O reator anaeróbio, onde ocorre o tratamento secundário, é um sistema de baixo consumo de energia, baixa produção

As cartas-perguntas da primeira e segunda parte do tabuleiro estão fundamentadas na coleta, tratamento e características físico-químicas do esgoto sanitário, e são consideradas as questões mais fáceis do jogo.

de lodo e geração de metano (SANEPAR, 2019). Cerca de 50-80% da matéria orgânica que entra no digestor anaeróbio é convertida em biogás, o qual pode ser aproveitado como fonte de energia (Lobato, 2011). Vejamos a seguinte questão: "No Brasil, os reatores anaeróbios ganharam destaque em diversos setores, em especial no tratamento de esgoto, tornando-se o sistema mais utilizado (Wippel, 2012). Por que se utiliza o tratamento anaeróbio no Brasil?

A- ( ) Porque é o único que existe.
B- (X) Condições climáticas, baixos custos de implantação e operação.
C- ( ) Oferece o melhor tratamento."

Ao responder à questão, os alunos devem considerar que os reatores anaeróbios têm seu funcionamento afetado por questões ambientais, sendo a temperatura a principal delas (Van Haandel e Lettinga, 1994). Para o tratamento do esgoto interessa a digestão mesofílica, que ocorre abaixo de 45°C, sendo a faixa entre 30-35°C a ideal. Em temperaturas mais baixas, a digestão anaeróbia apresenta menores taxas de decomposição da matéria orgânica.

As questões relacionadas à terceira parte do tabuleiro estão fundamentadas na rota metabólica da digestão anaeróbia e na composição do biogás. São consideradas as questões mais difíceis do jogo, necessitando de um embasamento teórico mais aprofundado para respondê-las.

A digestão anaeróbia é considerada um ecossistema balanceado, no qual diversos grupos de microrganismos possuem funções específicas e diferem pelo comportamento fisiológico, operando em quatro estágios sequenciais: hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese (Gueri *et al.* 2017). O principal produto de interesse energético da digestão anaeróbia é o biogás, composto por metano (50-70%), dióxido de carbono (30-45%), sulfeto de hidrogênio e oxigênio (0-3%) (ABIOGÁS, 2020). Vejamos a seguinte carta pergunta: "Quando a matéria orgânica é depositada no reator anaeróbio, uma série de microrganismos atuam na sua decomposição. Nesse processo, qual é a sequência das etapas da digestão anaeróbia?

A- ( ) Acidogênese, acetogênese, hidrólise e metanogênese.
B- (X) Hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese.
C- ( ) Acetogênese, acidogênese, hidrólise e metanogênese."

Ao responder essa questão, o aluno deve considerar que a rota metabólica para degradação da matéria orgânica consiste em uma sequência de reações para a fragmentação de macromoléculas em substratos adequados, os quais são convertidos, na última etapa, em metano. Importante observar que os gases que compõem o biogás são formados nas diferentes etapas da digestão anaeróbia.

Na etapa da hidrólise, proteínas, carboidratos e lipídeos são degradados, respectivamente, em aminoácidos, açúcares e ácidos graxos, que podem atravessar as paredes celulares das bactérias fermentativas (Arruda, 2020). Na acidogênese, os ácidos graxos, açúcares e aminoácidos são convertidos em ácidos orgânicos (acético, butírico e propiônico) e alcoóis pela fermentação. A formação de amônia, ácido sulfídrico e ácidos graxos voláteis ocorre nessa etapa, e é a principal causa de mau odor nas ETEs (Lobato, 2011; SANEPAR, 2015).

De acordo com Chernicharo (2007), algumas reações que ocorrem na acidogênese são apresentadas na Figura 2.

Vejamos a seguinte questão:

"Ácidos orgânicos são moléculas que podem ser desprotonadas com certa facilidade, formando bases estabilizadas pela deslocalização de elétrons (carboxilatos). Qual é a estrutura do propionato?

A- ( ) CH_3CH_2OH
B- (X) $CH_3CH_2COO^-$
C- ( ) $C_6H_{12}O_6$"

Para as questões elaboradas a partir das equações químicas envolvidas nas quatro etapas da digestão anaeróbia, podemos explorar com os alunos o reconhecimento de funções orgânicas, fórmulas moleculares e relações de nomenclatura de cadeias carbônicas.

As questões relacionadas à terceira parte do tabuleiro estão fundamentadas na rota metabólica da digestão anaeróbia e na composição do biogás. São consideradas as questões mais difíceis do jogo, necessitando de um embasamento teórico mais aprofundado para respondê-las.

Na acetogênese, as bactérias convertem os compostos orgânicos em substrato adequado para as bactérias metanogênicas. Por exemplo, a oxidação de propionato e butirato gerando acetato, hidrogênio e dióxido de carbono (Lobato, 2011). As principais reações de formação do acetato que ocorrem na acetogênese são demonstradas na Figura 3 (Chernicharo, 2007).

A metanogênese é caracterizada pela conversão do acetato e hidrogênio em metano e CO_2. Os microrganismos responsáveis por essa etapa são classificados como grupo *Archaea*. As principais espécies presentes são as metanogênicas acetoclásticas, produzindo metano a partir do acetato, e as metanogênicas hidrogenotróficas, que produzem metano

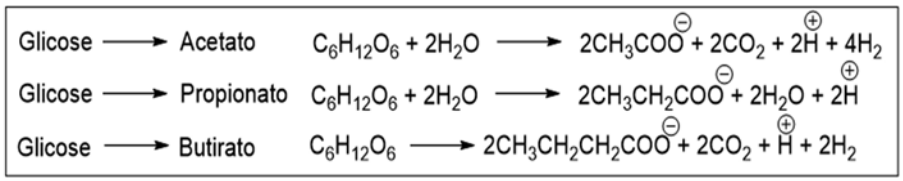


Figura 2 - Reações da acidogênese

Propionato → Acetato	$CH_3CH_2COO^{\ominus} + 3\,H_2O$	→ $CH_3COO^{\ominus} + HCO_3^{\ominus} + 3H_2$
Butirato → Acetato	$CH_3CH_2CH_2COO + 2H_2O$	→ $2CH_3COO^{\ominus} + H^{\oplus} + 2H_2$
Etanol → Acetato	$CH_3CH_2OH + H_2O$	→ $CH_3COO^{\ominus} + H^{\oplus} + 2H_2$

Figura 3: Reações da acetogênese

Hidrogênio → Metano	$H_2 + 1/4\,HCO_3^{\ominus} + 1/4\,H^{\oplus}$	→ $1/4\,CH_4 + 3/4\,H_2O$
Ác. Acético → Metano	CH_3COOH	→ $CH_4 + CO_2$ (Acetotrófica)
CO_2 → Metano	$CO_2 + 4H_2$	→ $CH_4 + 2H_2O$ (Hidrogenotrófica)

Figura 4 - Reações da metanogênese

a partir do hidrogênio e gás carbônico (Lobato, 2011). As reações da metanogênese são demonstradas na Figura 4 (Chernicharo, 2007).

Vejamos a seguinte pergunta:

"O conjunto de reações químicas mediadas por microrganismos especializados em degradar a matéria orgânica é denominado rota metabólica. No tratamento do esgoto sanitário, a que se refere a rota metabólica?

A- ( ) Tratamento aeróbio de esgoto.

B- ( ) Tratamento físico-químico de esgoto.

C- (X) Digestão anaeróbia."

O objetivo dessa questão é que o aluno considere que a digestão anaeróbia está presente no tratamento dos mais diversos efluentes que apresentem elevada concentração de matéria orgânica. Para além do tratamento do esgoto sanitário, a digestão anaeróbia é utilizada para produção de biogás a partir de dejetos gerados em granjas de criação de suínos, por exemplo.

As cartas-perguntas referentes à quarta fase do tabuleiro estão fundamentadas na revisão bibliográfica sobre o aproveitamento energético do biogás. O nível de dificuldade dessas questões é intermediário, considerando que o aproveitamento energético do biogás tem se difundido nos últimos anos.

A utilização do biogás para secagem térmica do lodo de esgoto é proposta por Wippel (2012). De acordo com o autor, é possível reduzir o tempo de secagem, o volume de lodo seco, custos com produtos químicos, transporte e disposição final. Barés (2010) afirma ainda que o tratamento térmico do lodo de esgoto, realizado com o aproveitamento do biogás, atende os requisitos legais para aplicação na agricultura.

Na mesma linha, Shirado (2014) identificou que o biogás é capaz de suprir 66% da demanda energética térmica para secagem do lodo ou 88% do consumo anual de energia elétrica da ETE. Ainda segundo esse autor, se o lodo e a escuma forem direcionados para a geração de energia elétrica, um excedente de 21% seria produzido. Vejamos a seguinte questão:

"Atualmente, o biogás gerado no tratamento de esgoto é queimado para evitar a emissão de gases tóxicos. Baseado no potencial calorífico do biogás, uma ETE tem condições de se tornar autossuficiente na produção de energia elétrica?

A- ( ) Não.

B- (X) Sim, se combinar o aproveitamento dos coprodutos.

C- ( ) Sim, apenas com o biogás."

A revisão sobre as formas de aproveitamento energético do biogás permite trabalhar com alunos a utilização de outros coprodutos como fonte de energia. Apenas o biogás produzido nas ETEs não é suficiente para suprir todo gasto energético de uma estação. No entanto, ao utilizar a escuma e o lodo seco como fonte energética as ETEs podem se tornar autossuficientes.

A revisão sobre as formas de aproveitamento energético do biogás permite trabalhar com alunos a utilização de outros coprodutos como fonte de energia. Apenas o biogás produzido nas ETEs não é suficiente para suprir todo gasto energético de uma estação. No entanto, ao utilizar a escuma e o lodo seco como fonte energética as ETEs podem se tornar autossuficientes. Porém, devemos considerar que esses são estudos teóricos: diversos fatores ambientais podem afetar a produção de biogás e, consequentemente, a obtenção dos coprodutos.

Michelon (2019) afirma ainda que o biogás pode ser utilizado como combustível para automóveis, indústrias e residências. Para além da questão energética, o aproveitamento do metano gerado nas ETEs está relacionado às questões ambientais. O metano apresenta um potencial de aquecimento global 23 vezes maior comparado ao dióxido de carbono. Vejamos a seguinte pergunta:

"A queima do metano, componente principal do biogás, é considerado um procedimento ambientalmente correto. Por que o biogás não pode ser liberado livremente para a natureza?

A- (X) Contribui muito para o aquecimento global.

B- ( ) Para aproveitar a energia renovável.

C- ( ) Porque os queimadores precisam funcionar continuamente."

A questão permite ao aluno ampliar as discussões sobre a demanda de recursos energéticos. A destinação do biogás impacta diretamente nas questões ambientais, visto que o acúmulo de metano na atmosfera contribui de forma significativa para as alterações climáticas ao redor do mundo.

Mehler (2011) menciona outros problemas ambientais/sociais gerados pela eliminação do biogás gerado nas ETEs ao avaliar a dispersão atmosférica do sulfeto de hidrogênio. Vejamos a seguinte pergunta:

"Alguns compostos gerados em meio anaeróbio resultam em odores desagradáveis, que são perceptíveis mesmo em baixas concentrações. O odor típico nas estações de tratamento deve-se à presença de qual destas substâncias?

A- (X) Sulfeto de hidrogênio (H_2S).

B- ( ) Metano (CH_4).

C- ( ) Dióxido de carbono (CO_2)."

Ao considerar as propriedades físico-químicas dos três gases em questão, apenas o sulfeto de hidrogênio seria responsável pelo odor nas ETEs, tendo em vista que o gás metano e o dióxido de carbono são inodoros. O ponto interessante que pode ser destacado aos alunos é que, embora o H_2S seja um componente tóxico do biogás, ele não inviabiliza a utilização do mesmo como fonte de energia. No entanto, é necessário realizar uma filtração do H_2S a fim de reduzir a emissão de gases de enxofre durante a queima do biogás e para evitar a corrosão de tubulações e equipamentos.

A possibilidade de um jogo para a temática deste estudo evidencia um caráter pertinente em relação às demandas sociais e, também, em relação ao Ensino de Química. Além disso, é possível tornar as aulas mais atrativas e facilitar a apropriação de conteúdos escolares por parte dos alunos, de modo que se sintam estimulados e motivados no processo de ensino e aprendizagem, bem como auxiliar o professor com atividades alternativas para a elaboração e planejamento da prática pedagógica.

Algumas possíveis implicações sobre a aplicação do jogo

A possibilidade de um jogo para a temática deste estudo evidencia um caráter pertinente em relação às demandas sociais e, também, em relação ao Ensino de Química. Além disso, é possível tornar as aulas mais atrativas e facilitar a apropriação de conteúdos escolares por parte dos alunos, de modo que se sintam estimulados e motivados no processo de ensino e aprendizagem, bem como auxiliar o professor com atividades alternativas para a elaboração e planejamento da prática pedagógica. Destacamos, assim, a importância do papel do professor na mediação do jogo em sala de aula para seu bom aproveitamento.

Sobre esse aspecto, Cunha (2012) levanta alguns tópicos relevantes que merecem atenção: motivação e incentivo para a ação do estudante; atividades que podem ser desenvolvidas antes e depois da aplicação do jogo; clareza quanto às regras que compõem o jogo; estímulo à cooperação; correção dos erros de maneira adequada, por meio de contextualizações que levem o estudante a chegar à resposta correta.

O professor pode mediar a construção de esquemas, tomada de decisão e atividade mental sobre os conceitos, e estabelecer com os estudantes a distribuição de papéis a serem desenvolvidos durante o jogo. Também nos domínios que cabem ao professor, o jogo pode ser um instrumento que favorece as relações de conceitos que podem ser explorados, e assim, estabelecer o jogo como uma atividade complementar com alto potencial para aprendizagem e recurso para o ensino (Cunha, 2012).

Além disso, o professor tem autonomia para selecionar/elaborar as perguntas que achar pertinentes para cada etapa da trilha e que contemplem seu planejamento. Recomendamos, também, que as cartas que não forem respondidas de forma correta sejam trabalhadas ao final do jogo para sanar possíveis dúvidas da turma em relação a determinadas questões. Dessa forma, os alunos podem ser orientados a separarem as cartas que não conseguirem responder e entregá-las ao final do jogo para o professor.

É preciso ter um olhar atento para a participação dos alunos no jogo. Segundo Soares (2008), esta deve ser de livre escolha, do contrário será uma atividade forçada. Além disso, a atenção do professor no momento do jogo é fundamental, observando a participação, a organização e se os alunos "estão interagindo entre si para responderem às perguntas, se estão discutindo sobre o jogo, se estão interessados em vencer o desafio, se estão mantendo a ordem, etc." (Oliveira *et al.*, 2015).

Salientamos também que, por conta deste tema ser pouco explorado, e muitas vezes desconhecido por grande parte dos alunos, é importante que os conceitos relacionados ao tema aqui proposto sejam trabalhados antes do desenvolvimento do jogo.

Dessa forma, acreditamos que a utilização deste jogo didático em sala de aula possa instrumentalizar os estudantes em suas práticas diárias, desenvolvendo seu senso crítico em relação ao tema na sociedade, além de estabelecer relações com a química envolvida nesses processos.

Conclusão

O presente trabalho teve como objetivo desenvolver uma proposta de um jogo didático relacionando os temas de saneamento básico e aproveitamento energético do biogás gerado no tratamento do esgoto sanitário com o ensino de química. As perguntas elaboradas para o jogo baseiam-se em uma revisão bibliográfica realizada sobre as características físico-químicas do esgoto doméstico, coleta, etapas do tratamento do esgoto, rota metabólica da digestão anaeróbia, reações químicas e as diversas formas de aproveitar o poder calorífico do biogás. A proposta de jogo didático desenvolvido pode

ser elaborada pelo professor utilizando materiais simples, e apresenta-se como uma atividade contextualizada que permite trabalhar os conteúdos de química ambiental, química orgânica, cinética química, físico-química e bioquímica.

O jogo didático apresentado tem grande importância para aspectos cognitivos, para apropriação do conhecimento, reforçando o que os alunos sabem a respeito do tema, permite desenvolver competências relacionadas ao trabalho em equipe, além de estimular a capacidade de comunicação, coletividade e as relações interpessoais. A proposta do jogo se diferencia à medida que o estudante se apropria do conhecimento de modo lúdico e prazeroso, podendo apresentar resultados eficazes no processo de ensino e aprendizagem.

Ewerton Nonnenmacher (ewertonn@sanepar.com.br), licenciado em Química pela Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS). Realeza, PR – BR. **Ana Cláudia Lazaroto** (anaclazaroto@gmail.com), licenciada em Química pela Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS). Realeza, PR – BR. **Mayra Alonço** (mayraa.alonso@gmail.com), aluna de doutorado do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Educação Matemática da Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Cascavel, PR – BR. **Claudia Almeida Fioresi** (claudia.fioresi@uffs.edu.br), doutora pesquisadora da Universidade Federal da Fronteira Sul. Realeza, PR – BR. **Letiére Cabreira Soares** (letiere.soares@uffs.edu.br), doutor pesquisador da Universidade Federal da Fronteira Sul. Realeza, PR – BR.

Referências

ABIOGAS. *Associação Brasileira de Biogás*, 2020. Disponível em: https://abiogas.org.br/, acesso em fev. 2021.

ARRUDA, H. J. *Avaliação da viabilidade técnica e econômica da produção de biogás a partir de resíduos do processamento industrial de vegetais*. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2020.

BARÉS, M. E. *Digestão e higienização de lodo de estação de tratamento de esgotos através do processo bifásico com pré-tratamento térmico*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2010.

BATISTA, M. B.; LORENZO, J. G. F. e SANTOS, M. L. B. A utilização do jogo trilha química como ferramenta lúdica para o ensino de química orgânica. *Congresso Nacional de Educação e Prática Interdisciplinares*, 2010. Disponível em: http:/connepi.ifal.edu.br/ocs/index.php/connepi/CONNEPI2010/paper/viewFile/171/163, acesso em mai. 2021.

BORGES, E. E.; ALMEIDA, M. M. B.; LIMA, I. B. e SOUSA, P. H. M. Trilha das funções orgânicas: um jogo didático para o ensino de química. *Conexões Ciências e Tecnologia*, v. 10, p. 133-140, 2016.

CHERNICHARO, C. A. L. *Reatores anaeróbios.* 2ª. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental / Universidade Federal de Minas Gerais, 2007.

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

DA SILVA, B.; CORDEIRO, M. R. e KIILL, K. B. Jogo didático investigativo: Uma ferramenta para o ensino de química inorgânica. *Química Nova na Escola*, v. 37, p. 27-34, 2015.

GUERI, M. D.; SOUZA, S. N. M. e KUCZMAN, O. Parâmetros operacionais do processo de digestão anaeróbia de resíduos alimentares: uma revisão. *BIOFIX Scientific Journal*, v. 3, n. 1, p. 17-25, 2017.

HAANDEL, A. C. V. e LETTINGA, G. *Tratamento anaeróbio de esgotos*: Um manual para regiões de clima quente. Campina Grande: Epgraf, 1994.

KISHIMOTO, T. M; *Jogo, brinquedo, brincadeira e a educação*. São Paulo: Cortês, 1996.

KOGA, P. *Geração de energia renovável a partir dos subprodutos de uma estação de tratamento anaeróbio de esgoto*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2016.

LOBATO, L. C. S. *Aproveitamento energético do biogás gerado em reatores UASB tratando esgoto doméstico*. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2011.

MEHLER, V. *Caracterização da população do entorno da Estação de Tratamento de Esgoto Santa Quitéria, a interface com a valorização ambiental e simulação da dispersão atmosférica*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2011.

MICHELON, L. K. *Avaliação da produção de biogás em um reator anaeróbio híbrido (UAHB) tratando esgoto sanitário sintético*. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2019.

PONTES, A. T. A.; SOUSA, C. C.; OLIVEIRA, G. S.; COSTA, G. R.; SOARES, N. R. M. e MARTELL, D. R. D. Jogos didáticos como recurso de fixação de conteúdos de química na educação superior. *Revista Arquivos Científicos*, v. 3, p. 51-60, 2020.

MOURA, J. A.; SILVA, T. P. e SOUSA, C. A. B. A utilização do jogo trilha química como ferramenta lúdica para o ensino de cinética química. Encontro Nacional de Educação, Ciência e Tecnologia, 2012. *Anais...* Disponível em: http://editorarealize.com.br/editora/anais/enect/2012/Comunicacao_62_2.pdf, acesso em mai. 2021.

NEVES JUNIOR, O. e OLIVEIRA, A. F. Trilha química: limites e potencialidades de um jogo para o ensino contextualizado de Química. Congresso Nacional de Educação, 2019. *Anais...* Disponível em: http://editorarealize.com.br/editora/anais/conedu/2019/TRABALHO_EV127_MD1_SA16_ID10710_14082019171146.pdf , acesso em jun. 2021.

OLIVEIRA, J. S.; SOARES, M. H. F. B. e VAZ, W. F. Banco químico: um jogo de tabuleiro, cartas, dados, compras e vendas para o ensino do conceito de soluções. *Química Nova na Escola*, v. 37, n. 4, p. 285-293, 2015.

SANEPAR. *Tratando o esgoto*: ambiente legal. Curitiba: Sanepar, 2015.

SHIRADO, J. *Análise dos fluxos de materiais e de energia como ferramenta de gestão para uma estação de tratamento anaeróbio de esgoto doméstico*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2014.

SABESP. *Tratamento de esgotos*. Disponível em: http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaoId=49 , acesso em abr. 2021.

SOARES, M. H. F. B. *Jogos para o ensino de química*: teoria, métodos e aplicações. Guarapari: Editora Libris, 2008.

SOARES, M. H. F. B. Jogos e atividades lúdicas no ensino de química. *Revista Debates em Ensino de Química,* v. 2, p. 5-13, 2016.

TONETTO, R. T.; FASCIN, S. V.; LIMA, M. C. e MICHELS, M. L. Trilha Estequiométrica: uma proposta lúdica para auxiliar

o ensino de estequiometria. *Revista Cadernos Acadêmicos*, v. 7, p. 45-54, 2015.

WIPPEL, S. *Avaliação técnica e econômica de utilização de biogás gerado em ETE Atuba Sul para secagem térmica e higienização do lodo*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2012.

Abstract: *Methane's Trail: a didactic game proposal about basic sanitation and energetic use of sanitary sewage for Chemistry teaching.* In this article we propose the development of a trail-type educational game on basic sanitation and biogas energy use, divided into four steps: 1) Sewage: covers contents related to the sanitary sewage physical-chemical characteristics; 2) Collection and treatment: environmental impacts caused by sewage treatment; 3) Metabolic route: chemical reaction involved in the anaerobic digestion process; 4) Energy use: biogas chemical composition and the possibilities of its use as an energy source. The proposal addresses conceptual, socio-environmental and cultural issues and presents possibilities to be worked on in the classroom involving chemistry contents.
Keywords: biogas, chemistry teaching, sanitary sewage.

Anexo 1: Questões elaboradas para o jogo Trilha do metano no formato de cartas.

Considerando a situação em que a rede de esgoto está enfrentando problemas com resíduos sólidos que ocasionam entupimento das tubulações. Em sua opinião, de quem é o responsável pelo esgoto que você gera? A-( ) As companhias de saneamento. B-(X) Quem gera é responsável. C-( ) Os funcionários das empresas de saneamento.	O esgoto sanitário é constituído por 98-99% de água (SANEPAR, 2015). Com base nesta afirmação, é possível ligar as calhas de chuva da minha residência na rede coletora de esgoto? A-( ) Sim, é apenas água. B-(X) Não, no Brasil os sistemas são projetados separadamente. C-( ) Sim, Reduz custos.	O descarte do papel higiênico é colocado em questão quando refletimos acerca do destino adequado para estes resíduos. Sendo assim, posso descartar papel higiênico no vaso sanitário? A-( ) Sim, pois não pode ser reciclado. B-( ) Sim, mas apenas papel higiênico usado. C-(X) Não, no Brasil são tratados separadamente
As características físico-químicas do esgoto sanitário indicam que o mesmo apresenta uma faixa de 2 -0,1% de materiais sólidos. Nesse contexto, posso descartar polímero sintético junto ao esgoto uma vez que este apresenta uma carga de material sólidos? A-( ) Apenas fraldas usadas. B-( ) Sim, se estiver sujo. C-(X) Não, necessita de um descarte adequado.	O início da degradação da matéria orgânica se dá por sequências reacionais, nas quais ocorrem as fragmentações de diversas macromoléculas. Quais compostos orgânicos presentes no esgoto serão degradados respectivamente em aminoácidos, açúcares e ácidos graxos? A-( ) Material particulado, coloidal e dissolvidos. B-( ) Papel, polímero sintético e tecidos; C-(X) Proteínas, carboidratos e lipídeos.	A geração do esgoto sanitário é responsabilidade de cada indivíduo. No entanto, o tratamento do esgoto e a liberação do efluente é responsabilidade de quem? A-(X) Companhias, prefeituras e estados. B-( ) Onde eu moro não tem tratamento; portanto, ninguém. C-( ) Empresas que trabalham com reciclagem.

O tratamento de esgoto é um procedimento de saneamento básico que visa reduzir a carga orgânica do efluente. De que forma esse processo pode ser feito? A-(X) Pela decomposição da matéria orgânica por bactérias anaeróbias. B-( ) Pela decomposição da matéria orgânica por bactérias aeróbias. C-( ) Pela decomposição da matéria orgânica na presença de oxigênio.	Uma das formas de acelerar a decomposição da matéria orgânica é por meio da digestão do efluente em reatores anaeróbios. O que é reator anaeróbio? A-(X) Estrutura onde ocorre a digestão da matéria orgânica na ausência de oxigênio. B-( ) Estrutura onde ocorre a digestão da matéria orgânica na presença de oxigênio. C-( ) Estrutura onde ocorre digestão da matéria orgânica pela adição de produtos químicos.	A fim de garantir que os equipamentos das estações de tratamento de esgoto não sejam danificados, o efluente passa por um processo preliminar. O que é esse processo preliminar? A-( ) É a digestão na ausência de oxigênio. B-(X) É um gradeamento físico para reter materiais grosseiros. C-( ) É a produção de biogás.
A ausência do tratamento de esgoto pode acarretar diversos problemas sociais, bem como elevar os gastos do sistema de saúde pública. Quais problemas a falta de tratamento do esgoto pode resultar? A-( ) Falta de energia elétrica e biogás. B-(X) Contaminação do solo e da água. C-( ) Nenhum, pois pode ser substituído pela fossa séptica que elimina qualquer problema.	No Brasil, os reatores anaeróbios ganharam destaque em diversos setores, em especial no tratamento de esgoto, tornando-se o sistema mais utilizado (Wippel, 2012). Por que utiliza-se o tratamento anaeróbio no Brasil? A-( ) Porque é o único que existe. B-(X) Condições climáticas, baixos custos de implantação e operação. C-( ) Oferece o melhor tratamento possível	Segundo Van Haandel e Lettinga (1994) os reatores anaeróbios têm seu funcionamento afetado por questões ambientais, sendo a temperatura a principal delas. Sendo assim, qual a temperatura ideal de operação de reatores anaeróbios ? A-( ) Acima de 40°C. B-( ) Abaixo de 20°C. C-(X) Entre 20 e 40°C.

Ácidos orgânicos são moléculas que podem ser desprotonadas com certa facilidade, formando bases estabilizadas pela deslocalização de elétrons (carboxilatos). Qual é a estrutura do propionato? A-( ) CH_3CH_2OH B-(X) $CH_3CH_2COO^-$ C-( ) $C_6H_{12}O_6$	Quando a matéria orgânica é depositada no reator anaeróbio, uma série de microrganismos atuam na sua decomposição. Nesse sentido, qual é a sequência das etapas da digestão anaeróbia? A-( ) Acidogênese, acetogênese, hidrólise e metanogênese. B-(X) Hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese. C-( ) Acetogênese, acidogênese, hidrólise e metanogênese	O conjunto de reações químicas mediadas por microrganismos especializados em degradar a matéria orgânica é denominado rota metabólica. No tratamento do esgoto sanitário, a que se refere a rota metabólica? A-( ) Tratamento aeróbio de esgoto. B-( ) Tratamento físico-químico de esgoto. C-(X) Digestão anaeróbia.
Para além das questões energéticas, o aproveitamento do biogás perpassa pelas questões ambientais uma vez que o metano e o dióxido de carbono são gases do efeito estufa. Qual é a fórmula molecular do dióxido de carbono? A-( ) CH_4 B-( ) H_2O C-(X) CO_2	Na acidogênese, os ácidos graxos, açúcares e aminoácidos são convertidos em ácidos orgânicos e alcoóis. Nessa etapa são formados alguns gases responsáveis pelo mau cheiro do gás. Qual é a fórmula do sulfeto de hidrogênio? A-(X) H_2S B-( ) CH_4 C-( ) H_2	Proteínas, carboidratos e lipídeos são macromoléculas degradadas na etapa da hidrólise. Nesse processo os carboidratos são quebrados em açúcares, entre eles, a glicose. Qual é a fórmula da glicose? A-( ) $CH_3CH_2COO^-$ B-( ) CH_3CH_2OH C-(X) $C_6H_{12}O_6$

Atualmente, o biogás gerado nas ETEs é queimado para evitar a elevada emissão de metano. De quais formas a literatura sugere o aproveitamento energético do biogás? A-( ) Injetando em reatores para aeração. B-( ) Utilizar em queimadores livres para diminuir o mau cheiro. C-(X) Utilizado para gerar energia elétrica ou térmica para secagem de lodo.	Atualmente, o biogás gerado no tratamento de esgoto é queimado para evitar a emissão de gases tóxicos. Baseado no potencial calorífico do biogás, uma ETE tem condições de se tornar autossuficiente na produção de energia elétrica? A-( ) Não. B-(X) Sim, se combinar o aproveitamento dos coprodutos. C-( ) Sim, apenas com o biogás.	Alguns compostos gerados em meio anaeróbio resultam em odores desagradáveis, que são perceptíveis mesmo em baixas concentrações. Esse odor típico nas estações de tratamento de esgoto deve-se à presença de qual destas substâncias? A-(X) Sulfeto de hidrogênio (H_2S). B-( ) Metano (CH_4). C-( ) Dióxido de carbono (CO_2).
O metano é um dos gases que mais contribui para o efeito estufa, e é um dos constituintes mais abundantes no biogás. Qual a porcentagem média de metano no biogás? A-( ) 10 a 30 %. B-(X) 50 a 70%. C-( ) 70 a 100%.	A queima do metano, componente principal do biogás, é considerada um procedimento ambientalmente correto. Por que o biogás não pode ser liberado livremente para a natureza? A-(X) Contribui para o aquecimento global. B-( ) Para aproveitar a energia renovável. C-( ) Porque os queimadores precisam funcionar continuamente.	Alguns estudos sugerem que o aproveitamento combinado do biogás com coprodutos pode tornar as ETEs autossuficientes na questão energética. Quais coprodutos gerados no tratamento do esgoto podem ser usados como fonte de energia? A-( ) Biogás, efluente e lixo. B-( ) Metano, sulfeto de hidrogênio e efluente. C-(X) Lodo e escuma.

http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160294

A história do promécio e o conceito de descoberta científica

Lucas dos S. Fernandes

Este estudo busca discutir a história do elemento químico Promécio (Z = 61) a partir do conceito de descoberta científica. O Promécio é utilizado na fabricação de baterias atômicas, lasers, aparelhos de raios X portáteis e equipamentos de iluminação. Antes do reconhecimento oficial, a descoberta do elemento químico de número atômico 61 foi anunciada algumas vezes, inclusive, ele chegou a ser nomeado de Illínio, Florêncio e Ciclônio. Contudo, sua descoberta foi reconhecida apenas em 1947. Considerando a complexidade da história do Promécio, espera-se produzir reflexões sobre a descoberta de elementos sintéticos e fomentar discussões em sala de aula envolvendo aspectos da História e da Filosofia das Ciências.

▶ descoberta científica, elemento químico, promécio ◀

Recebido em 07/10/2021, aceito em 23/01/2022

Segundo a Mitologia Grega, Prometeu pertencia à raça dos Titãs, espécie de gigantes que habitava a Terra antes dos seres humanos. Prometeu criou os humanos e afeiçoou-se a eles ao ponto de roubar uma tocha de fogo do céu para entregar-lhes. De posse do fogo, a espécie humana foi capaz de construir armas e ferramentas que permitiram subjugar animais, cultivar a terra, cozinhar e se proteger do frio. Posteriormente, quando Zeus, rei dos deuses e dos homens, se aborreceu com a humanidade, Prometeu foi castigado. Sua sentença consistiu em ser amarrado a um rochedo no Monte Cáucaso, onde um abutre iria indefinidamente devorar seu fígado que, para seu suplício, sempre se regenerava (Bulfinch, 2006).

A história da descoberta do Promécio é considerada a mais complexa e confusa dentre todos os elementos químicos (Murphy, 2006).

Desse mito grego deriva o nome do elemento químico de número atômico 61, o Promécio (Pm). Esse nome deve-se ao esforço que envolveu sua descoberta, comparado ao de Prometeu ao roubar uma tocha de fogo do céu. A história da descoberta do Promécio é considerada a mais complexa e confusa dentre todos os elementos químicos (Murphy, 2006). Considerando a complexidade desse episódio, este estudo tem como objetivo analisar a história do Promécio à luz do conceito de descoberta científica.

O Promécio pertence ao grupo das Terras Raras (grupo de 17 elementos químicos: Sc, Y e todos os Lantanídeos). Além de ocorrerem em quantidade diminuta, as Terras Raras são encontradas de forma combinada na natureza. A raridade e a semelhança, em termos de propriedades físicas e químicas, dificultaram, por muito tempo, o isolamento e a descoberta desse grupo de elementos químicos (Sousa Filho *et al.*, 2019). De todas as Terras Raras, o Promécio é o único que não apresenta isótopos estáveis, todos são radioativos. Atualmente são conhecidos 38 isótopos de Promécio, sendo o ^{147}Pm, cuja meia-vida é de aproximadamente 2,6 anos, o mais utilizado na fabricação de baterias atômicas, lasers, aparelhos de raios X portáteis e equipamentos de iluminação (Elkina e Kurushkin, 2020).

Contexto científico pré-descoberta

No início do século XX, a Química era fortemente influenciada pelo sistema periódico de Mendeleev (1834-1907), que ordenava os elementos químicos em ordem crescente de peso atômico (Scerri, 2021). Influenciado por Mendeleev, o químico Tcheco Bohuslav Brauner (1855-1935), previu a existência de um novo elemento químico cujo peso atômico (145) situava-se entre o Neodímio (144) e o Samário (148) (Brauner, 1902).

Em 1913, o físico britânico Henry Moseley (1887-1915)

Este é um artigo de acesso aberto distribuído sob os termos da Licença de Atribuição Creative Commons

bombardeou núcleos de aproximadamente 40 elementos químicos com feixes de elétrons. Ele observou que cada elemento emitia raios X com comprimentos de onda diferentes (Moseley, 1913). Essa técnica, conhecida como espectroscopia de raios X, posteriormente, consolidou-se como a principal evidência para reivindicar a descoberta de novos elementos químicos (Kragh, 2020).

Moseley estabeleceu uma relação entre as raízes quadradas das frequências das radiações emitidas por cada elemento químico com um número ordinal, mais tarde, chamado de número atômico pelo físico neozelandês Ernest Rutherford (1871-1937). No entanto, antes de Moseley, o físico amador holandês Anton van den Broek (1870-1926) havia sugerido que os elementos químicos fossem ordenados na Tabela Periódica segundo sua carga nuclear, o que foi aceito por alguns físicos na época (Scerri, 2020).

Após o reconhecimento da espectroscopia de raios X pela comunidade científica, o número atômico (Z) passou a ser considerado a principal característica de um elemento químico. Nessa época, foi cunhado o termo 'isóbaro' para designar elementos químicos que apresentam o mesmo número de massa. Posteriormente, os elementos passaram a ser dispostos na Tabela Periódica em ordem crescente de número atômico (Scerri, 2021). A partir de dados obtidos por meio da espectroscopia de raios X, Moseley previu a existência dos elementos de número atômico 43 (Tecnécio), 61 (Promécio), 72 (Háfnio) e 75 (Rênio).

Dos elementos químicos previstos por Moseley, o de número atômico 61 foi o último a ser descoberto. Em 1926, duas equipes de cientistas reivindicaram a sua descoberta. A equipe americana o nomeou Illínio (Il), enquanto que o grupo italiano o chamou de Florêncio (Fr). Em 1938, outra equipe americana afirmou ter sintetizado o elemento químico 61 e o denominou Ciclônio (Cy). No entanto, a descoberta desse elemento só foi reconhecida em 1947 e Promécio (Pm) foi o nome escolhido. Seguindo a ordem cronológica, os anúncios de descoberta do elemento químico de número atômico 61 serão discutidos a seguir.

Em 1949, uma equipe do Laboratório Nacional de Oak Ridge, Tennessee, comparou o espectro de raios X do Promécio, descoberto oficialmente em 1947, com os obtidos pelas equipes de James e Hopkins. A comparação revelou que o espectro de James apresenta seis linhas espectrais que poderiam ser atribuídas ao Promécio, ao passo que o de Hopkins, apenas duas (Peed *et al.*, 1949). Apesar dessa evidência, os autores do estudo não reivindicam para James a descoberta do Promécio.

Illínio (Il)

O químico americano Charles James (1880-1928), da Universidade de New Hampshire, iniciou sua pesquisa sobre o elemento químico 61, em 1923, analisando amostras de monazita [$(Ce,La,Y,Th)PO_4$], gadolinita [$(YFeBe_2(SiO_4)_2O_2$] e xenótimo (YPO_4). Esses minerais contêm Terras Raras e poderiam apresentar traços do elemento 61. Após não encontrar evidências do novo elemento químico nas amostras dos outros minerais, James concentrou-se na análise da monazita (Scerri, 2013).

James e sua equipe utilizavam a técnica de cristalização fracionada para remover os elementos químicos indesejados e obter uma amostra cada vez mais pura do suposto novo elemento para ser analisada. Contaminações na amostra poderiam gerar resultados errados, portanto era essencial chegar a uma fração final razoavelmente pura. Após repetidas cristalizações fracionadas da amostra de monazita, ele enviou a fração final para ser analisada na Universidade de Michigan por James Cork, especialista em espectroscopia de raios X.

A análise espectroscópica atrasou alguns meses, enquanto isso, James recebeu dois manuscritos para avaliação descrevendo a descoberta do mesmo elemento químico por cientistas da Universidade de Illinois. James recomendou a publicação dos manuscritos no tradicional Jornal da Sociedade Americana de Química (Harris e Hopkins, 1926; Harris *et al.*, 1926). Quando os resultados da espectroscopia de raios X chegaram de Michigan, James os publicou em uma revista menos conhecida. Nesse artigo, ele e sua equipe não reivindicaram a descoberta do novo elemento químico, apenas descreveram os processos de obtenção e identificação (Cork *et al.*, 1926).

Charles James e B. Smith Hopkins, líder da equipe que havia anunciado a descoberta do elemento químico 61, eram velhos conhecidos por causa da pesquisa com as Terras Raras. Sem saber da pesquisa um do outro, ambos buscavam descobrir o mesmo elemento. James faleceu inesperadamente vítima de câncer em 1928. Por outro lado, Hopkins sobreviveu tempo suficiente para ver o Illínio ser desacreditado e assistir à descoberta do Promécio.

Em 1949, uma equipe do Laboratório Nacional de Oak Ridge, Tennessee, comparou o espectro de raios X do Promécio, descoberto oficialmente em 1947, com os obtidos pelas equipes de James e Hopkins. A comparação revelou que o espectro de James apresenta seis linhas espectrais que poderiam ser atribuídas ao Promécio, ao passo que o de Hopkins, apenas duas (Peed *et al.*, 1949). Apesar dessa evidência, os autores do estudo não reivindicam para James a descoberta do Promécio. Levando em consideração a ocorrência diminuta de Promécio na natureza, parece pouco provável que James o tenha descoberto (Scerri, 2013).

B. Smith Hopkins (1873-1952), J. Allen Harris (1900-1972) e Leonard F. Yntema (1892-1976), seguindo um método semelhante ao de James, partindo da monazita e realizando inúmeras cristalizações fracionadas, obtiveram um produto razoavelmente puro que supostamente continha o elemento químico de número atômico 61. A fração final da amostra mineral foi submetida à espectroscopia de raios X que, por sua vez, revelou linhas espectrais que, segundo eles, não poderiam ser atribuídas a elementos químicos

conhecidos. O suposto novo elemento químico recebeu o nome de Illínio (Il) em homenagem ao estado dos cientistas, Illinois (Harris e Hopkins, 1926; Harris *et al*., 1926).

A equipe americana não foi capaz de produzir uma amostra de Illínio para medir suas propriedades químicas e físicas. Nessa época, o espectro de raios X não era suficiente para evidenciar a descoberta de um novo elemento químico. Além disso, segundo outros cientistas, as linhas espectrais atribuídas ao Illínio, principal evidência da equipe americana, poderiam ser atribuídas à outras Terras Raras ou impurezas (Scerri, 2013).

Além das dificuldades de ordem experimental, a descoberta do Illínio foi questionada também do ponto de vista teórico. Segundo a Regra dos Isóbaros, estabelecida pelo físico austríaco Josef Mattauch (1895-1976), se dois isóbaros diferem por uma unidade de número atômico, um será estável, enquanto o outro será instável (Mattauch, 1934). Nesse sentido, o isóbaro estável poderá ocorrer naturalmente. Por outro lado, o isóbaro instável não será encontrado na natureza, pois terá se transformado em outros elementos químicos por meio de decaimento radioativo. No caso do elemento químico 61, cujo número de massa previsto seria 143, 145, 147 ou 149, já haviam sido identificados isóbaros estáveis dos elementos químicos que o precedem e o sucedem na tabela periódica com os mesmos números de massa (^{143}Nd, ^{145}Nd, ^{147}Sm e ^{149}Sm) (Mattauch, 1934). Portanto, considerando a Regra dos Isóbaros, o Illínio seria instável, o que em teoria, impediria a sua ocorrência na natureza.

Após o anúncio da descoberta do Illínio pela equipe americana, um grupo de cientistas italianos reivindicou a prioridade da descoberta sob a alegação de que haviam isolado e identificado o elemento químico de número atômico 61 dois anos antes (Rolla e Fernandes, 1927). A partir de então, seguiu-se um período de aproximadamente dois anos de disputa científica entre americanos e italianos com o objetivo de avaliar quem havia realmente descoberto o novo elemento químico (Fontani *et al*., 2020). Ao final, americanos e italianos estavam equivocados, nenhuma das equipes havia, de fato, descoberto um novo elemento químico.

A experiência adquirida com esses anúncios espúrios de descoberta levou a comunidade científica a adotar uma postura mais cautelosa em relação ao anúncio da descoberta de novos elementos químicos. O fracasso das equipes americanas e da equipe italiana deixou claro que era necessária uma nova abordagem experimental para realizar a descoberta do elemento químico de número atômico 61.

Florêncio (Fr)

Em 1924, cientistas italianos supostamente isolaram o elemento químico de número atômico 61 a partir de uma amostra de monazita oriunda do Brasil. Luigi Rolla (1882-1960) e Lorenzo Fernandes (1902-1977), após realizarem inúmeras cristalizações fracionadas, obtiveram uma pequena amostra que, segundo eles, continha um novo elemento químico. Para confirmar essa descoberta, eles enviaram a sua amostra para ser analisada no laboratório dirigido pela professora Rita Brunetti (1890-1942), especialista em espectroscopia de raios X (Fontani *et al*., 2020). Como resultado, eles obtiveram um espectro de raios X no qual algumas linhas espectrais, segundo eles, não poderiam ser atribuídas a nenhum elemento químico conhecido (Scerri, 2013).

Apesar desse resultado positivo, a equipe italiana ainda duvidava da descoberta e decidiu não publicá-la. Em vez disso, eles enviaram um envelope selado para a Academia Nacional dos Linces, em Roma, contendo uma amostra do suposto novo elemento químico e uma cópia do espectro de raios X (Fontani *et al*., 2020). Ao realizar tal procedimento, eles pretendiam ganhar tempo para avaliar melhor seus resultados e, ao mesmo tempo, garantir a prioridade da descoberta.

Os químicos italianos só publicaram seus resultados em 1926, após tomarem conhecimento da publicação dos cientistas americanos (Harris e Hopkins, 1926; Harris *et al*., 1926). Para demonstrar a prioridade de sua descoberta, os italianos ainda nomearam o novo elemento químico de Florêncio (Fr), em homenagem à cidade de Florença, onde o trio de cientistas realizou as pesquisas (Rolla e Fernandes, 1927).

Em 1927, a amostra italiana do suposto novo elemento químico foi analisada no Instituto de Física dirigido por Niels Bohr (1885-1962) em Copenhague. Para desapontamento dos florentinos, o espectro de raios X não revelou a existência do novo elemento químico (Fontani *et al*., 2020). Posteriormente, os cientistas repetiram, desta vez na Itália, a análise espectroscópica e não identificaram o elemento químico 61. Por fim, eles desistiram e creditaram à equipe americana a glória ou o fracasso pela descoberta do Illínio.

A experiência adquirida com esses anúncios espúrios de descoberta levou a comunidade científica a adotar uma postura mais cautelosa em relação ao anúncio da descoberta de novos elementos químicos. O fracasso das equipes americanas e da equipe italiana deixou claro que era necessária uma nova abordagem experimental para realizar a descoberta do elemento químico de número atômico 61. Nesse momento, os cientistas começaram a conjecturar outras abordagens experimentais. Uma delas, o bombardeamento de núcleos atômicos, pareceu ser adequada para esse fim.

Cidônio (Cy)

Em 1938, uma equipe de cientistas da Universidade Ohio liderada por Laurence Larkin Quill (1901-1989), um ex-orientando de Hopkins, conduziu um estudo com o objetivo de sintetizar um isótopo do elemento químico 61 por meio do bombardeamento de núcleos atômicos (Pool e Quill, 1938). Ao bombardearem núcleos de Neodímio com

feixes de deutério eles acreditavam ter sintetizado o elemento químico 61, conforme a equação nuclear:

$$^{143}Nd_{60} + {}^{2}H_{1} \rightarrow {}^{144}Il_{61} + n$$

Por meio dessa reação nuclear, os cientistas obtiveram um nuclídeo com número de massa 144 e meia-vida de 12,5h. O espectro de raios X mostrou as mesmas linhas que apareceram nos estudos de Hopkins, Harris e Yntema, publicados em 1926 (Fontani *et al*, 2020). Apesar desses resultados inconclusivos, os cientistas divulgaram a suposta descoberta.

Em 1941, a equipe de cientistas de Ohio realizou novos experimentos, dessa vez, bombardearam átomos de Samário com prótons e deutério (Fontani *et al*., 2015). Os resultados apontavam para a síntese de dois isótopos do elemento 61. Confiando em seus resultados, eles nomearam o novo elemento químico de Ciclônio (Cy), em tributo ao Cíclotron, equipamento onde o isótopo do elemento supostamente descoberto foi sintetizado.

A descoberta do Ciclônio não foi bem recebida pela comunidade científica devido à falta de mais evidências experimentais, como o espectro de raios X e uma amostra suficiente para investigar as propriedades químicas e físicas (Fontani *et al*., 2015). Dessa forma, o Ciclônio foi desacreditado, assim como o Illínio e o Florêncio. No entanto, a abordagem nuclear mostrou que os cientistas estavam próximos da descoberta do elemento químico 61.

A síntese do elemento 61 foi concluída em 1945, mas, a descoberta só foi divulgada, após a Segunda Guerra Mundial, em 1947. Antes da decisão final, a equipe de descobridores cogitou os nomes Phoenicium (porque ressurgiu das cinzas como produto da fissão nuclear) e Clintonium (uma homenagem ao laboratório Clinton onde foi sintetizado) (Marinsky, 1996).

Enfim, Promécio

A descoberta do Promécio teve início quando o grupo de químicos formado por J. A. Marinsky (1918-2005) e L. E. Glendenin (1918-2008), sob supervisão de C. D. Coryell (1912-1971), começaram a estudar uma amostra de Terras Raras produzida a partir da fissão nuclear do Urânio (Marinsky *et al*., 1947). Essa pesquisa era um dos desdobramentos do Projeto Manhattan (Programa de Pesquisa dos Estados Unidos para a fabricação de bombas atômicas durante a II Guerra Mundial) (Scerri, 2013).

Inicialmente os cientistas bombardearam átomos de Neodímio com nêutrons desacelerados, produzindo diversos isótopos radioativos de Neodímio e, supostamente do elemento 61. Para separá-los, a equipe utilizou a recém criada técnica de cromatografia de troca iônica. Como resultados, foram obtidos dois isótopos do elemento 61, com número de massa 147 e 149 e período de meia-vida de 3,7 anos e 47 horas, respectivamente (Marinsky *et al*., 1947). As equações nucleares que representam esses processos encontram-se a seguir:

$$^{147}_{60}Nd \rightarrow {}^{147}_{61}Pm + {}^{0}_{-1}\beta$$
$$^{149}_{60}Nd \rightarrow {}^{149}_{61}Pm + {}^{0}_{-1}\beta$$

Os produtos dessas reações foram caracterizados a partir do decaimento radioativo e do período de meia-vida. Nos anos seguintes, outra equipe conseguiu sintetizar alguns miligramas do elemento químico 61 e produzir o espectro de raios X (Parker e Lantz, 1950).

A síntese do elemento 61 foi concluída em 1945, mas, a descoberta só foi divulgada, após a Segunda Guerra Mundial, em 1947. Antes da decisão final, a equipe de descobridores cogitou os nomes *Phoenicium* (porque ressurgiu das cinzas como produto da fissão nuclear) e *Clintonium* (uma homenagem ao laboratório Clinton onde foi sintetizado) (Marinsky, 1996).

O nome definitivo do elemento 61 partiu de uma sugestão da esposa de Coryell, Grace Mary. Ela comparou os esforços dos cientistas para descobrir o novo elemento, com a empreitada de Prometeu. Originalmente o nome sugerido, foi *Prometheum*, contudo, para manter o padrão em relação aos nomes de outros elementos (*Osmium, Irídium, Technetium*, etc.), a grafia foi mudada para *Promethium* (Fontani *et al*., 2020). Segundo um dos descobridores, esse nome: "não apenas simboliza a maneira dramática como o elemento foi produzido como resultado do aproveitamento da energia da fissão nuclear, mas também alerta para o perigo de punição pelo abutre da guerra" (Marinsky, 1996, p. 103, tradução nossa).

Em meados da década de 1960, o Promécio foi encontrado em quantidades ínfimas em amostras de apatita [$(Ca_5(PO_4)_3(F,Cl,OH)$] e pechblenda (U_3O_8). A fissão nuclear espontânea de Urânio-238 produz isótopos com número de massa igual a 147 cujo decaimento radioativo gera o isótopo $^{147}_{61}Pm$, conforme as equações nucleares a seguir:

$$^{238}_{92}U \rightarrow {}^{147}_{56}Ba + {}^{147}_{57}La + {}^{147}_{58}Ce$$
$$^{147}_{56}Ba \rightarrow {}^{147}_{57}La \rightarrow {}^{147}_{58}Ce \rightarrow {}^{147}_{59}Pr \rightarrow {}^{147}_{60}Nd \rightarrow {}^{147}_{61}Pm$$

A história do Promécio e o conceito de descoberta científica

Uma descoberta científica é mais do que a primeira observação de um fenômeno ou objeto. "É geralmente assumido que um cientista (ou um grupo de cientistas) descobriu X se ele ou ela estabeleceu de forma convincente que X existe [...]" (Kragh, 2019, p. 80, tradução nossa). Um elemento químico sintético, passa a existir a partir do momento em que foi produzido pela primeira vez, portanto trata-se de uma descoberta científica (Kragh, 2019).

As descobertas científicas podem ser classificadas segundo o tipo de objeto ou fenômeno em: a descoberta de X (nova classe de objetos: Elementos químicos); a descoberta de um X (inclusão de um novo objeto em uma classe: Promécio na classe dos elementos químicos); a descoberta de que X (uma propriedade do objeto: isótopos de Promécio

são radioativos); e a descoberta de X como Y (um objeto ou fenômeno que mostrou-se diferente do que foi pensado inicialmente: cientistas pensaram ter sintetizado isótopos de Promécio, quando na realidade, produziram novos isótopos de Neodímio e Samário) (Hanson, 1967).

Nessa classificação, a descoberta do Promécio pode ser considerada como a descoberta de um X, objeto que pertence a uma classe estabelecida. Segundo essa taxonomia, a descoberta do Promécio significa a classificação de mais um objeto na classe dos elementos químicos. A União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC) define elemento químico como: "Uma espécie de átomos; todos os átomos [não ligados] com o mesmo número de prótons no núcleo atômico" (IUPAC, 2014, p. 258, tradução nossa). Dessa forma, todos os núcleos atômicos com 61 prótons, encontrados na natureza ou sintetizados em laboratório, fazem parte do conjunto de átomos do elemento químico Promécio.

Em relação ao contexto da descoberta, a síntese do Promécio pode ser considerada uma descoberta esperada (Hanson, 1967), pois havia grande expectativa por parte dos cientistas desde o final do século XIX quanto à existência desse elemento químico.

Em relação ao contexto da descoberta, a síntese do Promécio pode ser considerada uma descoberta esperada (Hanson, 1967), pois havia grande expectativa por parte dos cientistas desde o final do século XIX quanto à existência desse elemento químico.

A descoberta de Elementos Químicos

Para anunciar a descoberta de um novo elemento químico, até aproximadamente 1900, era necessário isolá-lo, investigar as propriedades químicas e físicas e, principalmente, determinar o peso atômico (Kragh, 2020). A partir da introdução do conceito de número atômico e da espectroscopia de raios X, a partir de 1913, a descoberta passou a envolver a determinação da carga nuclear, em substituição aos pesos atômicos. As equipes científicas chefiadas por James, Hopkins, Rolla e Quill falharam parcialmente em relação aos dados espectroscópicos do elemento 61, pois os resultados foram inconclusivos. Além disso, nenhuma delas conseguiu isolar quantidades mínimas do novo elemento.

A situação mudou quando os primeiros elementos químicos transurânicos foram sintetizados a partir de 1940. Alguns desses elementos são instáveis e se decompõem em frações de segundo. Além disso, a pequena quantidade de átomos produzida torna inviável a espectroscopia de raios X. Nesses casos, a descoberta é evidenciada pela fissão nuclear espontânea desses elementos, que permite a medição do número de massa do transurânico a partir do número de massa dos fragmentos gerados e do tempo de meia-vida (Kragh, 2020). Foi dessa forma que a equipe de Marinsky, Glendenin e Coryell evidenciou inicialmente a descoberta do Tecnécio em 1945. A síntese de alguns miligramas de Promécio (1948) e a obtenção do espectro de raios X (1950) pavimentaram o percurso da descoberta e contribuíram para a sua aceitação pela comunidade científica.

Nos anos 1990, a IUPAC estabeleceu novos critérios para o reconhecimento de novos elementos químicos, sendo o primeiro e mais importante: "A descoberta de um elemento químico é a demonstração experimental, além de qualquer dúvida razoável, da existência de um nuclídeo com número atômico Z não identificado antes, existindo por pelo menos 10^{-14}s" (Wapstra, 1991, p. 883, tradução nossa).

Considerações Finais

A síntese do Promécio foi um dos maiores marcos para a consolidação da Tabela Periódica, tendo em vista que foi o último elemento químico cisurânico a ser descoberto, preenchendo a incômoda lacuna entre o Neodímio e o Samário.

A descoberta do Promécio consiste em um episódio da História da Ciência com elevado potencial didático, uma vez que compreende uma série de eventos complexos que evidenciam diversos aspectos da natureza do trabalho científico, tais como: ética profissional, métodos de pesquisa, dimensão coletiva da Ciência, relação teoria-experimento, entre outros.

Considerando a complexidade da história da descoberta do Promécio, espera-se produzir reflexões sobre a descoberta de elementos sintéticos e fomentar discussões em sala de aula envolvendo aspectos da História e da Filosofia das Ciências.

Lucas Santos Fernandes (lucas.fernandes@univasf.edu.br), licenciado em Química e mestre em Ensino de Ciências pela UFRPE, doutor em Ensino, Filosofia e História das Ciências pela UFBA/UEFS. É professor adjunto da Universidade Federal do Vale do São Francisco. São Raimundo Nonato, PI – BR.

Referências

BRAUNER, B. Über die Stellung der Elemente der seltenen Erden im periodischen System von Mendelejeff. *Zeitschrift für Anorganische Chemie*, v. 32, n.1, p. 1-30, 1902.

BULFINCH, T. *O Livro de Ouro da Mitologia*: Histórias de Deuses e Heróis. 1. ed. Rio de Janeiro: Ediouro, 2006.

CORK, J. F.; JAMES, C. e FOGG, H. C. The Concentration and Identification of the Element of Atomic Number 61. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United Statesof America*, v. 12, n. 12, p. 696-699, 1926.

ELKINA, V. e KURUSHKIN, M. Promethium: To Strive, to Seek, to Find and Not to Yield. *Frontiers in Chemistry*, v. 8, p. 1-8, 2020.

FONTANI, M.; COSTA, M. e ORNA, M. V. *The Lost Elements*: The Periodic Table's Shadow Side. 1. ed. New York: Oxford University Press, 2015.

FONTANI, M.; ORNA, M. V. e COSTA, M. Chemists and

Physicists Behaving Badly: The Shadow Side of Two Elemental Discoveries. *Comptes Rendus Chimie*, v. 23, n. 3, p. 231-241, 2020.

HANSON, N. R. An Anatomy of Discovery. *The Journal of Philosophy*, v. 64, n. 11, p. 321-352, 1967.

HARRIS, J. A. e HOPKINS, B. S. Observations on the Rare Earths XXIII. Element nº 61

Part One. Concentration and Isolation in Impure State. *Journal of the American Chemical Society*, v. 48, n. 6, p. 1585-1594, 1926.

HARRIS, J. A.; YNTEMA, L. F. e HOPKINS, B. S. Observations on the Rare Earths XXIII. Element No. 61 Part Two. X-Ray Analysis. *Journal of the American Chemical Society*, v. 48, n. 6, p. 1594-1598, 1926.

IUPAC. *Compendium of Chemical Terminology*. 2. ed. Estados Unidos da América, 2014. Disponível em: https://goldbook.iupac.org/files/pdf/goldbook.pdf, acesso out. 2021.

KRAGH, H. Controversial Elements: Priority Disputes and the Discovery of Chemical Elements. *Substantia*, v. 3, n. 2, p. 79-90, 2019.

KRAGH, H. The Periodic System and the Idea of a Chemical Element: From Mendeleev to Superheavy Elements. *Centaurus*, v. 61, n. 4, p. 329-344, 2020.

MARINSKY, J. A.; GLENDENIN, L. E. e CORYELL, C. D. The Chemical Identification of Radioisotopes of Neodymium and of Element 61. *Journal of the American Chemical Society*, v. 69, n. 11, p. 2181-2785, 1947.

MARINSKY, J. A. The Search for Element 61. *In*: EVANS, C. H. Episodes from the History of the Rare Earth Elements. 1. ed. Dordrecht: Kluver Academic Publishers, 1996. p. 91-107.

MATTAUCH, J. Zur Systematik der Isotopen. *Zeitschrift für Physik*, v. 91, p. 361–371, 1934.

MOSELEY, H. G. J. The Highfrequency Spectra of the Elements. *Philosophical Magazine*, v. 26, n. 156, p. 1024-1034, 1913.

MOSELEY, H. G. J. The Highfrequency Spectra of the Elements. Part II. *Philosophical Magazine*, v. 27, n. 160, p. 703-713, 1914.

MURPHY, C. J. Charles James, B. Smith Hopkins, and the Tangled Web of Element 61. *Bulletin for the History of Chemistry*, v. 31, n. 1, p. 9-18, 2006.

PARKER, G. W. e LANTZ, P. M. The Absorption Spectrum of Element 61, Promethium. *Journal of the American Chemical Society*, v. 72, n. 7, p. 2834-2836, 1950.

PEED, W. F.; SPITZER, E. J. e BURKHART, L.E. The L Spectrum of Element 61. *Physical Review*, v. 76, n. 1, p. 143-145, 1949.

POOL, M. L. e QUILL, L. L. Radioactivity Induced in the Rare Earth Elements by Fast Neutrons. *Physical Review*, v. 53, n. 6, p. 437-446, 1938.

ROLLA, L. e FERNANDES, L. Florentium or Illinium? *Nature*, v. 119, n. 3000, p. 637-638, 1927.

SCERRI, E. *A Tale of 7 Elements*. 1. ed. New York: Oxford University Press, 2013.

SCERRI, E. The Periodic Table: its Story and its Significance. 2. ed. New York: Oxford University Press, 2020.

SCERRI, E. *A Tabela Periódica*: Uma Breve Introdução. 2. ed. Rio do Sul: Unidavi, 2021.

SOUSA FILHO, P. C.; GALAÇO, A. R. B. S. e SERRA, O. A. Terras Raras: Tabela Periódica, Descobrimento, Exploração no Brasil e Aplicações. *Química Nova*, v. 42, n. 10, p. 1208-1224, 2019.

WAPSTRA, A. H. Criteria that Must Be Satisfied for the Discovery of a New Chemical Element To Be Recognized. *Pure and Applied Chemistry*, v. 63, n. 6, p. 879-886, 1991.

Abstract: *The history of the promethium and the scientific discovery concept.* This study seeks to discuss the history of the chemical element Promethium (Z = 61) from the concept of scientific discovery. Promethium is used in the manufacture of atomic batteries, lasers, X-ray machines portables and lighting equipment. Before official recognition, the discovery of the chemical element with atomic number 61 was announced a few times, including, it came to be named Illinium, Florencio and Cyclonium. However, its discovery was recognized only in 1947. Considering the complexity of the history of Promethium, it is expected to produce reflections on the discovery of synthetic elements and foster discussions in the classroom involving aspects of the History and Philosophy of Science.
Keywords: scientific discovery, chemical element, Promethium.

http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160289

Aplicação de ferramentas pedagógicas na disciplina de Química Orgânica I de forma remota

Pedro H. Damada e André L. M. Porto

O objetivo deste trabalho foi aplicar atividades pedagógicas com os alunos de graduação na disciplina teórica de Química Orgânica I para auxiliar nos estudos em um período atípico em que as aulas presenciais foram suspensas devido à pandemia do novo coronavírus. As aulas foram ministradas pelo docente através do *Google Meet* utilizando o *PowerPoint*® e foram complementadas pelo estagiário, do Programa de Aperfeiçoamento do Ensino da Universidade de São Paulo, por meios de aulas de monitorias, listas de exercícios, Mapa Conceitual (MC) e Texto de Divulgação Científica (TDC). Destacam-se que as aulas, as monitorias e as listas de exercícios foram de grande importância: 100% dos alunos aprovaram os recursos utilizados e 77% aprovaram o uso do TDC como atividade complementar. E, em relação ao MC, a maioria achou a ferramenta um pouco confusa e trabalhosa, mas todos que a desenvolveram tiveram um bom desempenho na disciplina. Com estes resultados, pode-se concluir que estas ferramentas podem ser facilmente empregadas para estimular os alunos nos estudos. Além disso, devido à quantidade de recursos tecnológicos e pedagógicos disponíveis é possível que disciplinas presenciais possam ser ministradas *online*, sem que cause prejuízos na formação dos alunos, desde que bem elaboradas e devidamente acompanhadas pelos responsáveis.

▶ química orgânica, mapa conceitual, texto de divulgação científica ◀

Recebido em 07/05/2021, aceito em 30/10/2021

O ensino e a aprendizagem dos conteúdos ministrados em salas de aula dos Cursos de Graduação em Química, em geral, são realizados de maneira tradicional, no qual o professor apresenta e desenvolve os conteúdos da ementa de uma disciplina, enquanto os alunos são os espectadores. Este processo pode trazer prejuízos na formação profissional em um curso universitário, como a aprendizagem insuficiente e a falta de um pensamento crítico dos alunos.

Esta forma de ensino-aprendizagem pode ser mais agravante atualmente, em que as aulas estão sendo ministradas a distância devido à interrupção pela pandemia do novo coronavírus (SARS-Cov-2), causador da Covid-19. Nesta modalidade de ensino, os alunos encontram-se diante de uma tela de computador ou celular e não mais frente a frente ao docente. Além de estarem ao redor de uma gama de atrativos tecnológicos que podem levar a não terem interesse em assistir e a se concentrar nas aulas, o que pode levá-los a desistir das salas *online*. Isto sugere que apenas aulas *online* expositivas à distância não são suficientes para motivar os estudos, o que pode comprometer a formação de futuros profissionais.

> [...] se faz necessário implementar metodologias que auxiliem e estimulem os alunos a se concentrarem e a interagirem, de forma remota, com o docente e os colegas para que obtenham uma melhor compreensão do conteúdo e consigam desenvolver o pensamento crítico.

Logo, se faz necessário implementar metodologias que auxiliem e estimulem os alunos a se concentrarem e a interagirem, de forma remota, com o docente e os colegas para que obtenham uma melhor compreensão do conteúdo e consigam desenvolver o pensamento crítico. Mapas Conceituais (MCs) e Textos de Divulgação Científica (TDC) são exemplos de ferramentas de ensino interessantes para cumprir estas funções, fazendo com que as aulas e os estudos sejam atrativos e agradáveis aos estudantes (Furman, 2010; Machado e Carvalho, 2019).

Os MCs foram desenvolvidos por um grupo de pesquisadores liderados por Joseph Novak, em 1972 (Novak e Gowin, 1986). Trata-se de uma ferramenta gráfica baseada na Teoria

Este é um artigo de acesso aberto distribuído sob os termos da Licença de Atribuição Creative Commons

da Aprendizagem Significativa (TAS), a qual foi criada por David Ausubel na década de 1960 e propõe que os conhecimentos já adquiridos pelos alunos podem se relacionados com conhecimentos a serem ensinados e aprendidos durante a formação acadêmica (Ausubel, 1963).

A TAS pode auxiliar na estrutura cognitiva dos estudantes, de modo a facilitar o aprendizado mais complexo a partir dos conhecimentos prévios (Valadares e Moreira, 2009; Machado e Carvalho, 2019). Para a disciplina de Química Orgânica I a TAS pode proporcionar uma melhor compreensão dos conteúdos, uma vez que os alunos poderão aprender com mais facilidade, por meio da organização das ideias e a capacidade de relacionar os novos conhecimentos com os já existentes. Para assim, desenvolver um pensamento mais organizado e serem hábeis em entender os temas abordados em aula, que é a proposta fundamental da TAS.

Através de ferramentas pedagógicas baseadas na TAS, a compreensão e aprendizagem de conteúdos mais complexos a partir de conhecimentos prévios, por parte dos estudantes, com o tempo torna-se mais simples e natural, o que pode fazer o estudo mais fácil, agradável e levar menos tempo.

Nos MCs os conceitos ou conjunto de ideias da disciplina são colocados em caixas, e estas são conectadas por meio de palavras de ligação para que se formem as proposições. Com o intuito de delinear e expor de forma clara o conhecimento, de acordo com o entendimento de quem está construindo, é comum utilizar linhas e setas para demonstrar as conexões. Portanto, o aluno que elabora um MC e une dois ou mais conceitos deve ser capaz de explicar cada um e o motivo da ligação entre eles. Isto torna o MC um ótimo instrumento de como o conhecimento adquirido é estruturado e integrado pelo estudante, bem como sua análise crítica frente ao que está propondo. Além de propiciar ao docente direcionamentos didáticos para uma melhor apresentação do conteúdo (Moreira, 1980; Pérez e Vieira, 2005; Stanzani *et al*., 2014).

Nos MCs os conceitos ou conjunto de ideias da disciplina são colocados em caixas, e estas são conectadas por meio de palavras de ligação para que se formem as proposições. Com o intuito de delinear e expor de forma clara o conhecimento, de acordo com o entendimento de quem está construindo, é comum utilizar linhas e setas para demonstrar as conexões.

Entretanto, deve-se destacar que o uso de MC pode não ser tão efetivo quando houver, por parte do aluno, dificuldade na sua elaboração, seja pela complexidade ou pela quantidade de temas. Assim, para que se tenha sucesso nessa atividade, o aluno deve fazer uma síntese dos conteúdos, separando os conceitos-chaves para a compreensão do conteúdo (em termos gerais) e estar atento para não relacionar incorretamente os conceitos, e caso aconteça, corrigir a fim de que se obtenha um melhor resultado através desta ferramenta pedagógica (Souza e Boruchovitch, 2010).

Já a utilização de TDC permite que os alunos interajam com o conhecimento científico mais precocemente e de forma mais simples, uma vez que a linguagem e a composição dos TDC não é a mesma dos periódicos científicos e livros didáticos.

O TDC se mostra interessante por trazer a aplicação da ciência no cotidiano, portanto o aluno consegue associar o conteúdo que aprendeu com algo que está presente na sua vida, o que pode estimular a curiosidade e a busca por novos conhecimentos. O aluno sente-se mais motivado pela disciplina e passa a observar o conteúdo como sendo algo relevante para a sua formação profissional. Somando-se a isso, a linguagem no TDC é simples, impessoal e objetiva, são elaborados por pesquisadores e profissionais da área, constituindo-se em instrumentos essenciais para a disseminação da ciência na sociedade (Ferreira e Queiroz, 2012; Queiroz, 2016).

Resumindo, o TDC pode apresentar aos estudantes os campos de aplicação de diversos conceitos fundamentais, cuja descrição em livros-textos muitas vezes não possibilita que vislumbrem todo o entendimento e as possíveis aplicações no mundo real (Fatareli *et al*., 2015). Com as aulas sendo ministradas a distância, esta ferramenta de ensino torna-se relevante, uma vez que pode auxiliar a mudar a dinâmica em que o aluno apenas assiste as aulas, mesmo quando se faz o uso de bons recursos tecnológicos. Além disso, os estudantes, em muitos casos, não se sentem à vontade ou preparados para tirar suas dúvidas durante a aula. Mas, a inserção desta atividade pode estimular a participação, uma vez que o tema abordado pode ser algo familiar ou algo que desperte seu interesse.

O presente trabalho teve como proposta auxiliar os alunos na disciplina de Química Orgânica I do curso de Bacharelado em Química do Instituto de Química de São Carlos (IQSC-USP), no período em que as aulas presenciais foram interrompidas em março de 2020. Desta forma, o ensino a distância foi a única alternativa para minimizar o impacto no curso devido a esta situação inesperada. Este trabalho foi desenvolvido durante o estágio PAE (Programa de Aperfeiçoamento no Ensino), no primeiro semestre de 2020, e poder divulgar como foram idealizadas e realizadas as atividades é algo importante, pois o compartilhamento de experiências pode ajudar a comunidade de estudantes e professores a enfrentar de forma bastante positiva esta condição que todos nós estamos vivenciando.

O PAE foi regulamentado em 2005, tendo como principal objetivo fornecer aos pós-graduandos oportunidade de desenvolverem atividades didáticas de graduação. O Programa apresenta duas fases: na primeira, por meio de uma disciplina ou um conjunto de conferências com foco em tópicos pedagógicos, o pós-graduando é preparado para que tenha conhecimentos sobre como deve atuar para tratar questões do Ensino Superior. E, na segunda fase, o pós-graduando realiza o estágio numa disciplina da graduação, o qual é supervisionado por um docente, podendo realizar as atividades da disciplina, assim como sugerir e aplicar metodologias que

possam auxiliar na aprendizagem por parte dos alunos de graduação (Teodoro *et al*., 2011).

Descrição da metodologia adotada nas aulas

As atividades complementares às aulas propostas foram implementadas na disciplina de Química Orgânica I para que os alunos se sentissem estimulados a estudar a distância. A turma de Química Orgânica I foi composta por 20 alunos, mas nem todos participaram de todas as atividades e 4 alunos não participaram de nenhuma das atividades. Um resumo das atividades desenvolvidas, com destaque para os objetivos, metodologia e acompanhamento, é apresentado na forma de um fluxograma na Figura 1.

Destaca-se que os alunos, assim como o docente e o estagiário PAE nunca tinham vivenciado este tipo de experiência, uma vez que o curso sempre foi presencial.

Aos alunos foram disponibilizadas apresentações de cada tópico da matéria a ser ministrado, sendo feitas no *PowerPoint*® e baseadas em livros textos de Química Orgânica para o ensino de graduação, com destaque para o livro de Química Orgânica dos autores T. W. G. Solomons e C. B. Fryhle (volume 1 – 11ª edição, 2013). Com o objetivo de direcionar os estudos, os *slides* foram elaborados de maneira a se assemelharem a um fluxograma, para que o aluno pudesse criar uma linha de raciocínio e não se "perder" em relação às informações abordadas. Além disso, para destacar pontos importantes, cores e tipos de letras diferentes foram utilizados para que os alunos dessem a devida atenção aos conteúdos relevantes. As apresentações foram enviadas semanalmente e sempre com antecedência à aula *online*, para que os alunos pudessem estudar e tirar dúvidas nas aulas.

Além de apresentações das aulas foram elaborados *slides* para a resolução dos exercícios. Estas apresentações em *PowerPoint*® foram feitas de acordo com as listas de exercícios e semanalmente, pelo *Google Meet*, eram utilizadas nas aulas de monitoria pelo estagiário PAE. A monitoria é uma atividade didática importante, pois estimula os alunos a

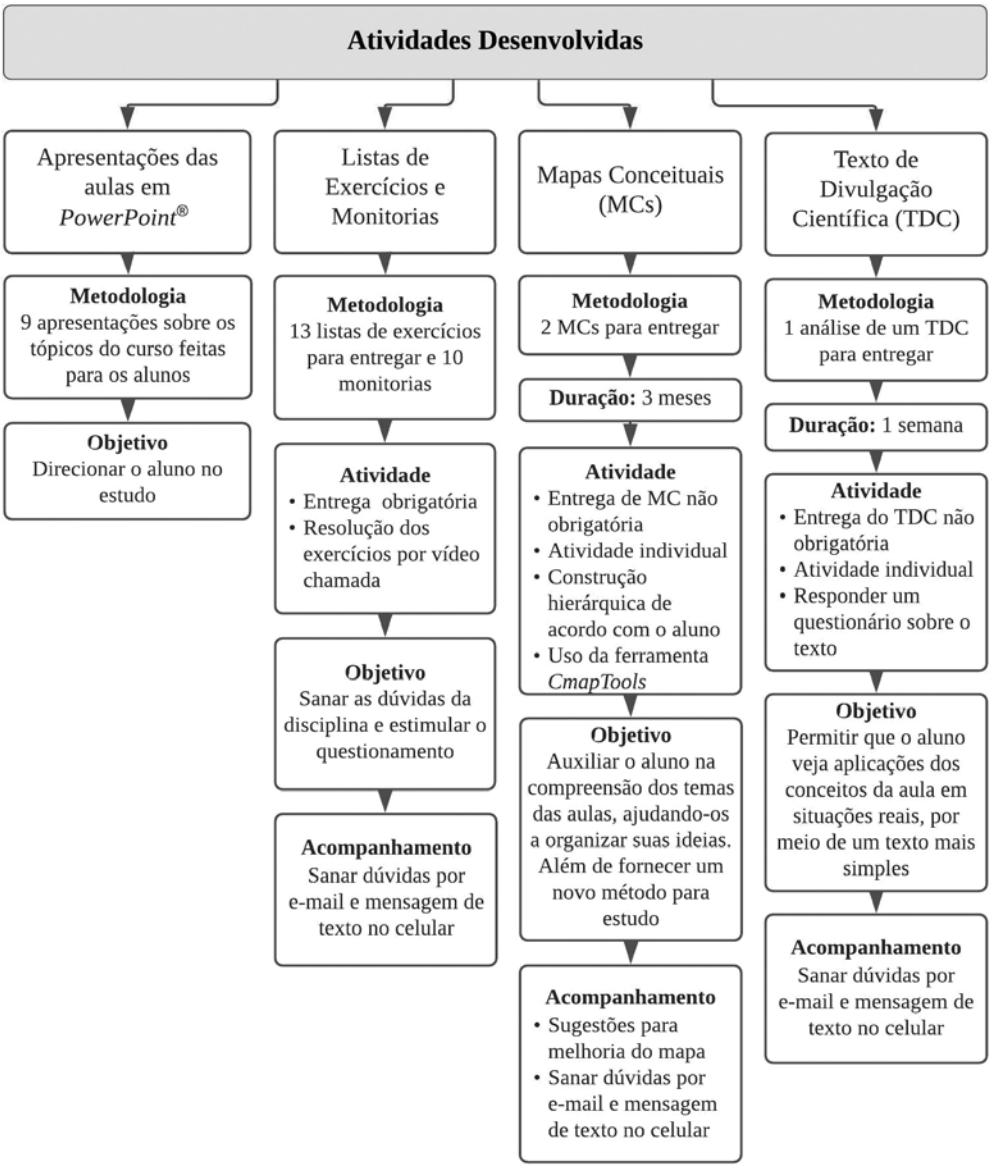


Figura 1: Resumo das atividades complementares desenvolvidas durante o estágio PAE na disciplina de Química Orgânica I.

resolverem os exercícios, a tirarem suas dúvidas e possibilita verificar se, de fato, estão aprendendo o conteúdo ministrado.

As listas de exercícios foram encaminhadas após a finalização de um tópico pelo docente. Para que os alunos se empenhassem em resolver e a entregar as listas, estas atividades foram consideradas na avaliação final. Para a entrega das listas, os alunos deveriam escanear ou tirar foto dos exercícios resolvidos, e então anexar em uma pasta no *Google Drive*®. Para que os alunos pudessem corrigir e revisar os exercícios individualmente, foram enviados comentários pelo estagiário PAE, e assim garantir que a lista de exercícios fosse um material de apoio adequado para os estudos.

Outra atividade ministrada pelo estagiário PAE foi a construção de MCs, atividade desenvolvida no decorrer do semestre, durando os três primeiros meses. Na primeira semana do primeiro mês foi entregue aos alunos um documento com todas as instruções e exemplos de como elaborar um MC. A partir disto os alunos deveriam entregar dois MCs: a entrega do primeiro MC foi agendada para a primeira semana do segundo mês e a segunda, para a última semana do terceiro mês. Tempo necessário para os alunos desenvolverem a atividade e para o docente ministrar os temas.

O conteúdo do primeiro mapa abordou os seguintes tópicos: Ligação e Estrutura Molecular, Hidrocarbonetos, Grupos Funcionais e Forças Intermoleculares e Ácidos, Bases e Introdução a Mecanismos de Reação. Enquanto para o segundo MC, o qual foi nomeado de Mapa Final (MF), abordou os tópicos do primeiro MC e incluiu os seguintes temas: Nomenclatura e Conformação de Alcanos e Cicloalcanos, Estereoquímica e Reações Iônicas.

Estes temas foram escolhidos, pois a maioria dos alunos nunca teve um contato mais aprofundado com os conteúdos de Química Orgânica. Sendo assim, é importante incentivá-los a organizarem os conceitos para que não venham a ter dificuldades posteriores no curso. Os assuntos tratados são recorrentes em outras disciplinas subsequentes da grade curricular do curso, tais como a Química Orgânica II e III, Laboratório de Química Orgânica e Análises de Compostos Orgânicos.

Estes temas foram escolhidos, pois a maioria dos alunos nunca tiveram um contato mais aprofundado com os conteúdos de Química Orgânica. Sendo assim, é importante incentivá-los a organizarem os conceitos para que não venham a ter dificuldades posteriores no curso.

A devolução do MC foi planejada para que os alunos, ao entregarem o primeiro MC, recebessem comentários e sugestões e, assim utilizassem corretamente a ferramenta pedagógica para aproveitar de forma satisfatória o conhecimento dos novos conteúdos.

O MF deveria conter as modificações necessárias sugeridas pelo estagiário PAE e os novos tópicos abordados e devidamente relacionados com os demais temas incluídos.

Ainda, foi utilizado um TDC cuja atividade foi desenvolvida em uma única semana. Um TDC foi selecionado e enviado aos alunos, os quais deveriam fazer um resumo entre 10-20 linhas e responder um questionário sobre a sua leitura. O intuito do questionário foi verificar se os alunos tiveram facilidade na leitura, se compreenderam o texto, se poderiam correlacionar o texto com algum(ns) conteúdo(s) que foi(ram) ministrado(s) em aula e se aprovavam o uso do TDC como uma atividade complementar. O texto selecionado foi retirado da revista FAPESP, tendo como título "Formas em Movimento", do autor Ricardo Zorzetto (Revista FAPESP, 2019).

Tanto o MC quanto o TDC poderiam contribuir para a avaliação dos alunos na disciplina. Vale ressaltar que estas atividades não foram obrigatórias.

Resultados e Discussão

Para avaliar o desempenho e conhecer quais foram as percepções dos estudantes frente às atividades pedagógicas desenvolvidas na disciplina de Química Orgânica I foi elaborado um questionário pelo *Google Forms*. Dentre os 20 alunos matriculados, 13 responderam o que correspondeu a 65% de participação. Assim, os resultados a serem apresentados foram em relação às respostas dos 13 alunos e não ao número total de alunos da turma.

Apresentações em PowerPoint

No decorrer do semestre foram preparadas nove apresentações de todo o conteúdo programático da ementa da disciplina em *PowerPoint*® e um exemplo de *slide* é apresentado na Figura 2.

Ainda, em todas as apresentações preparadas, no primeiro *slide*, foi disponibilizado um *link* que direcionava para um questionário de múltipla escolha, feito no *Google Forms*, com questões bastante simples referentes ao conteúdo abordado da aula anterior. Isto foi implementado para que os alunos pudessem relembrar algumas informações básicas da aula anterior antes de iniciar ou continuar um conteúdo.

Nesta atividade, ao contrário do desejado, poucos alunos acessaram e responderam o formulário, cerca de 9-10 alunos (~50% da turma) em média. Não houve incentivo ou estímulo por parte do estagiário PAE e do docente para que os alunos realizassem esta atividade, uma vez que eles deveriam demonstrar interesse e iniciativa próprias.

No questionário sobre a disciplina foi perguntado aos alunos, de um modo geral, se as apresentações em *PowerPoint*®, para as aulas *online* ministradas pelo docente, auxiliaram na compreensão dos conteúdos e nos estudos para resolução de exercícios e nas provas. Para responder esta pergunta os alunos poderiam escolher entre "Sim", "Pouco" e "Não".

Na avaliação desta atividade, 100% dos alunos concordaram que as apresentações foram importantes para auxiliar nos estudos do conteúdo da disciplina e na preparação para

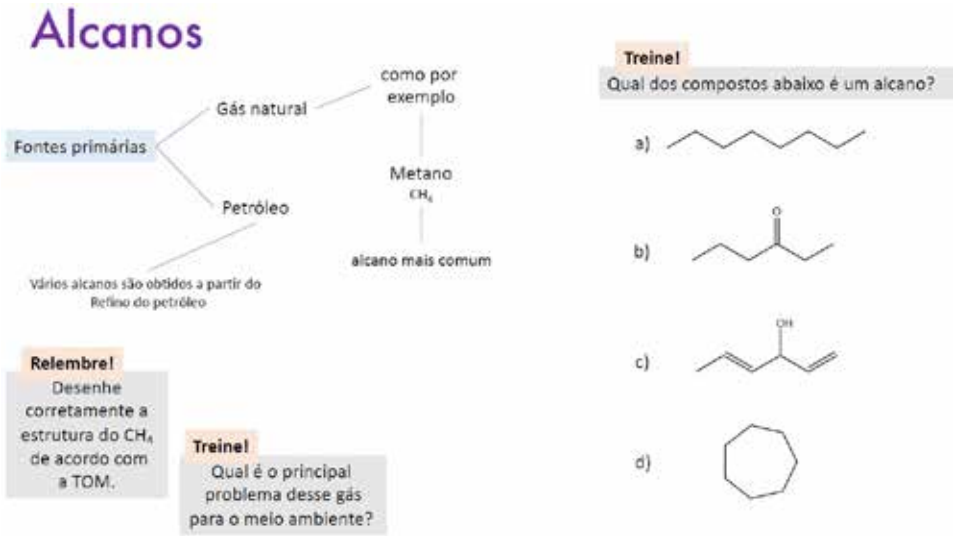


Figura 2: Exemplo de um *slide* de uma apresentação em *PowerPoint*® de um tópico apresentado aos alunos da disciplina de Química Orgânica I.

as provas. Logo, este tipo de material, se preparado de forma adequada, é um excelente recurso didático para auxiliar os alunos nos estudos e na aprendizagem, uma vez que pode facilitar a assimilação dos conteúdos muitas vezes complexos quando apenas dispostos em livros didáticos. Lembrando que as apresentações em *PowerPoint*® foram estruturadas didaticamente para guiar os alunos nos estudos.

Atualmente, os recursos audiovisuais para a preparação de apresentações atrativas e interativas são muitos vastos, entretanto, requerem muito tempo para a sua elaboração, o que pode não ser fácil ao docente. Todavia, numa realidade em que o mundo digital está cada vez mais presente, é necessário estar atualizado em relação aos recursos didáticos tecnológicos de ensino, assim como implementá-los. Os alunos dos dias atuais encontram-se inteiramente na internet, portanto, é de grande importância que o ensino também esteja integrado à modernidade, visto que as condições na sala de aula sofrem alterações muito rápidas e, assim, metodologias devem ser sempre atualizadas para acompanhar estas situações e não prejudicar o ensino e a formação dos estudantes. É comum criticar a falta de maturidade dos alunos, porém deve-se considerar que, às vezes, falta um elo entre o docente, cujo métodos são tradicionais, com os jovens, os quais pertencem a era da tecnologia.

Listas de Exercícios e Monitorias

Em relação às listas de exercícios para o sistema de devolução, não foram relatados problemas. Os comentários sobre as correções apontadas pelo estagiário PAE nas listas foram importantes para direcionar corretamente os alunos nos estudos e sanar suas eventuais dúvidas. Para que os alunos não se limitassem aos horários das aulas e monitorias houve flexibilização de atendimento via e-mail ou *WhatsApp*®, o que sem dúvida contribuiu para um melhor desempenho dos estudantes nas avaliações.

A partir das respostas nos questionários, verificou-se que 100% dos alunos concordaram que as listas ajudaram no entendimento dos conteúdos. Foram elaboradas um total de 13 listas de exercícios (entre 10 e 20 exercícios por lista) e para todas houve o devido acompanhamento pelo estagiário PAE no desenvolvimento dos exercícios nas aulas de monitorias.

A boa avaliação deveu-se especialmente à dedicação do estagiário PAE com os alunos, que forneceu recursos para que todos pudessem ser atendidos adequadamente, sempre incentivando-os a tirarem as dúvidas e a participarem das aulas de monitorias.

A boa avaliação deveu-se especialmente à dedicação do estagiário PAE com os alunos, que forneceu recursos para que todos pudessem ser atendidos adequadamente, sempre incentivando-os a tirarem as dúvidas e a participarem das aulas de monitorias.

A resolução de exercícios, em muitas disciplinas, não é comumente realizada pelo docente em aula com os alunos, pois devido à extensa quantidade de conteúdo da ementa não há tempo suficiente para aulas direcionadas para a resolução de exercícios. Porém, trabalhar com exercícios é uma excelente forma didática e pedagógica para avaliar se os alunos compreenderam um conceito; e uma poderosa ferramenta para instigá-los a pensar e a construir suas próprias opiniões sobre o conteúdo, e ainda discutir o tema de tal forma que possa auxiliar no entendimento da disciplina.

Abaixo, seguem alguns comentários feitos pelos alunos em relação às listas de exercícios aplicadas. Destaca-se que não houve nenhum comentário desfavorável às atividades relacionadas às listas de exercícios pelos alunos da disciplina.

"*Todas as listas foram bem completas em relação aos conteúdos aplicados*".

"*É bem importante colocar na prática os assuntos teóricos aprendidos em aula*".

"*As listas sempre foram estritamente condizentes com o conteúdo apresentado e a melhor ferramenta do semestre para fixar o conteúdo*".

"*Acho que o aprendizado se torna mais consistente quando o que é passado em listas de exercícios é similar com o método avaliativo do professor. Na aplicação dessa disciplina isso foi aplicado e acredito que, apesar do ensino EaD não ser efetivo como o presencial, isso auxiliou muito a fixação dos conceitos*".

Para demostrar os efeitos das listas de exercícios em relação aos estudos, antes da primeira prova foram resolvidas 4 listas e, em média, 82% dos alunos, entregaram e a média da turma na avaliação foi de 7,4. Entretanto, na segunda avaliação, para a qual foram resolvidas 3 listas, e, em média, 61%, dos alunos entregaram as listas e a média da turma na avaliação foi de 5,9. Portanto, observou-se uma pequena redução no desempenho dos estudantes, o que pode ter sido causada pela menor quantidade de listas entregues. Contudo, deve-se considerar também que o conteúdo para a segunda prova foi um pouco mais complexo do que a primeira, e isto pode ter contribuído para este resultado.

Mesmo que as listas tenham um grande papel na aprendizagem, podendo auxiliar no momento da prova, não é possível afirmar que o fato de as listas não serem entregues pelos alunos seja o principal motivo a ser considerado no desempenho de uma avaliação. Inclusive, na última prova a média da turma foi de 6,4, e a porcentagem média dos alunos que entregaram foi de 55%. Neste momento do curso, os alunos já apresentaram maior confiança na disciplina para realizar as provas. Além disso, outras atividades e habilidades foram sendo desenvolvidas para complementar os estudos, com o MC. E possivelmente, alguns estudantes podem ter resolvido os exercícios, mas não entregaram as listas.

As aulas de monitorias, igualmente, se mostraram importantes para os alunos durante os estudos. De acordo com as respostas do questionário, 100% dos alunos concordaram com a importância das monitorias, realizadas pelo estagiário PAE, para auxiliar na compreensão dos tópicos abordados pelo docente. No questionário os alunos poderiam escolher entre "Sim", indicando que a monitoria auxiliou o estudo, "Pouco", indicando que a monitoria auxiliou pouco nos estudos e "Não", indicando que a monitoria não ajudou nos estudos.

Mesmo que as listas têm um grande papel na aprendizagem, podendo auxiliar no momento da prova, não é possível afirmar que o fato de as listas não serem entregues pelos alunos seja o principal motivo a ser considerado no desempenho de uma avaliação.

Mapas Conceituais e Texto de Divulgação Científica

O MC foi utilizado como um complemento pedagógico para que os alunos pudessem organizar e compreender os conhecimentos adquiridos de maneira mais simples e atrativa na disciplina de Química Orgânica I.

Visto que a acumulação de conteúdos na disciplina pode se tornar um problema, o uso de MC pode ser uma proposição a mais nos estudos, devido, principalmente, à facilidade em organizar diversos conceitos graficamente. Esta atividade foi realizada de forma individual.

Para a construção dos MCs foi sugerido que utilizassem um *software CmapTools* (*https://cmap.ihmc.us/cmaptools/*), o qual é disponibilizado gratuitamente. O uso do *software* foi previamente apresentado a todos e as dúvidas foram sanadas para que não tivessem dificuldades durante a elaboração dos MCs.

Para o primeiro MC 16 alunos realizaram esta atividade, representando uma participação de 80%. A maioria dos alunos fez a atividade como foi instruído pelo estagiário PAE, entretanto, alguns MCs não ficaram de acordo com o que foi solicitado, um exemplo de um mapa com problemas na construção é mostrado na Figura 3. Neste MC observou-se que o estudante não interligou todos os conceitos com as palavras de ligação, utilizou poucos conceitos e a cor de fundo, como nota-se na Figura 3, dificulta a leitura. Para este aluno, assim como para todos os demais, foram feitas as sugestões necessárias pelo estagiário PAE para que o MC fosse reestruturado e pudesse ser elaborado de forma a ser utilizado de maneira correta.

Na Figura 4 é mostrado o MF do aluno cujo mapa foi apresentado na Figura 3 e que estava incompleto. Observa-se que o aluno atendeu as sugestões e entregou um mapa mais bem organizado e adequado para o estudo. Para o MF, 16 alunos entregaram a atividade, representando uma participação de 80%.

Isto demonstra a importância do acompanhamento da atividade, seja pelo docente ou por um monitor/estagiário, pois os alunos, geralmente podem apresentar dificuldades na construção do MC, como não dar a devida atenção a conceitos considerados como "chave", ou interligar os conceitos de forma incorreta, o que pode prejudicar os estudos, bem como levar a um desinteresse pela atividade pedagógica.

Segundo Moreira (2006), os conceitos tidos como mais gerais e inclusivos devem estar posicionados na parte superior do MC, enquanto os restantes dos conceitos devem ser colocados abaixo destes, seguindo um eixo vertical, fazendo com que os conceitos mais específicos fiquem na parte inferior do mapa. Neste trabalho, os alunos foram orientados a montar e organizar o mapa de acordo com o seu entendimento sobre o assunto, ficando livre para montar sua própria distribuição hierárquica.

Para Cañas e colaboradores (2015), um mapa para ser considerado como "bom" deve apresentar uma distribuição hierárquica dos conceitos, os quais devem ser relevantes ao tópico e a sua organização, deve transmitir uma mensagem clara, caso contrário, o mapa é avaliado como "ruim". Baseando-se nisto foram criados critérios para a análise

Figura 3: Exemplo do primeiro Mapa Conceitual elaborado por um aluno da disciplina de Química Orgânica I.

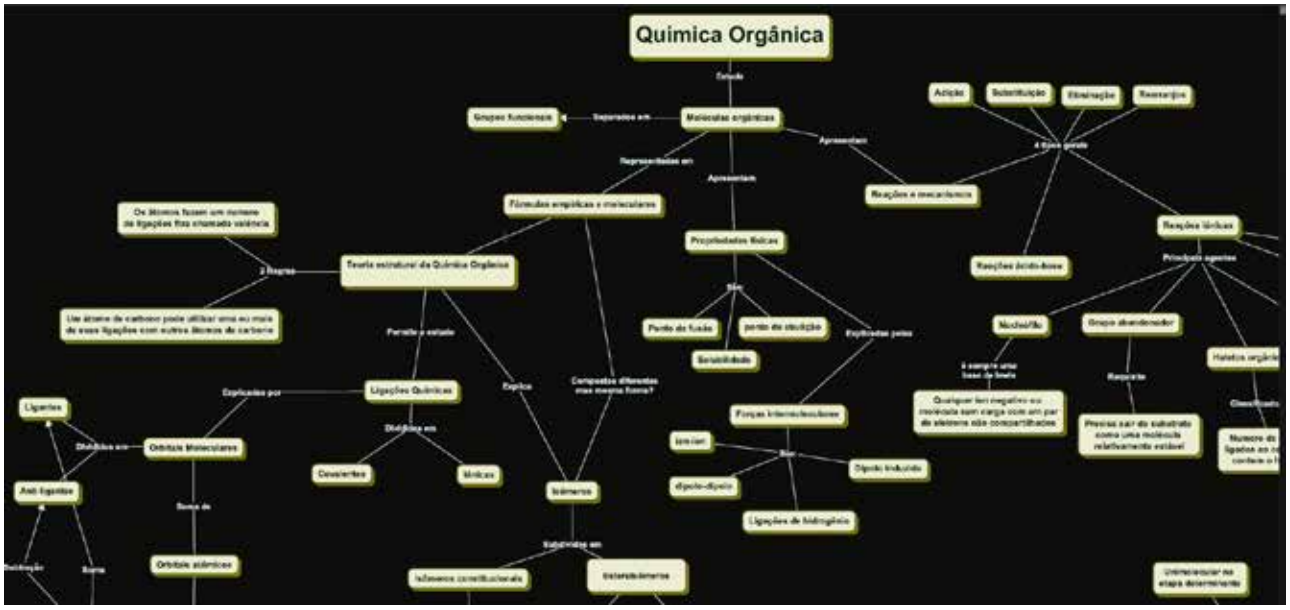


Figura 4: Mapa Conceitual Final corrigido do aluno mostrado na Figura 2. Apenas uma parte foi apresentada devido ao tamanho do Mapa Final.

dos MCs, o que permitiu fazer sugestões aos alunos que melhorassem os seus MCs, para assim terem um bom aproveitamento da ferramenta.

A maioria dos alunos deixou para realizar esta atividade nos dias próximos da entrega, mesmo que constantemente fossem avisados para que não fizessem isto. E, possivelmente por conta disto, no questionário, 38% dos alunos responderam que o MC é uma boa ferramenta de estudo, porém é confusa e trabalhosa. Cerca de 23% dos alunos concordaram que os MCs foram uma boa ferramenta, 15% dos alunos escolheram a opção "*interessante, mas não viu praticidade por conta do tempo necessário para construir um mapa*" e, aproximadamente, 8% escolheram "*Não é uma boa ferramenta, existem outras ferramentas mais práticas e eficientes*".

Além disso os alunos podiam escolher por "*Outro*" e adicionar uma opinião própria, e dois alunos escreveram:

"Ele é bom para entender como tudo se conecta e ter uma visão geral da matéria, mas acho que as listas de exercícios em conjunto com os slides e a monitoria são o suficiente. O MC seria um "bônus" eu acho"

"É interessante, ajuda a organizar as ideias".

O resultado é representado por um gráfico de barras na Figura 5.

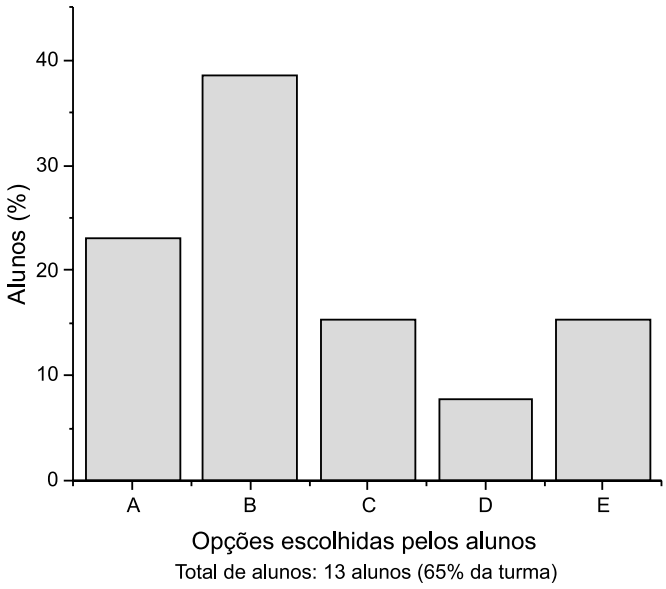


Figura 5: Gráfico em barras referente às respostas dos alunos para a pergunta "Na sua opinião o Mapa Conceitual, é uma boa ferramenta para entender e conseguir conciliar novos conceitos?". As respostas foram divididas em: "Sim, eu acho" (A), "É uma boa ferramenta, mas é um pouco confusa" (B), "É interessante, mas não é muito prática, visto que o tempo necessário para montar e organizar o mapa é elevado, dificultando ainda mais o aprendizado" (C), "Não é uma boa ferramenta, existem outras ferramentas mais práticas e eficientes" (D) e "Outros" (E).

Ainda em relação ao uso de MCs, no questionário foi perguntado a probabilidade de usar o MC como ferramenta de estudo em outras disciplinas, para isso os alunos deveriam escolher entre os números 1 e 5, sendo 1 referente a mais baixa probabilidade e 5 a mais alta probabilidade. A maioria (61%) escolheu o número 3, como mostrado na Figura 6.

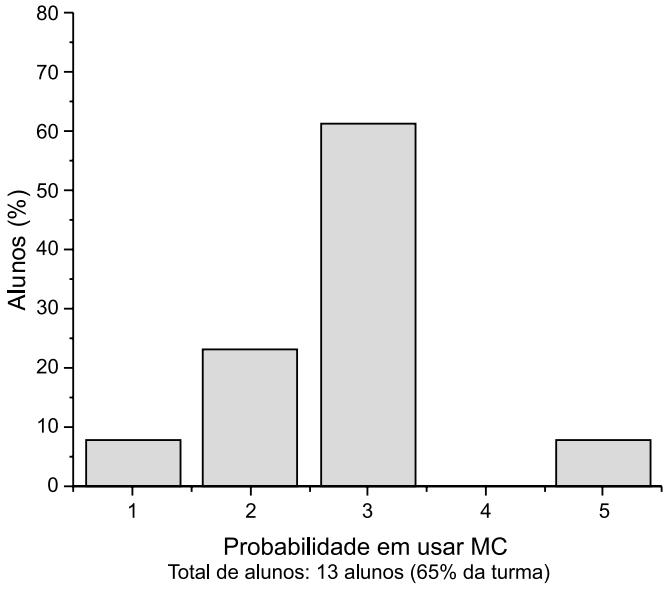


Figura 6: Gráfico em barras (Probabilidade de usar os MC x Número de alunos (%)) referente às respostas da pergunta "Você usaria o Mapa Conceitual em outras disciplinas? Assinale uma nota de acordo com a probabilidade de você usar, sendo 5 a mais alta e 1 a mais baixa".

Um fator que pode ter contribuído para estes resultados foi que a maioria dos alunos nunca teve contato com esta proposta pedagógica, além disso, demanda tempo, dedicação e compreensão de aprendizado, tanto na sua elaboração quanto ao entendimento dos próprios conceitos dos conteúdos ministrados. A soma destes fatores pode ter sido vista pelos alunos como uma atividade de pouca efetividade e praticidade, ainda mais que é pouco comum desenvolver atividade pedagógica em disciplinas como Química Orgânica. Uma maneira de fazer os alunos aderirem a esta atividade é inserir no início do curso de graduação ferramentas pedagógicas o que poderia tornar o seu uso mais frequente.

Conclui-se que o MC aplicado pode ser uma opção para complementar os estudos em um momento em que muitos alunos se sentem desmotivados, além de ser uma maneira diferente de avaliar os alunos. E isto é importante, pois altera a dinâmica da aula e pode trazer mais benefícios para o aprendizado dos alunos, e ainda estimular a comunicação entre eles.

O MC é uma ferramenta versátil, além de ser utilizado como ferramenta para organização do conhecimento e estudo, pode ser usado para revisão de conteúdo, assim como material avaliativo, por exemplo, um docente pode pedir aos alunos para complementar ou corrigir um MC, ou ainda, construir um MC durante um intervalo de tempo a partir do conhecimento prévio sobre um tópico sem matérias de consulta (Correia *et al*., 2016). Isto é uma grande vantagem, pois permite que a rotina da sala de aula seja alterada, o que pode ajudar muitos alunos a se interessar em participar das atividades.

Destaca-se que todos os alunos que desenvolveram e entregaram os dois MCs tiveram uma média final na disciplina superior a 6, um resultado que pode ser considerado muito bom. Dois alunos não entregaram nenhum dos MCs e coincidentemente ficaram de recuperação e outros dois alunos entregaram apenas o primeiro MC e tiveram uma média final inferior a 6.

Os TDCs apresentam uma linguagem relativamente fácil e são construídos de maneira que a leitura seja dinâmica e simples. Isto é bastante apreciável, pois estudantes nos primeiros anos de graduação não são habituados com leituras e termos científicos específicos. Logo, tais textos permitem que tomem conhecimento sobre temas atuais da sua área de formação e, ao mesmo tempo, que busquem por mais informações para melhor entendimento e por outros assuntos que os interessem. O TDC, além disso, pode encorajar os alunos a estudarem com mais contentamento, uma vez que os traz possíveis aplicações do que é ensinado em aula, através de pesquisas voltadas para o bem-estar da sociedade e do meio ambiente (Rosa e Goi, 2020).

Em relação à atividade desenvolvida, dentre os alunos que entregaram (16 alunos – 80% da turma), todos descreveram que o texto foi bastante interessante e ainda conseguiram entender o tema principal, assim como relacionar com vários conteúdos estudados na disciplina de Química Orgânica I. Além disso, os alunos comentaram que a estrutura e a linguagem facilitaram o entendimento, pois não houve muitas dificuldades na compreensão de palavras ou frases.

Portanto, o TDC é um ótimo método de ensino para estimular o aluno a estudar e para despertar a curiosidade científica, relacionando os conceitos e fundamentos clássicos com as aplicações que a Química proporciona em diversos campos de conhecimento. O aluno, quando habituado com estes textos, em anos posteriores, poderá começar a transmitir seus conhecimentos a outros colegas que ingressarem na universidade ou até mesmo para seus familiares e amigos, tornando-se um propagador de conhecimentos científicos, contribuindo para a sociedade, bem como para o crescimento educacional do país (Oliveira e Queiroz, 2014).

Quando foi perguntado aos alunos no questionário sobre o uso de TDCs na disciplina, a maioria, 77% dos que responderam (Figura 7), afirmaram que aprovam o uso deste recurso didático na complementação da sua formação. Os alunos ainda podiam escolher entre "Pouco, o uso de TDC deve ser aplicado apenas para os alunos interessados" e "Não, o TDC não é uma boa ferramenta de estudo", 23% dos alunos optaram pela primeira opção e nenhum aluno pela segunda opção.

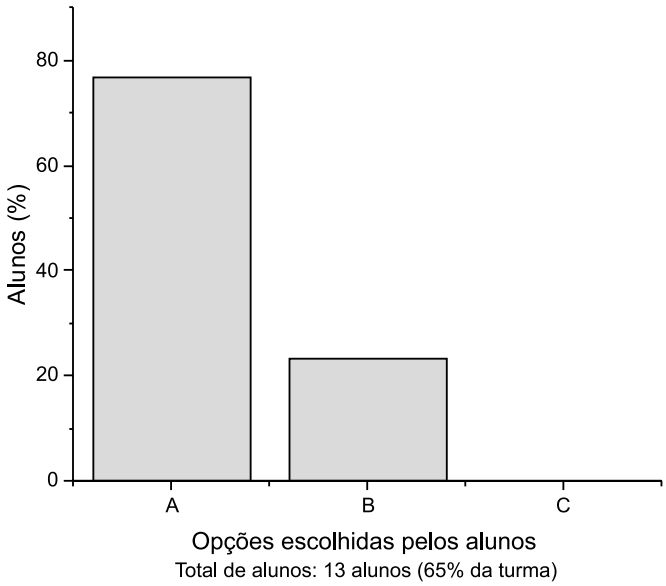


Figura 7: Gráfico em barras referente às respostas da pergunta "Na sua opinião, Textos de Divulgação Científica podem ser usados para complementar os conceitos da disciplina?". As respostas foram divididas em: "Sim, a utilização de vários TDCs pode auxiliar a ampliar o conhecimento" (A), "Pouco, o uso de TDC deve ser aplicado apenas para os alunos interessados" (B) e "Não, o TDC não é uma boa ferramenta de estudo" (C).

O MC ou o TDC e outras ferramentas pedagógicas poderiam ser adicionadas às ementas das disciplinas, o que daria um maior destaque a estas atividades e os alunos iriam considerar como algo relevante, e não como apenas uma atividade a mais que necessita de tempo para ser elaborada.

E para complementar o estudo da inserção destas ferramentas pedagógicas, a média final dos alunos na disciplina foi de 6,4, sendo que dois alunos ficaram de recuperação, mas ambos atingiram a aprovação final. Assim, o resultado foi bastante motivante, visto que a disciplina foi inteiramente *online*. A disciplina possui uma ementa extensa e aborda tópicos um pouco complexos e que, normalmente, quando ministrada presencialmente, os alunos também apresentam dificuldades.

Abaixo, seguem alguns comentários de alunos sobre como a disciplina foi ministrada.

"*Sim, estou satisfeita com a maneira que a disciplina foi ministrada, principalmente ao apoio dado pelo estagiário PAE, com os slides montados e com as monitorias*".

"*O professor e o monitor se organizaram muito bem para aplicar o conteúdo, não me sinto prejudicada por conta da adaptação da disciplina. Ambos fizeram um excelente trabalho*".

"*É difícil encontrar um exemplo de uma aula bem ministrada durante uma pandemia que dura tanto tempo pois é a primeira vez que passamos por isso, mas a maneira como a disciplina de orgânica 1 foi ministrada foi muito boa, permitindo aprender o conteúdo e tirar as dúvidas facilmente*".

"*Achei que deu muito certo. Houve espaço para explicação das aulas, resolução de dúvidas tanto conceituais quanto dos exercícios. O monitor PAE foi extremamente importante nesse processo e nos acompanhou de perto*".

"Acredito que foram adequadas para a situação. Não significa que todas foram igualmente válidas, algumas aulas eu tive que rever um monte de vídeo aulas de outros lugares pra entender, conforme a complexidade aumentava. Mas, acho que todos fizeram seu melhor".

Enfim, todas as atividades complementares às aulas e aos estudos dos alunos, mesmo que pedagogicamente sejam relevantes, requerem um bom acompanhamento do estagiário ou do docente para que não venham a sobrecarregar os alunos e não trazer os devidos benefícios que se propõe frente à sua aplicação, assim como também, requerem que sejam incluídas no sistema de avaliação. Isto não deve ser um problema, visto que as atividades têm como foco, proporcionar uma melhor formação aos estudantes.

Conclusões

Devido à interrupção das aulas presenciais foi necessário que o docente, o estagiário PAE e os alunos se adaptassem às aulas a distância, e através dos recursos hoje disponíveis, como *Google Meet* e *WhatsApp*®, foi possível obter resultados satisfatórios para a disciplina em foco.

A maioria dos alunos teve um bom engajamento nas atividades e, mesmo a disciplina sendo ministrada a distância, elogiaram a maneira como foi estruturada e aplicada. Assim, as atividades propostas e desenvolvidas foram importantes para estimular os alunos a não desistirem e a estudarem/aprenderem neste período atípico.

O direcionamento dos alunos por meio das apresentações ilustrativas e guiadas em *PowerPoint*®, a aplicação e a resolução de listas de exercícios e as aulas de monitorias, somado à utilização de TDC, foram a chave para o sucesso da administração da disciplina de Química Orgânica I a distância. Em relação ao MC mesmo que os alunos apresentaram

dificuldades, se o seu uso for incentivado desde os primeiros anos e com a devida assistência, seja pelo monitor ou pelo docente, há contribuições positivas nos estudos dos alunos. O MC permite um resultado eficaz, visto que o aluno pode fazer um resumo de maneira a ter uma visão geral dos conceitos e a relação entre eles. Logicamente que uma atividade pedagógica que visa um bom ensino e aprendizagem requer tempo, dedicação e estudo.

Portanto, propor novos métodos de estudo, utilizar ferramentas didáticas atuais, inserir o aluno ao mundo real, mesmo que por meio da leitura, pode garantir que este, atrás de um computador, tenha uma nova visão do aprendizado. A inserção de ferramentas pedagógicas em disciplinas de Ciências Exatas, tal como a Química, atualmente, é mais simples e de fácil acesso, e se bem aplicadas, abrem janelas de oportunidades para a compreensão dos conteúdos, até mesmos mais complexos, pelos estudantes, o que pode ajudar no desenvolvimento do pensamento crítico e estimular a busca por inovações, novos conhecimentos, sempre pautados na Ciência. Isto abre caminhos para o uso da modalidade do Ensino Superior a distância para que alunos possam realizar disciplinas em diferentes universidades e até mesmo no exterior.

Pedro Henrique Damada (pedrodamada@usp.br), doutorando em Química Orgânica e Biológica pelo Instituto de Química de São Carlos – USP, mestre em Biotecnologia pela UFSCar. São Carlos, SP – BR. **André L. M. Porto** (almporto@iqsc.usp.br), bacharel em Química pelo IQAr-UNESP, mestre em Química Orgânica e doutor em Ciências pelo IQ-UNICAMP. Atualmente é professor do Instituo de Química de São Carlos. São Carlos, SP – BR.

Referências

AUSUBEL, D. P. *The physiology of meaningful verbal learning*. New York: Grune and Stratton, 1963.

CAÑAS, A. J.; NOVAK, J. D. e REISKA, P. How good is my concept map? Am I a good Cmapper? *Knowledge Management & E-Learning*, v. 7, n. 1, p. 6–19, 2015.

CORREIA, P. R. M.; AGUIAR, J. G.; VIANA, A. D. e CABRAL, G. C. P. Por que vale a pena usar mapas conceituais no ensino superior? *Revista de Graduação USP*, v. 1, n. 1, p. 41, 2016.

FATARELI, E. F.; MASSI, L.; FERREIRA, L. N. A. e QUEIROZ, S. L. Mapeamento de textos de divulgação científica para planejamento de debates no ensino de química. *Química Nova na Escola*, v. 37, n. 1, p. 11-18, 2015.

FERREIRA, L. N. A. e QUEIROZ, S. L. Textos de divulgação científica no ensino de ciências: uma revisão. *ALEXANDRIA: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, v. 5, n. 1, p. 3-31, 2012.

FURMAN, M. Mais que conceitos, é preciso ensinar atitudes científicas. *Nova Escola: A Revista de Quem Educa*, n. 237, p. 28-32, 2010.

MACHADO, C. e CARVALHO, A. A. Os efeitos dos mapas conceituais na aprendizagem dos estudantes universitários. *ETD: Educação Temática Digital*, v. 21, n. 1, p. 259-277, 2019.

MOREIRA, M. A. Mapas conceituais como instrumentos para promover a diferenciação conceitual progressiva e a reconciliação integrativa. *Ciência e Cultura*, v. 4, n. 32, p. 474-479, 1980.

MOREIRA, M. A. A teoria da aprendizagem significativa e suas implementações em sala de aula. Brasília: Editora Universidade de Brasília, p. 46-47, 2006.

NOVAK, J. D. e GOWIN, D. B. *Aprender a aprender*. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 1986.

OLIVEIRA, J. R. S. e QUEIROZ, S. L. Textos científicos de autoria de graduandos em química: análise dos professores. *Química Nova*, v. 37, n. 9, p. 1559-1565, 2014.

PÉREZ, C. e VIEIRA, R. Mapas Conceituais: geração e avaliação. In: XXV Congresso da Sociedade Brasileira de Computação. Anais. Rio Grande do Sul: Unisinos, 2005.

QUEIROZ, S. L. *Uso de textos de divulgação científica no ensino de ciências*. 1ª ed. São Paulo: Centro Paula Souza, 2016.

ROSA, A. P. e GOI, M. E. J. The use of scientific dissemination texts in chemistry teaching. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 6, 2020.

SOUZA, N. A. e BORUCHOVITCH, E. Mapa conceitual: seu potencial como instrumento avaliativo. *Pro-Posições*, v. 21, n. 3, p. 173-192, 2010.

STANZANI, E. L.; BROIETTI, F. C. D.; BEBER, S. Z. C. e MARCOLINI, G. A. M. Mapas conceituais e a abordagem dos três momentos pedagógicos: Integrando estratégias para o ensino de química. In: IV Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnológica, 2014.

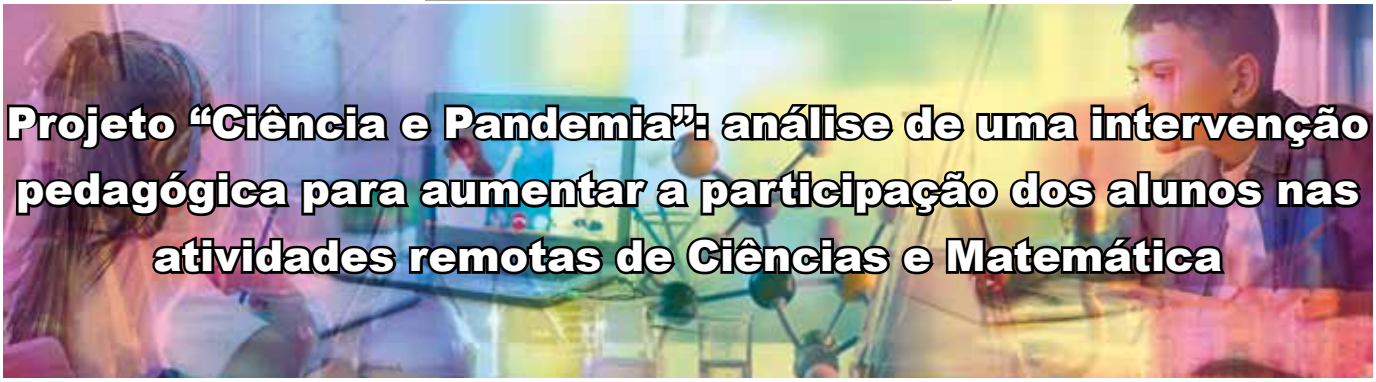
TEODORO, D. L.; PAGOTTO, J. F.; MOTHEO, A. J. e QUEIROZ, S. L. Formação docente no ensino superior de Química: contribuições dos programas de aperfeiçoamento de ensino. *Química Nova*, v. 34, n. 4, p. 714–719, 2011.

VALADARES, J. A. e MOREIRA, M. A. *A teoria da aprendizagem significativa: sua fundamentação e implementação*. Coimbra: Almedina, 2009

ZORZETTO, R. Formas em movimento. *Revista FAPESP*, ed. 283, 2019. Disponível em: https://revistapesquisa.fapesp.br/formas-em-movimento/, acesso em abr. 2020.

Abstract: *Remote application of pedagogical tools in Organic Chemistry I.* The objective of this work was to apply pedagogical activities with undergraduate students in the theoretical discipline of Organic Chemistry I to assist in studies during an atypical period in which presence classes were suspended due to the pandemic of the new Coronavirus. The classes were ministered by the Professor through Google Meet and PowerPoint® presentations and were complemented by the intern, from the Teaching Improvement Program of University of São Paulo, with classes of monitoring, exercise lists, Conceptual Map (CM), and Scientific Dissemination Text (SDT). It is noteworthy that classes, monitoring, and exercise lists were of great importance: 100% of students approved the resources used, and 77% of students approved the use of SDT as a complementary activity. And regarding the MC, most thought the tool a little confusing and laborious, however, everyone who accomplished it had a good performance in the discipline. With these results, is right to conclude that these tools can be easily used to stimulate students in studies. Also, due to the amount of technological and pedagogical resources available, it is possible that presence disciplines can be taught online, without causing damage to the student formation, if the classes are well-prepared and properly monitored by those responsible.
Keywords: organic chemistry, conceptual map, scientific dissemination text

http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160292



Projeto "Ciência e Pandemia": análise de uma intervenção pedagógica para aumentar a participação dos alunos nas atividades remotas de Ciências e Matemática

Ívina L. Santana, Luciana R. do Nascimento, Cecília F. Martins, Thays F. Souza, Maria de Fátima F. Lelis, Marcos Benedito J. G. de Freitas e Paulo Rogerio G. de Moura

O presente artigo apresenta um estudo de caso de uma intervenção pedagógica das áreas de Ciências da Natureza e Matemática, realizada numa escola pública de Ensino Médio, advinda de uma proposta para aumentar o engajamento no ensino remoto. Baseado em uma pesquisa diagnóstica sobre motivação e acessibilidade digital dos alunos durante o ensino remoto, o projeto de intervenção trabalhou temas relacionados a Ciência e Pandemia, produzindo um conteúdo digital interdisciplinar e contextualizado. Foi produzida uma série de *lives* com o cuidado de adequar o conteúdo à acessibilidade dos alunos. As ações do projeto foram capazes de aumentar o engajamento dos alunos no ensino remoto e, como consequência, aumentou o número de entregas das atividades pedagógicas não presenciais (APNPs).

▶ interdisciplinaridade, contextualização, ensino remoto, acessibilidade digital ◀

Recebido em 18/07/2021, aceito em 08/01/2022

No final do ano de 2019, foi detectada uma nova mutação de corona vírus, SARS-CoV-2, causadora da Corona Virus Disease-19, conhecida como COVID19. Essa nova cepa de vírus é mais perigosa e gera síndromes respiratórias agudas em pacientes acometidos com a doença, podendo levar à morte. Por ser mortal, gerou-se um clima de insegurança e incerteza em todo o mundo (Werneck *et al.*, 2020).

O sociólogo Boaventura Santos (2020) afirma que a pandemia trouxe à tona o caráter universal do vírus, mesmo que o próprio autor reconheça que, embora todos no mundo sintam o impacto da pandemia, nem todos sentem com a mesma intensidade. Países em desenvolvimento tendem a ser mais impactados pela pandemia. No caso do Brasil, com 66 milhões de pessoas abaixo da linha de pobreza e o número de desempregados que cresceu 27% somente nos primeiros quatro meses de pandemia, o impacto da pandemia ainda foi agravado pela dificuldade de implantação de medidas sanitárias necessárias pelas autoridades brasileiras (Aquino *et al.*, 2020).

Se por um lado o ensino remoto acelerou a inserção das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC) na educação; por outro, a falta de acessibilidade digital de muitos brasileiros fez crescer a desigualdade educacional no Brasil (Silva *et al.*, 2021; Cunha *et al.*, 2020).

Em meio aos problemas sanitários e socioeconômicos do Brasil, a pandemia também impactou de maneira contundente a educação do país. Como meio de evitar um possível colapso da saúde pública brasileira, as escolas suspenderam as atividades presenciais a partir de março de 2020 e adotaram o ensino remoto, por meio de plataformas de aulas on-line, videoaula gravadas e compartilhamento de materiais didáticos por redes sociais (Pereira *et al.*, 2020).

Se por um lado o ensino remoto acelerou a inserção das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC) na educação; por outro, a falta de acessibilidade digital de muitos brasileiros fez crescer a desigualdade educacional no Brasil (Silva *et al.*, 2021; Cunha *et al.*, 2020). Um estudo de Petrus *et al.* (2021) usou uma ferramenta de simulação e business intelligence para medir o impacto das desigualdades educacionais na aprendizagem dos alunos durante a pandemia, criando diferentes cenários conforme os parâmetros socioeconômicos introduzidos. Dentre algumas conclusões do estudo, os autores destacaram que:

Este é um artigo de acesso aberto distribuído sob os termos da Licença de Atribuição Creative Commons

- A desigualdade de aprendizagem tende a ser ampliada quando a gestão toma a decisão de implantar o ensino remoto sem informações suficientes sobre a acessibilidade de seus estudantes;
- Quanto mais vulnerável o nível socioeconômico do estudante, maior a desigualdade de aprendizagem durante a pandemia e maior a possibilidade de abandono, evasão e/ou reprovação;
- Alunos que não possuem computador/internet durante a pandemia têm aprendizagem quase nula quando comparada a alunos com acessibilidade digital.

A Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) de 2019, realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), mostra que a população brasileira está cada vez mais conectada. De acordo com a pesquisa, 82,7% dos domicílios brasileiros possuem acesso à internet (banda larga ou não) e o telefone celular continua sendo a principal ferramenta utilizada pelas pessoas, depois vem o computador, seguido pela televisão e tablet. Quando verificamos o uso por estudantes, temos que os estudantes da rede privada (98,4%) usam mais essas tecnologias do que os da rede pública (83,7%). Além disso, um boletim técnico produzido em 2018 pelo Centro Regional de Estudos para o Desenvolvimento da Sociedade da Informação (CETIC), sob auspício da UNESCO, mostra que 67% dos domicílios brasileiros possuem acesso à rede banda larga. Entretanto, quando fatiamos esse percentual por classes sociais, percebemos a desigualdade econômica e digital: 99% na classe A possui acesso, 94% na B, 76% na C e 40% nas classes D e E. Ou seja, uma parcela considerável dos alunos da escola pública tem dificuldade ou até mesmo impossibilidade de acesso (CETIC, 2018).

[...] 82,7% dos domicílios brasileiros possuem acesso à internet (banda larga ou não) e o telefone celular continua sendo a principal ferramenta utilizada pelas pessoas, depois vem o computador, seguido pela televisão e tablet. Quando verificamos o uso por estudantes, temos que os estudantes da rede privada (98,4%) usam mais essas tecnologias do que os da rede pública (83,7%).

Dado o contexto brasileiro relatado, as escolas e, fundamentalmente, seus professores, possuem desafios a serem superados a fim de minimizar os efeitos da pandemia na educação. Nesse sentido, professores e gestores têm adotado estratégias didáticas dentro do ciberespaço para produção de um conteúdo digital escolar acessível e alinhado à BNCC (Base Nacional Comum Curricular) (Faustino e Silva, 2020). Fazer um ensino remoto alinhado à BNCC significa fazer um ensino contextualizado, interdisciplinar e com responsabilidade social, utilizando-se de temas contemporâneos transversais integradores (MEC/BRASIL, 2018, p.7-9).

Alicerçado nesses dados, propõe-se um estudo do conteúdo digital produzido por professores de Ciências da Natureza e Matemática de uma escola pública de Ensino Médio de uma capital brasileira, em um projeto de intervenção pedagógica visando aumentar a participação dos alunos nas Atividades Pedagógicas Não Presenciais (APNPs) do ensino remoto. Como o projeto de intervenção pedagógica mostrou resultados positivos e potencialidade de replicação para outras escolas, o presente artigo teve como objetivo fazer um estudo do conteúdo digital produzido, através de uma análise textual discursiva, para compreender: os problemas do ensino remoto identificados pelos professores; como a disciplina de Química se inseriu no conteúdo digital das lives; e quais as potencialidades dessa estratégia didática utilizada na intervenção pedagógica de ensino para o Ensino de Química.

Referencial teórico

O termo "contextualização" do ensino tem sido discutido por diferentes autores. Wartha *et al.* (2013) propuseram uma reflexão sobre avanços e contrapontos do uso dos termos "cotidiano" e "contextualização" pela comunidade de Educação Química e, ao mesmo tempo, fizeram uma observação que o termo contextualização tem várias nuances em sua interpretação, dependendo dos autores estudados. De acordo com Wharta e Alário (2005), "contextualizar é construir significados e, significados não são neutros, incorporam valores porque explicitam o cotidiano, constroem compreensão de problemas do entorno social e cultural". No ensino de Ciências, a contextualização tem por objetivo desenvolver atitudes e valores em uma perspectiva humanística, ajudando na aprendizagem de conceitos científicos e estimulando os alunos a relacionar suas experiências escolares em Ciências com problemas do cotidiano (Santos, 2007).

Sjöström *et al.* (2014), ao estudarem a contextualização em Química em uma perspectiva humanística, desenvolveram o Tetraedro da Abordagem Humanista de Química (TAHQ), para mostrar como a contextualização no ensino pode ir de uma simples contextualização a uma problematização multifacetada, resultando em uma abordagem humanista da disciplina. O tetraedro está representado na Figura 1.

Figura 1: Tetraedro do Ensino Humanista de Química. Adaptado de Sjöström *et al.*, (2014).

A base do tetraedro refere-se à base conceitual da disciplina de Química, que é representada pelo micro, macro e pelo simbólico. Ao topo do tetraedro encontra-se a abordagem humanística de Química, passando por três níveis de contextualização humanista: Química aplicada, Química social e Química crítica e reflexiva. A Química aplicada refere-se às abordagens da educação em Química que introduzem o elemento humano, focando em questões da vida cotidiana e diferentes aplicações da Química. A Química social inclui abordagens que visam a avaliação do desenvolvimento e dos usos dos conhecimentos, práticas e produtos da química, bem como a compreensão da inserção sociocultural do trabalho científico. No topo do tetraedro, o nível da Química crítica e reflexiva envolve uma análise reflexiva de perspectivas históricas, filosóficas, sociológicas e culturais, bem como a ação crítico-democrática voltada para o social e para o ecológico.

É preferível que a contextualização do ensino de Química seja feita com o cotidiano do aluno, na compreensão e resolução de problemas reais. Entretanto, problemas reais são complexos e, para compreendê-los e resolvê-los, é preciso mobilizar conhecimentos de diferentes disciplinas e áreas de conhecimento. Ou seja, o ensino contextualizado evoca um arranjo interdisciplinar do ensino. Para Japiassu *et al.* (1991, p. 136), a interdisciplinaridade é uma interação de duas ou mais disciplinas em um projeto de pesquisa ou de ensino. Essa interação pode ir de uma simples comunicação de ideias a até mesmo uma fusão de conceitos, epistemologias, metodologias e procedimentos. Já Fazenda (2013, p. 21) define a interdisciplinaridade além de uma interação de disciplinas, a interdisciplinaridade é uma "atitude de ousadia e busca frente ao conhecimento", já que tal interação "parece mais processo que produto". Essa última definição infere que a interdisciplinaridade é uma ação e, no âmbito escolar, uma ação com o objetivo de promover a aprendizagem (Fazenda, 2003). Para Mozena *et al.*, (2016), a interdisciplinaridade é geralmente usada na escola para esclarecer uma situação, resolver problemas por projetos e/ou compreender algo em seu contexto. Por isso, é comum encontrar a interdisciplinaridade aliada a uma contextualização do ensino que, por desvelar o cotidiano, pode se tornar motivadora para os alunos (Pontes *et al.*, 2008).

É preferível que a contextualização do ensino de Química seja feita com o cotidiano do aluno, na compreensão e resolução de problemas reais. Entretanto, problemas reais são complexos e, para compreendê-los e resolvê-los, é preciso mobilizar conhecimentos de diferentes disciplinas e áreas de conhecimento. Ou seja, o ensino contextualizado evoca um arranjo interdisciplinar do ensino.

Metodologia

A pesquisa, de caráter qualitativo, apresenta um estudo de caso do projeto pedagógico "Ciência e Pandemia". O estudo foi baseado em dados coletados de toda produção documental dos professores envolvidos no projeto, que inclui: as transcrições dos episódios das *lives* (*Site* de Ciências da Natureza e Matemática da escola); as APNPs interdisciplinares para as turmas de 1ª, 2ª e 3ª série; e o relato de prática escrito por uma das professoras do projeto em decorrência de sua participação no Prêmio Shell de Educação Científica. Esses dados foram analisados à luz da análise textual discursiva proposta por Moraes (2003), na qual o texto em análise (*corpus*) é fragmentado num processo de unitarização. Concluído o processo de unitarização, essas unidades são reunidas em categorias denominadas *a priori* e emergentes. A categoria *a priori* é definida pelo pesquisador e relacionada ao problema de pesquisa, num processo dedutivo de análise, enquanto as categorias emergentes são desveladas indutivamente pela análise do texto.

A análise textual discursiva do material documental coletado foi feita utilizando o programa de análises textuais Atlas.ti®, na versão 9.0. No processo de unitarização, buscou-se inicialmente palavras que remetessem aos conteúdos curriculares das disciplinas de Química, Física, Biologia e Matemática. Essas unidades foram reunidas em fragmentos textuais mais abrangentes pertencentes à categorização *a priori* do conteúdo digital das *lives* (categorias de Física, Química, Matemática e Biologia). Das categorias *a priori*, foram criadas subcategorias para identificar o conteúdo programático contido em cada uma das categorias disciplinares. Da análise dedutiva do texto emergiram duas outras categorias, denominadas "Tecnologia" e "Ciências Naturais". A categoria de Ciências Naturais reuniu fragmentos textuais que remetiam a aspectos gerais das Ciências Naturais, como os métodos científicos e aspectos sócio-históricos das Ciências, e a categoria de Tecnologia reuniu fragmentos textuais que mostravam o funcionamento ou aspectos sócio-históricos de alguma tecnologia. A relação entre as categorias e subcategorias foi analisada usando tabelas de concorrências de códigos e diagramas de Sankey, ferramentas disponibilizadas pelo software de análises de texto Atlas.ti®.

Resultados e discussão

O projeto de intervenção pedagógica "Ciência e Pandemia"

A intervenção pedagógica interdisciplinar, que consistia em uma série de entrevistas sobre o tema "Ciência e Pandemia", aumentou a participação dos alunos nas APNPs. Essas entrevistas foram realizadas na forma de lives, transmissões ao vivo pelas redes sociais que se popularizaram durante a pandemia (Santos *et al.*, 2020). A série de lives foi composta por cinco episódios, apresentados na Tabela 1.

O projeto de intervenção pedagógica teve como base uma pesquisa diagnóstica para compreender a baixa adesão dos alunos ao ensino remoto. Essa pesquisa diagnóstica consistiu em um questionário, tanto físico quanto digital,

Tabela 1: Episódios da série de lives com seus respectivos temas e entrevistados

Episódio da Série de lives "Ciência e Pandemia"	Entrevistados
Ep. 1 - Vírus: o que são e como agem em nosso organismo	Farmacêutico e Mestre em Doenças Infecciosas
Ep. 2 - Taxa de ocupação de UTI: o que é isso e por que é importante	Médica, residente em Hematologia e atuante na Unidade de Tratamento Intensivo (UTI) da COVID19
Ep. 3 - A matemática da pandemia - Curvas de contágio e achatamento das curvas	Doutor em Matemática que trabalha junto à pesquisa de COVID19 para elaboração de políticas públicas de saúde no ES
Ep. – 4 - COVID19: a virose que parou o mundo	Médica Pediatra e Intensivista
Ep. 5 - A pandemia e a saúde mental	Psicólogo e Doutor em Psicologia

que colhia respostas dos alunos sobre acessibilidade e motivação no ensino remoto. O questionário digital foi postado, via Formulário Google, na plataforma Google Sala de Aula e, para alunos sem acessibilidade que buscavam atividades impressas na escola, foi disponibilizada uma cópia física. A participação dos alunos era voluntária e foram colhidas 351 respostas num universo de 1625 alunos matriculados na época. Ao se perguntar onde os alunos realizavam as APNPs do ensino remoto, 59,8% (210 respostas) disseram usar os aparelhos celulares, 24,2% (85 respostas) utilizavam computadores ou notebooks e 16% (56 respostas) buscavam atividade impressa. Além de muitos alunos usarem os próprios celulares para fazer as APNPs, 38% desses alunos usavam a internet do celular para isso, tendo acesso limitado pelos dados móveis da internet de um plano de telefonia, geralmente pré-pago.

A dificuldade de acesso digital impedia que os alunos acessassem o conteúdo em vídeo ou participassem de aulas síncronas, o que dificultava ou até mesmo impossibilitava a participação no ensino remoto. Para tornar o conteúdo das lives mais acessível, os professores criaram um site onde colocavam as entrevistas transcritas, com figuras e infográficos para tornar o conteúdo mais didático. O conteúdo escrito, apresentado no site, consumia menos dados de internet móvel para ser acessado e, portanto, facilitava o acesso do aluno com internet limitada para realizar as APNPs.

A avaliação do conteúdo trabalhado nas lives se dava via formulário Google, em que os professores elaboravam questões contextualizadas e interdisciplinares referentes a suas disciplinas. Para avaliar a adesão ao ensino remoto, os professores fizeram uma média de entrega das APNPs por disciplina, nas três séries do Ensino Médio, durante o ensino remoto. A média foi calculada dividindo o total de atividades entregues pelo número de atividades propostas pelos professores. A disciplina de Química, por exemplo, teve uma média de entrega 450 APNPs por atividade proposta. Na atividade interdisciplinar, a média foi de 702 APNPs, ou seja, a média de entrega da APNP interdisciplinar foi 56% maior que as disciplinares de Química. Para as outras disciplinas, esse aumento também foi observado. A média de entrega foi 68% maior em Física, 59% maior em Biologia e 42% maior em Matemática. Isso evidencia que a intervenção teve êxito em seu objetivo principal, com os alunos mais interessados e engajados nas atividades, aumentando a participação nas APNPs.

Além da dificuldade de acesso digital, a pesquisa diagnóstica também investigou a desmotivação dos alunos em relação ao ensino remoto. Quando questionados sobre fatores que impediam ou dificultavam a realização de APNPs, percebeu-se que 74% dos alunos (258 respostas) apontavam para o grande volume de atividades remotas (Figura 2). Não obstante, a atividade interdisciplinar também foi pensada como uma maneira de diminuir o volume de atividades; pois, ao invés de 4 APNPs (Química, Física, Biologia e Matemática), haveria uma única APNP. A pesquisa ainda mostra que a dificuldade de aprender por videoaulas e saúde mental abalada também são fatores de desmotivação. Para contornar essa situação, o projeto foi pensado na forma de entrevistas (lives) em vez de videoaulas e teve um dos episódios (Episódio 5) abordando o assunto de saúde mental na pandemia. A acessibilidade digital dificultada, dada como o quarto maior fator de desmotivação e impedimento, foi contornada produzindo conteúdo digital mais acessível para os alunos.

Além da dificuldade de acesso digital, a pesquisa diagnóstica também investigou a desmotivação dos alunos em relação ao ensino remoto. Quando questionados sobre fatores que impediam ou dificultavam a realização de APNPs, percebeu-se que 74% dos alunos (258 respostas) apontavam para o grande volume de atividades remotas [...].

Petrus e colaboradores (2021) pontuaram que não conhecer a realidade de acesso digital dos alunos pode aumentar as desigualdades educacionais no ensino remoto. O projeto de intervenção "Ciência e Pandemia", balizado por uma pesquisa sobre motivação e acesso digital dos estudantes, mostrou que o conhecimento dessa realidade possibilita minimizar os efeitos dessa desigualdade. Como resultados positivos da intervenção, podem ser citados o aumento de engajamento e a consequente maior entrega de APNPs; e como produto dessa intervenção tem-se o conteúdo digital produzido pelos professores, que inclui: o conteúdo escrito

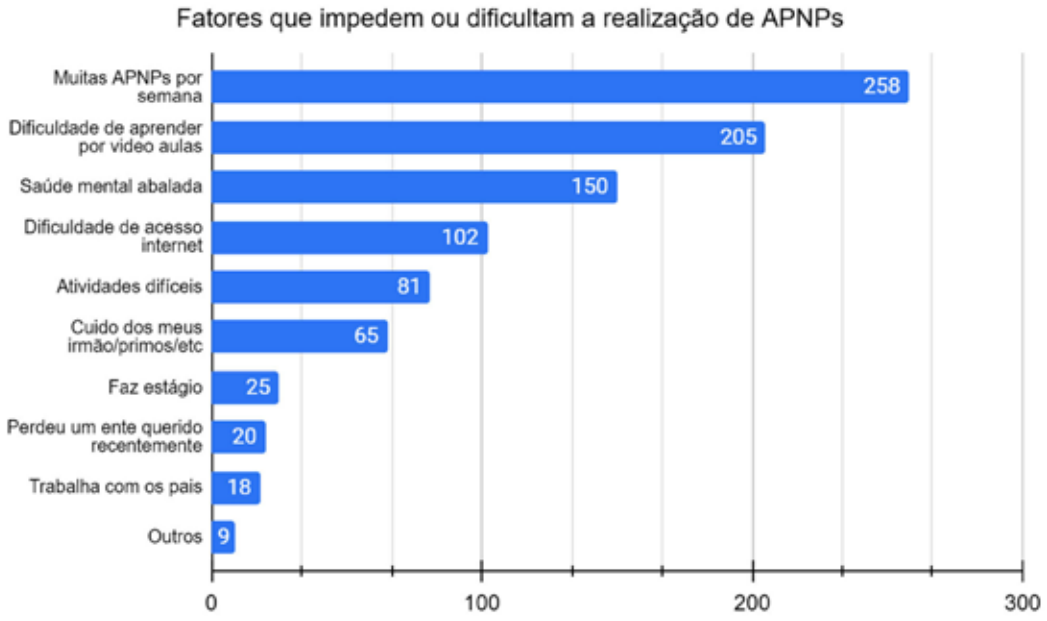


Figura 2: Gráfico sobre os motivos que impedem ou dificultam a realização de APNPs durante o ensino remoto.

publicado no website, conteúdo em vídeo publicado pelo Instagram e os formulários das APNPs interdisciplinares.

Análise da disciplina de Química no projeto de intervenção

O conteúdo digital produzido pelos professores foi categorizado *a priori* selecionando fragmentos textuais que remetessem às disciplinas de Química, Física, Biologia e Matemática. As disciplinas foram subcategorizadas de acordo com seus conteúdos curriculares em cada trecho destacado. Dentro da categoria disciplinar de Biologia, foram subcategorizados os seguintes conteúdos curriculares: hematose, sistema respiratório, sistema imunológico e sistema nervoso. Na categoria Química, foram subcategorizados os conteúdos de equilíbrio químico e pH, estudo dos gases, química orgânica, soluções, propriedades dos materiais, substâncias puras e misturas. Em Física, foi subcategorizado o conteúdo referente ao estudo dos gases e em Matemática foram subcategorizados os conteúdos de funções, porcentagem, proporção, gráficos e cálculo de taxas. Verificamos que a disciplina de Biologia é a mais contemplada, possuindo 22 codificações nos episódios (52,38% das ocorrências), seguida da disciplina de Matemática (23,81%), Química (19,05%) e, por fim, Física (4,76%). É trivial que a disciplina de Biologia se destaque no projeto, pois uma pandemia é desencadeada por um patógeno, ou seja, o objeto de pesquisa é um agente biológico. Isso faz com que os assuntos gerados no conteúdo digital favoreçam o componente curricular de Biologia, cuja contribuição girou em torno do vírus e da doença causada por ele, destacando-se os sintomas, prevenção e tratamento.

Na análise textual do conteúdo digital, foi observada uma inter-relação das disciplinas de Ciências da Natureza. Há um padrão de relacionar essas disciplinas para explicar um determinado fenômeno ou situação complexa, fato consonante com o que discutiram Mozena *et al.* (2016) em seus estudos sobre o uso da interdisciplinaridade na educação.

Na análise textual do conteúdo digital, foi observada uma inter-relação das disciplinas de Ciências da Natureza. Há um padrão de relacionar essas disciplinas para explicar um determinado fenômeno ou situação complexa, fato consonante com o que discutiram Mozena *et al.* (2016) em seus estudos sobre o uso da interdisciplinaridade na educação. No trecho destacado a seguir, retirado do Episódio 2, a explicação sobre o funcionamento e a importância do respirador para o paciente com COVID19 articulou as disciplinas de Biologia, Física e Química:

> **"Profa.:** *O que o coronavírus causa no sistema respiratório? Por que um doente grave precisa ser intubado?*
>
> **Dra.:** *O coronavirus pode causar uma inflamação sistêmica no organismo, mas principalmente nos pulmões, que são os primeiros a serem afetados. A lesão pulmonar causada pelo coronavirus prejudica a hematose, que é a troca de gás carbônico e oxigênio entre o pulmão e o sangue através de um processo de difusão simples (passagem de uma substância do meio mais concentrado para o meio menos concentrado). Dependendo a extensão e gravidade da lesão pulmonar, o paciente não consegue mais respirar sozinho, e aí entra a entubação orotraqueal e a ventilação mecânica. [...]*
>
> **Profa.:** *Como funciona um respirador mecânico?*
>
> **Dra.:** *O respirador ou ventilador mecânico nada mais é do que um compressor de ar, como aqueles que usamos para encher o pneu de bicicleta, associado a*

um sistema de controle da pressão e do volume do ar que é injetado nos pulmões do paciente. O respirador é conectado a uma fonte de oxigênio e a uma fonte de ar comprimido, o que possibilita oferecer a quantidade correta de oxigênio que o paciente precisa. Para tanto, é importante saber qual a saturação de oxigênio no sangue, isto é, quanto de oxigênio existe no sangue do paciente. De maneira geral, o objetivo é manter essa saturação acima de 94%, então é possível, através do respirador, regular a concentração de oxigênio na solução de gases que o respirador oferece aos pulmões do paciente."

Na disciplina de Física, o trecho destacado resgatou o conteúdo de estudos dos gases; na de Biologia, o conceito de hematose; e em Química resgatou o conceito de equilíbrio químico e concentração, além do conteúdo de estudo dos gases.

Como a interdisciplinaridade foi usada nas lives para explicar fenômenos e situações complexas que se referem ao uso da Ciência e da Tecnologia, foi feito um diagrama de Sankey que mostra o fluxo de codificação das categorias disciplinares (a priori) em relação às categorias emergentes de Ciências Naturais e Tecnologias. Observa-se, na Figura 4, que as disciplinas de Física, Química e Biologia possuem codificações coocorrentes tanto com a categoria de Ciências Naturais quanto com a categoria de Tecnologia, evidenciando que as disciplinas estão sendo usadas juntas para explicar tanto fenômenos científicos quanto tecnológicos. Embora a Matemática tenha uma relação com a categoria de Ciências Naturais, ela não possui relação com a categoria de Tecnologia. Isso se dá porque a Matemática aparece no conteúdo para complementar os métodos científicos, mas não aparece para explicar nem o funcionamento nem aspectos gerais das tecnologias citadas nas lives, como fizeram as disciplinas de Física, Química e Biologia.

A disciplina de Química aparece no interior do diagrama da Figura 3. Isso significa que toda vez que a Química aparece para explicar aspectos gerais das Ciências Naturais e da Tecnologia, ela o faz juntamente com as disciplinas de Física e/ou Biologia. Além da interdisciplinaridade, a Química chama atenção também pela versatilidade das interrelações, uma vez que pode se associar tanto com a Física quanto com a Biologia no conteúdo analisado.

Para analisar a contextualização da disciplina de Química em uma perspectiva humanista, fragmentos textuais da categoria de Química foram analisados à luz do TAHQ proposto por Sjöström *et al.* (2014), mostrado na Figura 1. Um fragmento textual que pode ser classificado no nível de Química aplicada refere-se à explicação de como o álcool em gel é capaz de higienizar contra o vírus, retirada do Episódio 1. Nesse fragmento textual, o conteúdo de Propriedades dos Materiais contextualizou-se ao uso da Química no cotidiano pandêmico:

"A gente sabe, por exemplo, que passar álcool nas mãos ou lavar com água e sabão afeta o vírus. Isso porque o vírus tem uma capa de gordura. Então, se a gente passa álcool ou sabão, quebra essa capa de gordura e consequentemente impossibilita a ele de prosseguir com a vida dele, ou seja, ele fica inativo, incapaz de infectar."

A Química social possui algumas codificações no conteúdo. Um exemplo da Química social pode ser visto durante a entrevista com o psicólogo, no Episódio 5, quando a professora entrevistadora questiona o uso de medicamentos sem orientação médica. Isso gera um diálogo sobre uso indiscriminado de medicamentos, no qual o psicólogo faz uma avaliação do uso de uma tecnologia química (medicamentos) na saúde do ser humano:

"Existem várias situações com isso, por exemplo, se a gente for discutir saúde pública e saúde mental a sério, a automedicação é a mesma coisa que beber, fumar um baseado, usar uma cocaína. [...] *E tudo vai*

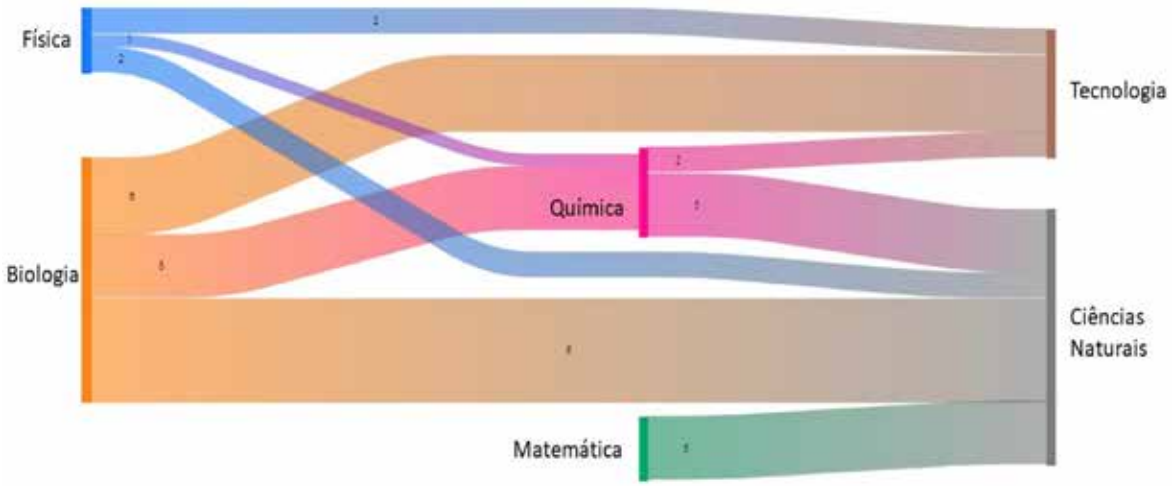


Figura 3: Diagrama de Sankey para as coocorrências de codificações das disciplinas de Química, Biologia, Física, matemática e das categorias emergentes de ciências naturais e tecnologia.

depender da dosagem. Dosagens maiores de certos remédios podem ser mais prejudiciais que uma pequena dosagem de drogas lícitas ou ilícitas. [...] *existe uma categoria de remédios para ansiedade e para dormir, que a gente chama de benzodiazepínicos, por causa de um tipo de molécula que está presente em todos eles. Eles têm um efeito de dependência assim como o álcool.* [...]. *Eles vão entrar no funcionamento do seu corpo, e vão causar uma dependência para além da psicológica, que é a dependência química."*

No conteúdo textual analisado, não houve fragmento textual que pudesse remeter ao nível de contextualização da Química crítica e reflexiva. De maneira geral, podemos afirmar que a contextualização da Química para uma abordagem humanista aparece no conteúdo nos níveis da Química aplicada e da Química social, considerando o TAHQ.

Ainda que o método avaliativo se aproxime do tradicional, há de se pontuar algumas potencialidades didáticas nas APNPs feitas pelos professores. O conteúdo contextualizado e interdisciplinar também gerou a possibilidade de elaborar questões interdisciplinares e contextualizadas.

*Análise da potencialidade do uso didático das **lives** e das APNPs propostas no projeto "Ciência e Pandemia"*

No projeto de intervenção estudado, a forma escolhida pelos professores para avaliar o conteúdo foi através de formulários Google, com questões interdisciplinares e contextualizadas. Ainda que o método avaliativo se aproxime do tradicional, há de se pontuar algumas potencialidades didáticas nas APNPs feitas pelos professores. O conteúdo contextualizado e interdisciplinar também gerou a possibilidade de elaborar questões interdisciplinares e contextualizadas. De acordo com Costa *et al.* (2016), uma questão interdisciplinar é aquela que precisa acessar conhecimentos de duas ou mais disciplinas em sua resolução. Um exemplo de questão interdisciplinar de Química identificada no projeto é mostrado na Figura 4.

Para resolver a questão proposta na Figura 4, é preciso resgatar conceitos matemáticos de gráficos, como picos e platôs, e conceitos de Química sobre tabela e propriedades periódicas. A questão deriva do Episódio 3, que trata da Matemática na pandemia. Nesse episódio foi trabalhado o conceito de curva, picos e platôs para análise da contaminação por coronavírus. Concomitantemente, nas turmas de primeiro ano, estavam sendo trabalhados conceitos e gráficos sobre as propriedades periódicas. Como o padrão que determina as propriedades periódicas é visto pelos gráficos, a proximidade dos conceitos de gráfico com o conteúdo de propriedades se torna evidente. Embora a relação entre Química e Matemática seja natural e, até mesmo, corriqueira, é preciso ressaltar que essa relação pode ser meramente instrumental, na qual a Matemática é usada para auxiliar na resolução de problemas de Química, ou interdisciplinares, quando conceitos matemáticos se unem a conceitos químicos para explicar fenômenos naturais.

Além da possibilidade de trabalhar questões e temas interdisciplinares, o projeto demonstrou potencial para aumentar o engajamento no ensino remoto de Química, pois aumentou a participação dos alunos nas APNPs, quando

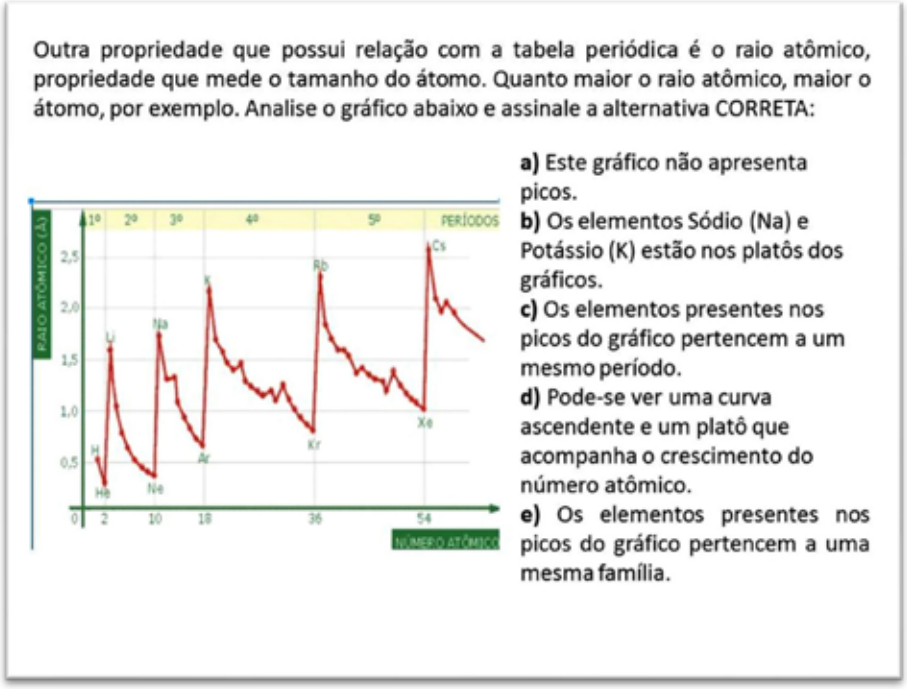


Figura 4: Questão interdisciplinar de Química e Matemática retirada da Atividade, Interdisciplinar da 1ª série, referente ao Episódio 3 – A Matemática na pandemia: curvas de contágio e achatamento de curva.

comparadas às APNPs contendo conteúdo e exercícios exclusivamente de Química. Dos fatores que contribuíram para a majoração do engajamento no ensino remoto, destaca-se a criação e exposição de conteúdos curriculares interdisciplinares e contextualizados, consonantes com a BNCC, em um ciberespaço que respeita a acessibilidade digital dos alunos. Além disso, o conteúdo digital produzido utilizou um tema contemporâneo transversal integrador (pandemia) para trabalhar as disciplinas de Ciência da Natureza e Matemática, proposta defendida pela BNCC.

Considerações finais

Dentre os fatores que contribuíram para que o projeto de intervenção gerasse maior entrega de APNPs e, consequentemente um maior engajamento no ensino remoto, destacam-se: o fato do conteúdo ter sido contextualizado e interdisciplinar e, assim, mais próximo da realidade do aluno; a redução do volume de atividades; e o fato de ser mais acessível digitalmente. As ações de intervenção, balizadas por uma pesquisa diagnóstica de motivação e acessibilidade no ensino remoto, criaram um ciberespaço mais inclusivo e mais interessante para o ensino remoto de Ciências da Natureza e de Matemática.

Ademais, através de uma análise textual discursiva do conteúdo digital do Projeto "Ciência e Pandemia", produzido por professores em uma intervenção pedagógica, a pesquisa foi capaz de evidenciar, de maneira gráfica, a inter-relação da disciplina de Química com as demais disciplinas do projeto. Na análise, foi possível evidenciar o caráter tanto interdisciplinar, quanto versátil da Química, que se inter-relaciona com as demais disciplinas para explicar fenômenos e situações complexas da realidade pandêmica e/ou o funcionamento de alguma tecnologia. Como a interdisciplinaridade aparece para discutir o contexto pandêmico e seus desdobramentos, a contextualização da disciplina de Química no conteúdo foi analisada à luz do TAHQ. No conteúdo analisado, a contextualização da disciplina de Química atingiu os níveis aplicado e social da contextualização humanista. Mesmo que a contextualização não tenha atingido o nível crítico-reflexivo do TAHQ, ainda se pode afirmar que o conteúdo teve uma abordagem humanista no nível social e tecnológico da Química.

Ívina L. Santana (ivina.langsdorff@gmail.com), licenciada em Química, mestre e doutora pela Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, ES - BR. **Luciana N. Rodrigues** (lucianar.quimica@gmail.com), licenciada em Química, mestre e atualmente é doutoranda em Química pela Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, ES - BR. **Cecília F. Martins** (cecilia.ambiental@gmail.com), bacharel e licenciada em Ciências Biológicas e mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Espírito Santo, atualmente é professora na Rede Estadual do Espírito Santo. Vitória-ES, BR. **Thays F. Souza** (ferreira.s.thays@gmail.com), licenciada em Física pela Universidade Federal do Espírito Santo e atualmente é professora na Escola Estadual de Ensino médio, Colégio Estadual do Espírito Santo. Vitória, ES - BR. **Maria de Fátima F. Lelis** (maria.lelis@ufes.br), bacharel, licenciada em Química e mestre pela Universidade Federal de Viçosa e doutora em Química pela Universidade Federal de Minas Gerais. Atualmente é professora Titular da UFES, campus Goiabeiras. Vitória, ES - BR. **Marcos Benedito J. G. de Freitas** (marcos.freitas@ufes.br), licenciado em Química, mestre e doutor pela Universidade Federal de São Carlos. Atualmente é professor adjunto II na Universidade Federal do Espírito Santo, campus de Goiabeiras. Vitória, ES - BR. **Paulo Rogerio G. de Moura** (paulo.moura@ufes.br), licenciado em Química e especialização em Educação pela Universidade de Cruz Alta, mestre em Filosofia pela Universidade Federal de Santa Maria e doutor em Educação em Ciências pela Universidade federal do Rio Grande do Sul. Atualmente é professor adjunto II na Universidade Federal do Espírito Santo, campus de Goiabeiras. Vitória, ES - BR.

Referências

AQUINO, E. M. L.; SILVEIRA, I. H.; PESCARINI, J. M.; AQUINO, R. e SOUZA-FILHO, J. A Medidas de distanciamento social no controle da pandemia de COVID-19 : potenciais impactos e desafios no Brasil. *Ciência e Saúde Coletiva*, v. 25, n. 1, p. 2423–2446, 2020.

CETIC. Pesquisa TIC Domicílios 2018. *Centro Regional de Estudos para o Desenvolvimento da Sociedade da Informação.* Disponível em: https://www.cetic.br/tics/domicilios/2018/domicilios/A4/, acesso em abr. 2021.

COSTA, É. S. C.; SANTOS, M. L. DOS e SILVA, E. L. DA. Abordagem da química no Novo ENEM: uma análise acerca da interdisciplinaridade. *Química Nova na Escola*, v. 38, n. 2, p. 112–120, 2016.

CUNHA, L. F. F.; SILVA, A. DE S. S. e SILVA, A. P. O ensino remoto no Brasil em tempos de pandemia: diálogos acerca da qualidade e do direito e acesso à educação. *Revista Com Censo 22*, v. 7, n. 3, p. 27–37, 2020.

FAUSTINO, L. S. E S. e SILVA, T. R. S. Educadores frente à pandemia: dilemas e intervenções alternativas para coordenadores e docentes. *Boletim de Conjuntura*, v. 3, n. 7, p. 53–64, 2020.

FAZENDA, I. C. A. *Interdisciplinaridade*: história, teoria e pesquisa. Campinas (SP); Editora Papirus, 11ª Ed. 2003.

___. *O que é interdisciplinaridade?* 2ª ed. São Paulo: Cortez, 2013.

IBGE - *Acesso à Internet e à televisão e posse de telefone móvel celular para uso pessoal.* Rio de Janeiro. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/ biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=2101705, acesso em abr. 2021.

JAPIASSU, H. e MARCONDES, D. *Dicionário básico de Filosofia*. 2ª ed. Rio de Janeiro: Zahar, 1991.

MEC/BRASIL. *Base Nacional Comum Curricular*. Edição fin ed. Brasília: MEC, 2018.

MORAES, R. Uma tempestade de luz: a compreensão possibilitada pela análise textual discursiva. *Ciência & Educação,* São Paulo, v. 9, n. 2, p. 191-211, 2003.

MOZENA, E. R. e OSTERMANN, F. A interdisciplinaridade na legislação educacional, no discurso acadêmico e na prática escolar do ensino médio: panaceia ou falácia educacional. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 33, n. 1, p. 92–110, 2016.

PEREIRA, A. D. J.; NARDUCHI, F. e MIRANDA, M. G. Biopolítica e educação : os impactos da pandemia de covid-19 nas escolas públicas. *Revista Augistus,* v. 25, n. 51, p. 219–236, 2020.

PETRUS, J. S. R., CAMINHAS, D. A.; BARROS, J. V. S.; MENDONÇA, C. C. e SOUZA, A. V. Simulação de desigualdades educacionais acirradas pela pandemia da Covid-19. *Revista Brasileira de Avaliação,* v. 10, n. 1, p. 1–15, 2021.

PONTES, A. N.; SERRÃO, C. R. G.; FREITAS, C. K. A.; SANTOS, D. C. P. e BATALHA, S. S. A. O ensino de química no nível médio : um olhar a respeito da motivação. *Anais do XIV Encontro Nacional de Ensino de Química,* 2008.

SANTOS, J. A.; CORTES JR., L.P. e BEJARANO, N. R. R. A interdisciplinaridade no ensino de química: uma análise dos artigos publicados na revista Química Nova na Escola entre 1995 e 2010. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 8 , 2011, Campinas. *Anais*... Campinas: ABRAPEC, 2011

SANTOS, B. S. *A cruel pedagogia do vírus*. 1ª ed. São Paulo: Boitempo, 2020.

SANTOS, V. S. e SCHNEIDER, H. N. Mediações-lives e aprendizagens etnocenológicas por jovens com os dispositivos digitais, durante a pandemia da COVID-19. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, v. 28, p. 892–908, 2020.

SANTOS, W. L. P. Contextualização no ensino de ciências por meio de temas CTS em uma perspectiva crítica. *Ciência & Ensino*, v. 1, n. número especial, p. 1–12, 2007.

SILVA, I. R.; FREITAS, T. N. F.; ARAÚJO, N. F. M.; SOUZA, D. L. S.; ARAÚJO JÚNIOR, M. A.; MEDEIROS, A. M. e SILVA, R. S. Accessibility in times of remote teaching. *Research, Society and Development,* v. 10, n. 4, 2021.

SJÖSTRÖM, J. e TALANQUER, V. Humanizing chemistry education: from simple contextualization to multifaceted problematization. *Journal of Chemical Education,* v. 91, n. 8, p. 1125–1131, 2014.

WARTHA, E. J. e ALÁRIO, A. F. A contextualização no ensino de química através do livro didático. *Revista Química Nova na Escola,* n° 22, nov., 2005.

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

WERNECK, G. L. e CARVALHO, M. S. A pandemia de COVID-19 no Brasil: crônica de uma crise sanitária anunciada. *Cadernos de Saúde Pública,* v. 36, n. 5, p. 1–4, 2020.

Abstract: *"Science and Pandemic" project: analysis of a pedagogical intervention to increase student participation in remote activities*. This article presents a case study of a pedagogical intervention in the areas of Nature Sciences and Mathematics, carried out in a public high school, resulting from a proposal to increase engagement in remote education. Based on diagnostic research on motivation and digital accessibility of students during remote teaching, the intervention project worked on topics related to Science and Pandemic, producing an interdisciplinary and contextualized digital content. A series of lives were produced with the care of adapting the content to the accessibility of the students. The actions of the project were able to increase the engagement of students in remote education and, as a consequence, increased the number of deliveries of APNPs.
Keywords: interdisciplinarity, contextualization, remote teaching, digital accessibility.

http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160298

Análise e caracterização das provas da Olimpíada de Química do Rio Grande do Sul

Caroline S. Koch, Tania Denise M. Salgado, Maurícius S. Pazinato e Camila G. Passos

Este trabalho objetiva identificar os conteúdos e contextos que são abordados nas questões da Olimpíada de Química do Rio Grande do Sul, para elaboração de um panorama sobre o perfil das provas no período compreendido entre 2014 e 2019. A análise documental das 210 questões evidenciou que os conteúdos solicitados com maior frequência são ligações químicas, estequiometria, substâncias inorgânicas, caráter ácido/básico, reações inorgânicas, nomenclatura oficial inorgânica, soluções, equilíbrio químico, termoquímica, reações orgânicas, isomeria, funções orgânicas e titulação. Observou-se a presença de questões complexas e desafiadoras sobre aspectos conceituais e crescente exigência de cálculos. No mínimo um terço das questões usa de contextualização, entretanto em grande parte com enfoque ilustrativo. A temática mais frequente é tecnologia, seguida de meio ambiente. As reflexões desta pesquisa visam contribuir para o aperfeiçoamento das futuras provas e para fomentar novos estudos na área.

▶ Olimpíada de Química do Rio Grande do Sul, análise de questões, perfil de provas ◀

Recebido em 18/11/2021, aceito em 20/02/2022

No ano de 2017, o Instituto de Química (IQ) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS assumiu a coordenação pedagógica da Olimpíada de Química do Rio Grande do Sul (OQdoRS), organizando a elaboração de questões, aplicação e correção das provas. Nesse âmbito, essa atividade passou a mobilizar grande interação dos professores e estudantes da referida Universidade na proposição de questões e análise das provas.

Nos últimos anos, o evento tem envolvido um expressivo número de participantes e instituições, abrangendo todas as regiões do estado. A XVII OQdoRS, em 2018, teve 1.325 estudantes de Ensino Médio e de Cursos Técnicos Integrados ao Ensino Médio, de 83 escolas particulares e públicas (municipais, estaduais e federais). Em 2019, a XVIII edição do evento contou com 1.466 estudantes inscritos. A edição de 2020 (XIX OQdoRS) foi realizada de forma virtual em 2021 em razão da pandemia de Covid-19 e contou com 2.677 alunos inscritos.

Alguns estudos feitos com participantes de Olimpíadas de Química revelam benefícios para os alunos, para os professores e para as turmas (Quadros *et al*., 2010), apesar da presença do caráter competitivo tão discutido na área educacional (Dubet, 2004; Monich, 2007). Na busca da opinião de professores sobre os efeitos da Olimpíada de Química na sala de aula, Quadros *et al.* (2010) coletaram dados que demonstram, em geral, melhora no desempenho dos alunos, mesmo quando estes não apresentaram resultados suficientes nas provas para passar para a próxima fase. Ainda, os autores afirmam que os professores da educação básica observam tal efeito positivo de ambientes competitivos em suas práticas em sala de aula. Eremin e Gladilin (2013) apontam benefícios da *International Chemistry Olympiad* (IChO), como o de ajudar a melhorar as relações entre jovens de diferentes países e encorajar a cooperação e compreensão internacional, abrangendo um programa social em que os estudantes se familiarizam com o país sede do evento, suas tradições, valores culturais e conquistas científicas.

Sanchez *et al.* (2013), no seu estudo sobre implicações das Olimpíadas Regionais de Química em uma cidade do estado de São Paulo no ensino de Ciências, observaram a mobilização das escolas na busca de preparar seus alunos para a Olimpíada, por meio de aulas extras e pesquisas em relação ao tema abordado pela Olimpíada, por exemplo. Os autores classificam tal evento como uma "olimpíada às avessas" por seu objetivo maior de incentivar a mobilização de professores e alunos no ambiente escolar e não a competição, e perceberam a importância de uma prova diferenciada para

Este é um artigo de acesso aberto distribuído sob os termos da Licença de Atribuição Creative Commons

despertar o interesse dos alunos e possibilitar a visualização da aplicação da ciência em diferentes contextos.

Frente a essas experiências questiona-se: Como as questões das provas das Olimpíadas de Química do Rio Grande do Sul são estruturadas, com relação ao conteúdo de Química e o contexto de abordagem? Neste trabalho, pretendeu-se analisar provas aplicadas pelo programa nos anos de 2014 a 2019, na busca de tais informações. Dentro desse objetivo buscou-se identificar os conteúdos e áreas da Química, assim como os contextos que são mais frequentemente exigidos nas provas, para elaboração de um panorama sobre o perfil das OQdoRS no período analisado.

Destaca-se que as reflexões desta pesquisa visam contribuir para o aperfeiçoamento das provas das OQdoRS, pois considera-se que o evento tem potencialidades para mobilizar estudantes e professores da educação básica, assim como da comunidade acadêmica da Química em prol da defesa da permanência do ensino de Química ao longo do Ensino Médio. Desde a promulgação da Lei nº 13.415/2017, conhecida como lei da reforma do Ensino Médio, a qual alterou em vários pontos a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (Lei 9.394/96), vivencia-se um momento de reformulações profundas na educação básica que poderão afastar ainda mais os estudantes das carreiras científicas e da oportunidade de interpretarem fatos e fenômenos cotidianos à luz da Química.

Destaca-se que as reflexões desta pesquisa visam contribuir para o aperfeiçoamento das provas das OQdoRS, pois considera-se que o evento tem potencialidades para mobilizar estudantes e professores da educação básica, assim como da comunidade acadêmica da Química em prol da defesa da permanência do ensino de Química ao longo do Ensino Médio.

A Origem das Olimpíadas de Química

A Olimpíada Internacional de Química é realizada com o intuito de aplicar, na área do conhecimento químico, o olimpismo, praticado nas olimpíadas esportivas, que visa a "colocar o esporte a serviço do desenvolvimento harmonioso da humanidade, com o objetivo de promover uma sociedade pacífica preocupada com a preservação da dignidade humana" (*International Olympic Committee*, 2019, p. 11, tradução nossa). Desse modo, o programa intenta estimular o interesse de estudantes em Química através da resolução de problemas, além de buscar promover o contato internacional entre os participantes, amizades entre jovens cientistas de diferentes nacionalidades, cooperação entre estudantes e trocas de experiências pedagógicas e científicas em Química (*International Chemistry Olympiad*, 2018).

A ideia nasceu na antiga Tchecoslováquia que, em 1968, passava por uma situação política tumultuada, sob novos líderes, em reforma econômica e com demanda por mais contatos com outros países. Naquele ano, uma Olimpíada de Química já fazia parte de um sistema de ensino secundário em todos os países do bloco soviético e o programa foi apenas adaptado para a modalidade internacional (Iuventa, 2021), sendo que apenas em 1974 houve a participação de países de fora do bloco soviético (Schwarz, 2018). A partir disso, o evento começou a se difundir entre os continentes: em 1984, houve a primeira participação de um país das Américas (Estados Unidos da América); em 1987, de um país da Ásia (China); em 1988, de um país da Oceania (Austrália); em 2002, de um país da África (Egito). Já a 31ª edição, em 1999, contou com a participação de mais de 50 países (Fung *et al.,* 2017).

Hoje, após mais de 50 edições, a *International Chemistry Olympiad* (IChO) é uma competição internacional de alto nível que reúne a cada ano mais de 320 estudantes, oriundos de 80 nações diferentes. Ainda que cada país seja livre para escolher a forma de seleção dos estudantes, o processo usual envolve aplicações de outras olimpíadas nacionais e regionais. O Brasil iniciou a realização da Olimpíada Brasileira de Química (OBQ) em 1986. O evento ficou suspenso durante sete anos e ressurgiu em 1996, ano que precedeu a participação do Brasil como observador no evento internacional, do qual o país participa ativamente desde 1999. Atualmente, a OBQ é promovida pela Associação Brasileira de Química (ABQ) e coordenada anualmente pela Universidade Federal do Ceará (UFC), Universidade Federal do Piauí (UFPI) e Universidade Estadual do Ceará (UECE), por meio de suas Pró-Reitorias de Extensão, recebendo o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), do Conselho Federal de Química (CFQ), da Associação Brasileira da Indústria de Álcalis, Cloro e Derivados (ABICLOR) e da Associação Brasileira da Indústria Química (ABIQUIM), de acordo com o *website* da ABQ e de contato com os administradores deste (ABQ, 2021).

A Olimpíada de Química do Rio Grande do Sul

No estado do Rio Grande do Sul realiza-se a OQdoRS, promovida pela Associação Brasileira de Química – Seção do Rio Grande do Sul (ABQ-RS), em parceria com diferentes entidades educacionais do Estado. Esta representa a Fase II da OBQ, logo após a seleção dos estudantes por parte das escolas e institutos, e objetiva, em suma, estimular e valorizar o estudo da Química, promover a integração entre professores e estudantes, descobrir jovens com talento e aptidão para o estudo da Química, ampliar a atuação do estado na OBQ e buscar a integração com outros estados do país (ABQ-RS, 2019).

Atualmente, a OQdoRS ocorre em uma única etapa, composta de uma prova contendo 10 questões objetivas e quatro dissertativas, sendo que o estudante deve obter ao menos quatro acertos nas questões objetivas para ter suas respostas das questões dissertativas corrigidas. Cada instituição pode inscrever, no máximo, 30 estudantes de Ensino

Médio divididos em três modalidades: EM1 (estudantes matriculados no 1º ano), EM2 (estudantes matriculados no 2º ano) e EM3 (estudantes matriculados no 3º ou 4º ano).

Em solenidade pública, os dez estudantes de mais elevados escores em cada modalidade, considerados os vencedores, recebem certificados, enquanto os classificados em 1º, 2º e 3º lugares, em cada modalidade, recebem medalhas de ouro, prata e bronze, respectivamente. Os classificados com notas acima de 60% recebem certificados de Menção Honrosa. Os 28 estudantes de mais elevados escores nas modalidades EM1 e EM2 são convidados a representar o Rio Grande do Sul na OBQ do ano seguinte (Fase III). Os estudantes de mais elevados escores na modalidade EM3 não são convidados, visto que se presume que terão concluído o Ensino Médio na edição seguinte do evento (ABQ-RS, 2019).

Metodologia

A pesquisa descrita neste trabalho tem natureza qualitativa e realizou-se a partir da Análise Documental, sobre o conjunto das provas obtidas (edições de 2014 até 2018 através do *website* da ABQ-RS e as provas de 2019 com os coordenadores do evento da UFRGS). As provas da edição XIX, de 2020, não foram analisadas por terem sido aplicadas após a coleta de dados desta pesquisa.

Ao longo da análise, foi possível a categorização da totalidade das questões das provas, seguindo os pressupostos de Bogdan e Biklen (2013), para elaboração de um panorama sobre o perfil das provas da OQdoRS no período analisado. Para tanto, foram utilizadas algumas das categorias apresentadas por Erthal *et al.* (2015) na pesquisa sobre as provas da Olimpíada Brasileira de Física, sendo elas: conteúdos (assuntos da Química, como estequiometria, por exemplo) e contextos (referências às temáticas de aplicações do conhecimento, como poluição, por exemplo). A classificação das questões deu-se pela leitura de seus enunciados, subitens e alternativas (tanto a correta ou gabarito, quanto as incorretas ou distratores), visto que algumas questões não poderiam ser classificadas baseadas em seu enunciado apenas.

Com a análise das questões, surgiram novas subcategorias que favoreceram a elaboração do panorama sobre as provas. Para identificação dos conteúdos não foram considerados como referência os citados no documento acerca do programa da XVIII OQdoRS (edição de 2019), disponível no *website* da ABQ-RS, pois considerou-se que estes não definem satisfatoriamente as questões analisadas. No documento são citados conteúdos, por exemplo, que não foram cobrados em nenhuma edição, como "Modelo de Thomson", "desvios do comportamento ideal [dos gases]", "Equação de Nernst", entre outros. Dessa forma, consideraram-se os conteúdos que são frequentemente citados nos documentos norteadores e livros didáticos do Ensino Médio, assim como as cinco grandes áreas da Química: Geral, Inorgânica, Orgânica, Físico-Química e Analítica.

Quanto à análise dos contextos, as questões foram agrupadas nas seguintes subcategorias relacionadas às temáticas: tecnologia, meio ambiente, comportamento de substâncias, poluição, saúde e histórico. Estas serão apresentadas no decorrer do trabalho.

Resultados e Discussão

No total, foram analisadas 210 questões do conjunto de provas do período de 2014 até 2019. Cada edição compreende três provas aplicadas nas modalidades EM1, EM2 e EM3, cada uma contendo um determinado número de questões, sendo 20 questões nas provas de 2014 a 2015 e 14 nas provas a partir de 2016. As questões foram agrupadas pelo ano de aplicação, visto que algumas repetem-se em provas de modalidades diferentes.

Algumas questões são utilizadas como exemplo ao longo deste trabalho, identificadas de acordo com o ano e a menor modalidade da prova em que foram aplicadas. Assim, uma questão que foi aplicada em uma prova da modalidade EM2 da edição de 2018 e que também foi aplicada na prova da modalidade EM3 do mesmo ano está identificada como 2018-EM2-XX, sendo XX o número da questão na prova da modalidade informada. As questões das edições de 2014 a 2018 podem ser conferidas no banco de dados do *website* da ABQ-RS (ABQ-RS, 2019a).

Quanto à análise dos contextos, as questões foram agrupadas nas seguintes subcategorias relacionadas às temáticas: tecnologia, meio ambiente, comportamento de substâncias, poluição, saúde e histórico.

As provas sofreram mudanças ao longo dos anos em relação ao número de questões. As provas de 2014 e 2015 contavam com 20 questões ao todo, sendo 15 objetivas e 5 dissertativas. A partir de 2016 as provas apresentaram um total de 14 questões, 10 objetivas e 4 dissertativas. O número total de questões objetivas e dissertativas varia mesmo em provas compostas por um mesmo número total de questões em razão das que se repetem em provas de diferentes modalidades. Observa-se que as questões objetivas de afirmativas foram mais frequentes nos primeiros anos analisados do que nos últimos e as objetivas de múltipla escolha foram sempre as mais presentes nas provas, aumentando sua representatividade até chegar a cerca de 80% das questões na edição de 2019, como pode ser visto no Gráfico 1. Já as questões dissertativas mantiveram a proporção em torno de 25% do total de questões em todos os anos analisados.

Conteúdos

Na análise sobre os conteúdos e áreas da Química, observou-se uma discrepância entre o número de questões total de cada área, o que acontece por muitas questões se

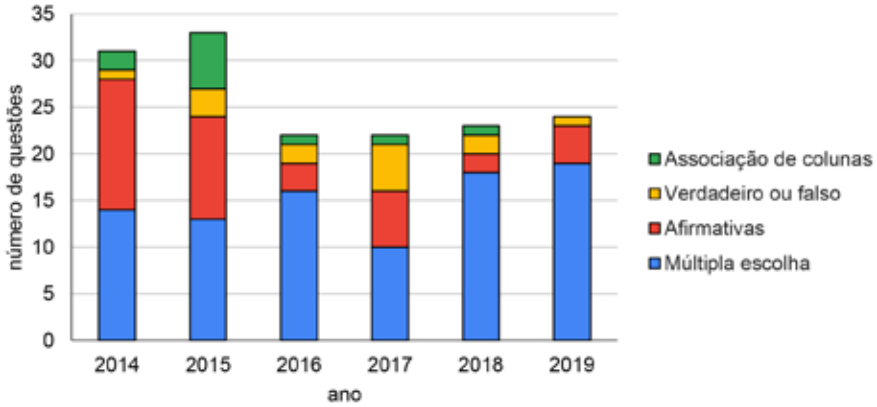


Gráfico 1: Estruturação das questões objetivas ao longo dos anos. Fonte: Autores.

repetirem em provas de diferentes modalidades, ao mesmo tempo que todas apresentam um mesmo número total de questões em cada edição. Assim, as provas da modalidade EM1 são compostas por questões referentes às áreas de Geral e Inorgânica, enquanto as provas das modalidades EM2 também apresentam questões presentes nas da EM1, além de questões referentes à área Físico-Química. Nas provas da modalidade EM3 estão presentes questões abordadas nas provas da modalidade EM1 e EM2, trazendo, além dessas, questões referentes à área de Orgânica. Assim, o número total de questões da área de Orgânica é menor que o da área de Físico-Química, sendo este menor que o das áreas Geral e Inorgânica juntas. Dito isto, é importante salientar que não foram contabilizadas duplamente as questões reincidentes em provas de diferentes modalidades.

É importante esclarecer que algumas questões se enquadram em mais de uma área da Química, o que acontece em muitas questões da modalidade EM1, abrangendo as áreas de Geral e Inorgânica ao mesmo tempo, além das questões da área de Analítica que sempre abrangem outra área.

O Gráfico 2 mostra a distribuição de questões por área da Química ao longo dos anos. Nota-se que, a partir de 2015, a área Geral sempre foi a mais frequente. A área Inorgânica foi perdendo relevância ao longo dos anos e a de Físico-Química foi sempre mais frequente que a de Orgânica, exceto em 2019 (apesar da característica das provas de cada modalidade, comentada anteriormente). Questões da área Analítica começaram a compor as provas a partir de 2016, mantendo sua frequência até 2019 praticamente constante.

Assim como a classificação em áreas de Química, as questões que se enquadram em mais de uma categoria de conteúdo também foram contabilizadas em ambas. O mesmo ocorre na análise de contextos na próxima seção. Observa-se pelo Gráfico 3, com o indicativo da frequência de cada conteúdo da área Geral no conjunto de provas, que as provas de 2016 aparentam trazer menos questões da área analisada em comparação às demais, embora apresentem um número igual de questões totais da área ao das provas de 2014 e 2019, o que revela que tais questões enquadram-se em menos categorias simultaneamente. Pelo gráfico verifica-se que os conteúdos ligações químicas (juntamente com fórmula química e propriedades físico-químicas características) e estequiometria (juntamente com balanceamento, cálculos simples, mol, massa molar, densidade, concentração, número de Avogadro e lei dos gases ideais) foram os mais questionados no período analisado.

Na área Inorgânica, os conteúdos mais frequentes variam conforme cada ano entre as categorias substâncias inorgânicas, nomenclatura oficial, caráter ácido/básico e reações, conforme o Gráfico 4.

Em Físico-Química, há um melhor equilíbrio entre os conteúdos observados, como podemos ver no Gráfico 5, sendo soluções, equilíbrio químico e termoquímica mais frequentes.

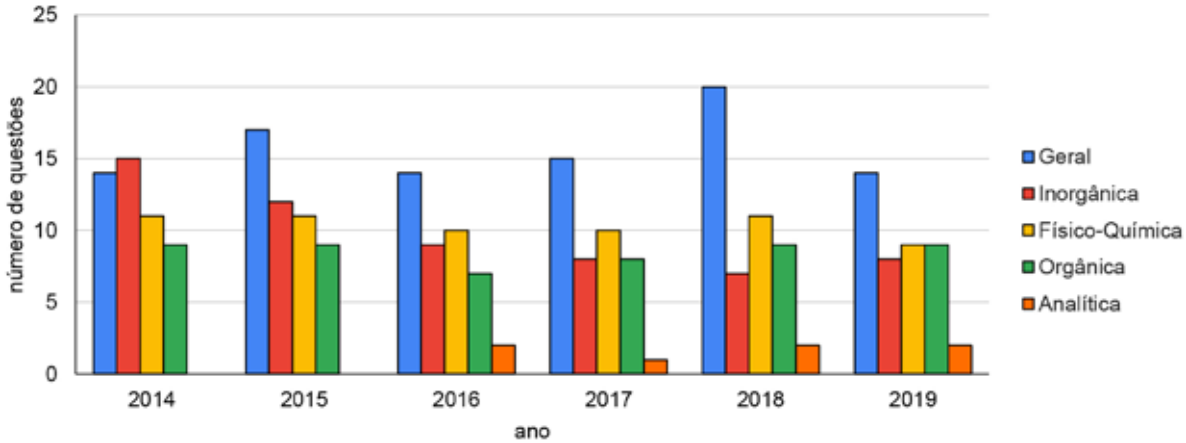


Gráfico 2: Áreas da Química em questões ao longo dos anos Fonte: Autores.

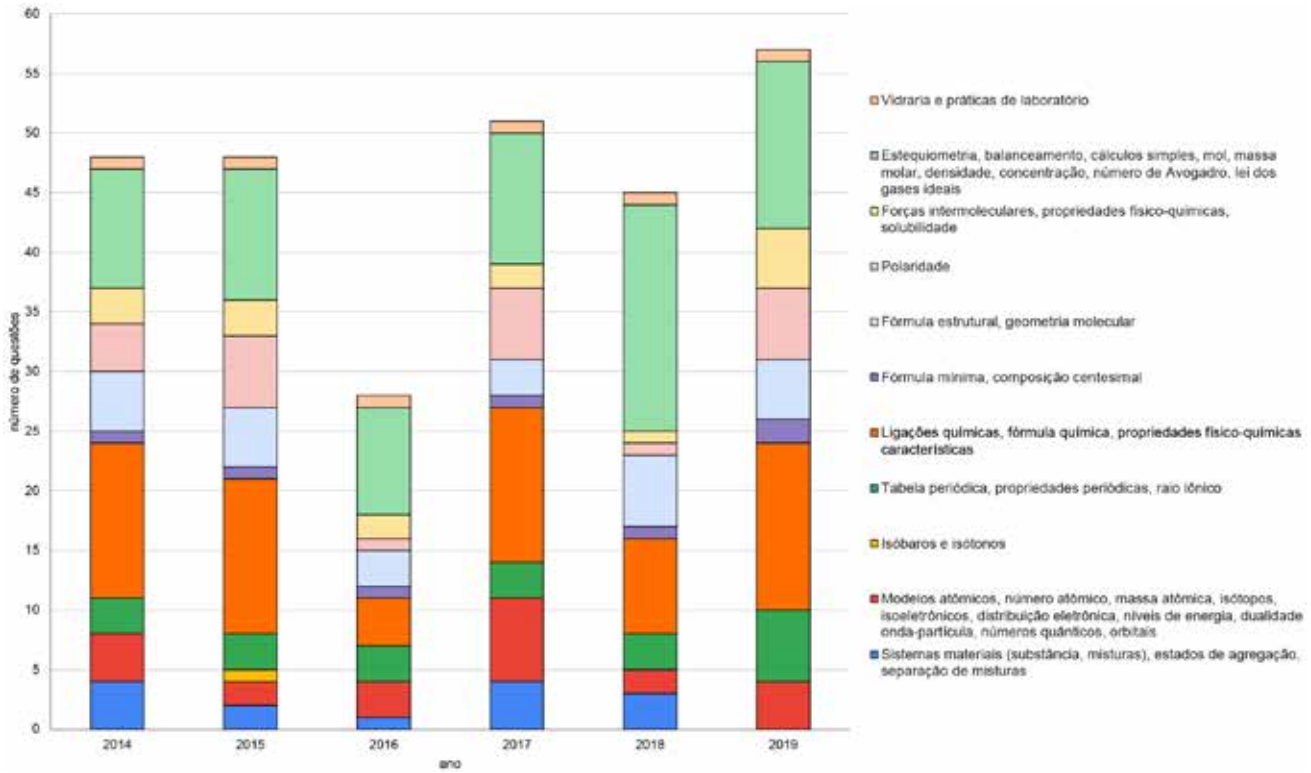


Gráfico 3: Frequência dos conteúdos da área Química Geral. Fonte: Autores.

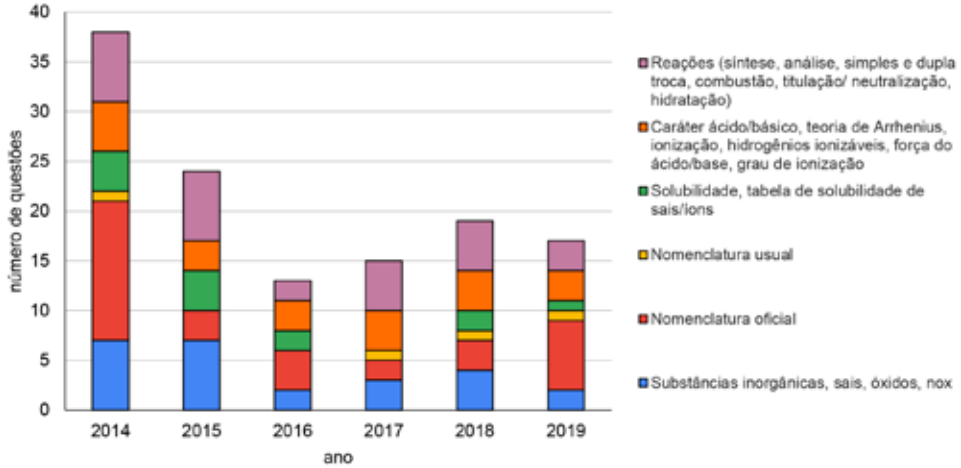


Gráfico 4: Frequência dos conteúdos da área Inorgânica. Fonte: Autores.

O conteúdo de reações orgânicas é o mais frequente na área de Orgânica, próximo aos conteúdos isomeria e funções orgânicas, conforme Gráfico 6, e o conteúdo titulação é o mais frequente na área Analítica, conforme Gráfico 7.

Importante informar que, na área de Analítica, cada questão foi classificada tanto conforme a natureza da análise (qualitativa, que visa identificar componentes de uma amostra, ou quantitativa, que visa quantificar componentes de uma amostra) quanto conforme a técnica utilizada (demais categorias).

Todas as questões foram classificadas em todas as categorias e subcategorias de conteúdos em que se enquadraram. A questão 2015-EM1-06 (Figura 1) é um exemplo de questão que se enquadra em mais de uma categoria simultaneamente, sendo classificada em quatro categorias de duas áreas diferentes. Esta é uma questão que aborda conteúdos na área de Geral como estequiometria, concentração, lei dos gases ideais e balanceamento. Já na área de Inorgânica, o caráter ácido-base, grau de ionização, solubilidade e número de oxidação.

Outros exemplos mostram a complexidade de certas questões, ao abordar um conteúdo em sua integralidade, contemplando vários conceitos e entendimentos afins. A questão 2019-EM2-14 (Figura 2) aborda o conteúdo de eletroquímica, abrangendo um conhecimento específico (que o aluno pode ter memorizado ou tê-lo mais consolidado ao realizar práticas de laboratório), conceitos sobre a reação, cálculos sobre a diferença de potencial e, ainda, cálculos sobre a massa perdida durante a oxidação do metal.

Como ressalva, optou-se por separar em diferentes

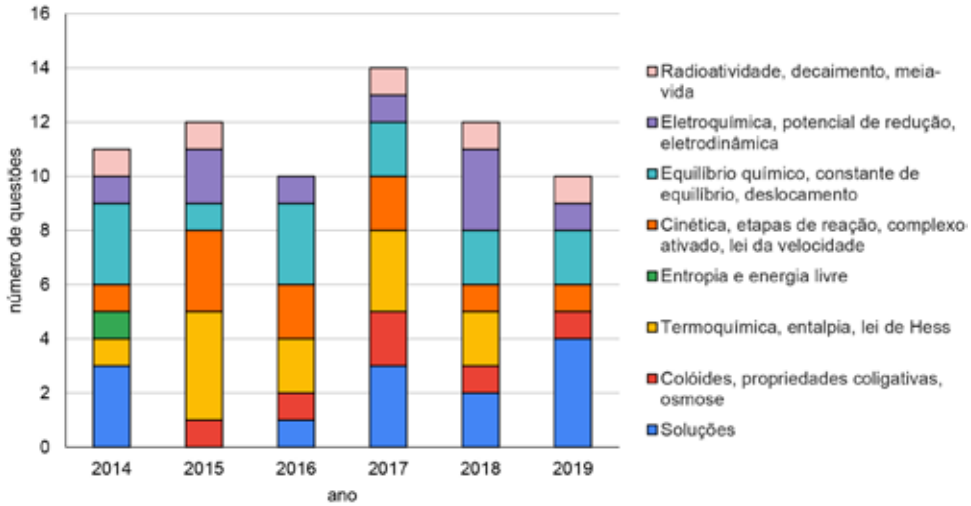


Gráfico 5: Frequência dos conteúdos da área Físico-Química. Fonte: Autores.

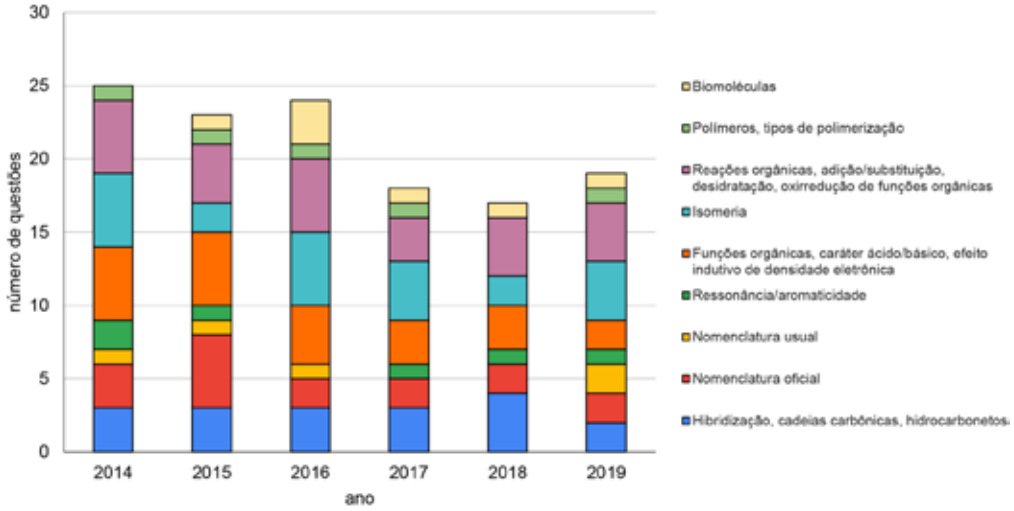


Gráfico 6: Frequência dos conteúdos da área Orgânica. Fonte: Autores.

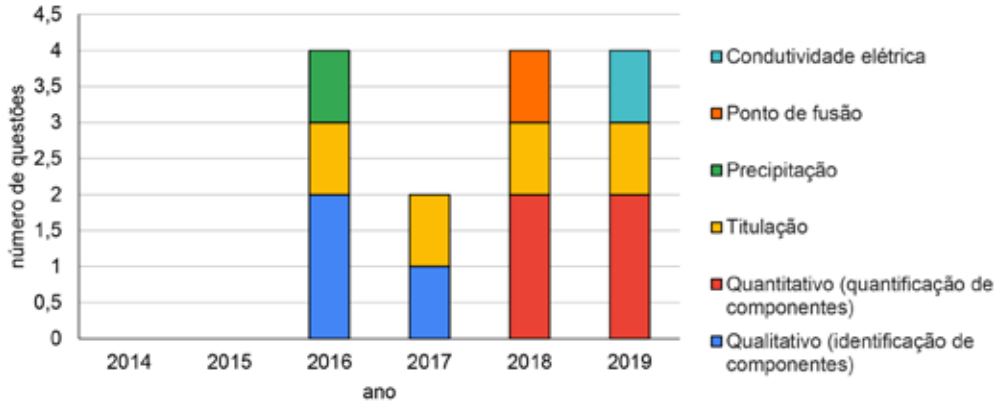


Gráfico 7: Frequência dos conteúdos da área Analítica. Fonte: Autores.

categorias os termos isóbaros e isótonos dos termos isótopos e isoeletrônicos, por se entender que os primeiros não são conceitos estruturantes e relevantes para os estudantes. Santos e Schnetzler (1996) mencionam que o estudo da linguagem química não pode ser feito de forma exagerada em termos de classificações, mas de maneira contextualizada, de modo a permitir ao aluno compreender sua importância para o conhecimento químico e interpretar o significado correspondente da simbologia química. No caso dos termos isótono e isóbaro não se constata tal importância e significado, sendo estes até chamados de inúteis e obsoletos por educadores entrevistados no estudo dos autores. Apenas em uma questão das provas de 2015, tais termos foram abordados, a qual exigia que os estudantes recordassem uma informação e aplicassem uma equação que relaciona a quantidade de partículas subatômicas. Por essa razão da

Questão 06: Devido ao aumento da demanda de fertilizantes com elevado teor de fósforo, nos dias de hoje, houve uma rápida expansão na fabricação de ácido fosfórico, a partir da rocha fosfática (processo por via úmida), conforme mostra a reação simplificada, não balanceada, abaixo:

$$Ca_3(PO_4)_{2\,(s)} + H_2SO_{4\,(l)} + H_2O_{(l)} \rightarrow H_3PO_{4\,(l)} + CaSO_4.2H_2O_{(s)}$$

Sobre essa reação, são feitas as afirmações:
I- O número de oxidação do fósforo é +5, nos seus respectivos compostos.
II- A soma dos menores coeficientes inteiros possíveis é igual a 15.
III- O ácido fosfórico, em solução aquosa, apresenta grau de ionização maior do que o ácido sulfúrico.
IV- O sal obtido é pouco solúvel em água e é anidro.
Estão corretas:
a) Somente I, II e IV
b) Somente II, III e IV
c) Somente I, II e III
d) Somente I e II
e) Somente I e III

Figura 1: Questão 2015-EM1-06. Fonte: ABQ-RS (2019a).

linguagem química também se optou por separar em diferentes categorias as questões que abordam nomenclaturas oficiais e usuais, observando-se que a segunda aparece sempre em menor frequência, visto que privilegiam aspectos memorísticos.

Da mesma forma, em apenas uma questão do total analisado, constituinte da edição de 2018, verificou-se a utilização do termo "função ácido", apesar de o termo "funções inorgânicas" para tratar de ácidos, bases, sais e óxidos ser amplamente criticado e recomendado que seja abolido do ensino de Química (Silva *et al., 2014*). Os autores Campos e Silva (1999), já na década de 1990, alertavam para a necessidade de considerar a relatividade no comportamento das espécies químicas, pois o que se observa é um comportamento ácido e básico, não um conjunto de substâncias semelhantes em composição e comportamento. Pela mesma razão, a categoria das questões sobre esses grupos de substâncias foi denominada substâncias inorgânicas.

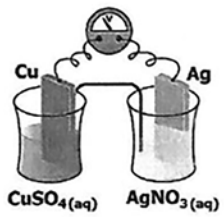
Salienta-se que este estudo propõe sugestões para o aperfeiçoamento das provas, visto que as OQdoRS contemplam um número significativo de participantes e mobilizam estudantes e professores a dedicar-se ao estudo dos conceitos e princípios químicos. Entende-se que o perfil de competição de atividades como as olimpíadas não é perfeitamente justo, como aponta Dubet (2004). Todavia, a preparação para as provas pode favorecer o trabalho em equipe entre estudantes e professores, aproximar educação básica e superior de Química em atividades de reflexão sobre os processos de construção curricular, além de favorecer a escolha por cursos superiores nas áreas das Ciências, como identificado em estudos recentes de Paiva *et al.* (2020) e de Schwarz (2018).

Temos, assim, um contraste de efeitos da competitividade sobre estudantes. Enquanto alguns podem ser afetados de modo negativo, como alerta Monich (2007) sobre o reforço do individualismo causado pela competição, até mesmo de perda de autoestima no caso de um resultado negativo, outros o podem ser de modo positivo. Conforme apontamentos de Silva e Sales (2017), os *games* influenciam no processo de ensino e aprendizagem por associarem aspectos como conflitos, *feedback*, diversão e competição, entre outros. É importante lembrar que a Olimpíada em si não tem por objetivo ensinar o conteúdo nela contido, mas pode servir como auxiliar no ensino e como teste para desafiar os conhecimentos do estudante. Pintrich (2003) recomenda a proposição de tarefas que tanto ofereçam oportunidades de sucesso quanto desafiem intelectualmente os estudantes, satisfazendo uma necessidade de competência ou de realização, a fim de desenvolver a motivação destes. Dessa forma, alguns estudantes podem sentir-se estimulados ao estudo mediante a realização das provas e, quando isso resulta em um bom desempenho, o reconhecimento do estudante e sua escola é um fator de valorização e de incentivo para toda a comunidade.

Além das olimpíadas, outros eventos que envolvem a premiação dos alunos que atingem melhores resultados, também não trazem a competição como objetivo, mas não deixam de envolvê-la, como o Torneio Virtual de Química. O referido torneio objetiva fomentar o interesse e o estudo

Questão 14

Considere o esquema da pilha a seguir e os dados de potencial dos metais nela envolvidos. As soluções nos eletrodos têm concentrações iguais a 1,00 mol.L^{-1}:



POTENCIAL PADRÃO DE REDUÇÃO (E^0), em VOLTS

$Cu^{2+}/Cu = +0,34$
$Ag^{+}/Ag = +0,80$

CONSTANTE DE FARADAY: F = 96500 C

(a) Antes do início da reação, qual a coloração das soluções aquosas?
(b) Escreva as semirreações de redução e de oxidação, bem como a reação global.
(c) Qual a ddp gerada pela pilha, em volts? Registre o cálculo.
(d) Uma das placas metálicas dessa pilha perde massa durante determinado experimento. Considere que essa pilha ficou em funcionamento por 64 minutos e 20 segundos, gerando corrente constante e igual a 0,5 ampère. Que metal perde massa nessa pilha? E qual a massa, em **miligramas**, perdida?

Figura 2: Questão 2019-EM2-14. Fonte: ABQ-RS (2019a).

da Química, aproximar os ensinos médio e superior em termos de conteúdo e desenvolver a capacidade de pesquisa e trabalho em equipe dos participantes, que em sua maioria escolhem, posteriormente, cursos superiores nas áreas de Ciências, Tecnologias, Engenharias e Matemática (Paiva *et al.*, 2020). Ademais, a utilização de jogos didáticos e dos *games* (gamificação), cada vez mais desenvolvidos para o uso nas salas de aula (Silva e Sales, 2017), recebem poucas críticas por seu caráter competitivo em comparação com as olimpíadas científicas escolares. Assim, dependendo do contexto, a competição pode ser utilizada como um dos elementos que mobiliza os estudantes no processo de aprendizagem.

Contextos

Do total de 210 questões analisadas, 89 apresentaram um contexto, conforme análise apresentada no Gráfico 8.

As questões classificadas na subcategoria **tecnologia** são, em geral, as mais frequentes. Essa primeira subcategoria abrange questões que trazem alguma substância química e apenas citam tipos de produtos em que esta pode ser empregada na indústria, a exemplo da questão 2014-EM1-06, Figura 3, que também exemplifica a subcategoria **métodos/técnicas industriais**. Observa-se que esse tipo de questão foi frequente apenas nas provas dos anos de 2014 e 2015.

Já a segunda subcategoria abrange questões que trazem algum produto industrial e exploram a composição específica deste, seja ilustrando a fórmula estrutural da molécula que o compõe majoritariamente, seja informando algum parâmetro químico como o pH, como ilustra a questão 2017-EM3-13, Figura 4. A subcategoria **combustíveis** abrange derivados de petróleo, etanol, propano e biodiesel, sua composição química e/ou efeitos na natureza.

As subcategorias **meio ambiente e saúde** foram as mais recorrentes após a subcategoria **tecnologia**. A subcategoria **composição de produtos naturais** é semelhante à subcategoria **composição de produtos industriais**, abrangendo questões que trazem algum produto natural (como plantas, alimentos in natura ou minimamente processados) e exploram sua composição específica, ilustrando a fórmula estrutural da molécula que o compõe majoritariamente ou informando algum parâmetro químico como o pH. Questões que informam como e/ou onde substâncias ocorrem na natureza foram categorizadas em **ocorrência natural de substâncias**. Questões que citam algum alimento foram classificadas na subcategoria **alimentos**, mesmo as que também foram classificadas em **composição de produtos naturais**. Na subcategoria **água**, a maior parte das questões versa sobre o tratamento de água e outras sobre o papel da água em organismos vivos. As questões que citam a necessidade de reduzir ou eliminar o uso ou a geração de substâncias perigosas durante reações químicas foram categorizadas em **Química Verde**.

As questões classificadas em **comportamento de substâncias** citam informações sobre as substâncias abordadas para efeito de ilustração apenas, não sendo necessárias à resolução. Questões da subcategoria **poluição** trazem diferentes fenômenos causados por substâncias liberadas na natureza, a exemplo da questão 2015-EM1-20 (Figura 5), a qual também apresenta imprecisões sobre o aquecimento global e efeito estufa. As questões classificadas em **saúde** informam efeitos de substâncias no corpo humano e as classificadas em **histórico** trazem uma data ou evento que conferem um contexto histórico à questão.

A observação do número de questões contextualizadas (relacionadas à alguma temática) em cada ano nos leva a concluir que houve um movimento levemente decrescente no seu uso. As provas dos primeiros anos apresentaram cerca de 43% de questões contextualizadas, em 2016 houve um pico de 61% do total de questões e em 2017 e 2018 caiu para cerca de 35%, havendo um pequeno aumento em 2019, para 37%. Ao longo da pesquisa, buscou-se verificar se a postura frente à contextualização das questões teve mudança ao longo dos

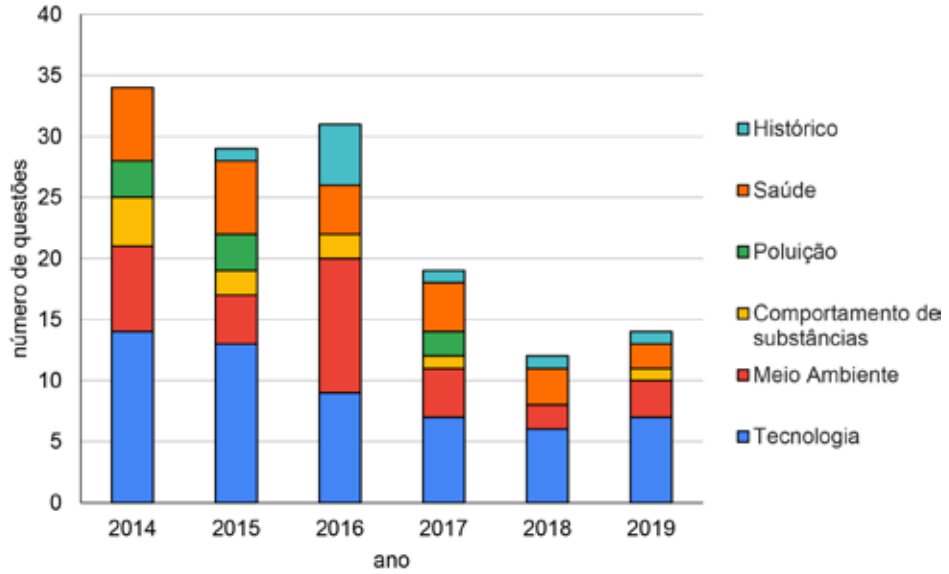


Gráfico 8: Temáticas utilizadas nas questões contextualizadas por ano. Fonte: Autores.

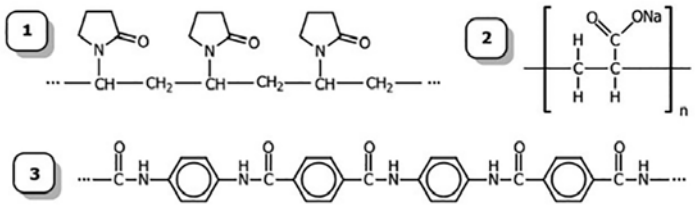
Questão 06: O ácido nítrico é forte, volátil à temperatura ambiente e oxidante enérgico. É o segundo ácido mais fabricado e mais consumido na indústria química, perdendo apenas para o ácido sulfúrico.
Suas principais aplicações são na produção de fertilizante agrícola, de explosivos, de vernizes, resinas sintéticas, corantes, nylon, dentre outras.
Seus sais são os nitratos, destacando-se o nitrato de potássio, usado na indústria de pólvora e o nitrato de amônio, na indústria de fertilizantes.
Modernamente, é produzido a partir do processo de Ostwald que consta, basicamente, de três etapas:
1ª etapa: Queima da amônia, resultando no gás monóxido de nitrogênio.
2ª etapa: Reação do monóxido de nitrogênio com oxigênio, produzindo o dióxido de nitrogênio.
3ª etapa: Reação do dióxido de nitrogênio com água, a alta pressão, produzindo, por fim, esse ácido e, como subproduto, o monóxido de nitrogênio.

Baseado no texto acima, avalie as seguintes afirmações:
I- Na 1ª etapa, o número de oxidação do nitrogênio varia de 3+ para 2+.
II- A geometria molecular do gás produzido na 2ª etapa é linear.
III- No íon nitrato, o nitrogênio apresenta número de oxidação 5+.
IV- O grau de ionização do ácido nítrico é menor do que 50 %.
V- A soma dos menores coeficientes inteiros de todos os compostos envolvidos na reação da 3ª etapa é igual a 7.

Estão corretas:
a) Somente I, II, III e V
b) Somente II, III e IV
c) Somente I, IV e V
d) Somente II e IV
e) Somente III e V

Figura 3: Questão 2014-EM1-06. Fonte: ABQ-RS (2019a).

A seguir você encontra três representações de polímeros sintéticos: (1) PVP – **polivinilpirrolidona**, que faz parte da composição de sprays fixadores para cabelos, (2) **poliacrilato de sódio**, utilizado em fraldas descartáveis e (3) **Kevlar**, material muito resistente, utilizado na confecção de coletes à prova de balas, por exemplo.



a) Classifique os polímeros em: (i) de condensação, (ii) de adição, (iii) homopolímeros, (iv) copolímeros;
b) Por que o polímero (2) é utilizado em fraldas descartáveis, diferentemente dos polímeros (1) e (3)?
c) Monte a equação para a reação de polimerização do material (1), escrevendo o produto com a fórmula da unidade de repetição entre colchetes (a exemplo da representação do polímero 2);
d) Represente a(s) estrutura(s) do(s) monômero(s) do polímero (3).

Figura 4: Questão 2017-EM3-13. Fonte: ABQ-RS (2019a).

anos, o que não foi observado. Poucas questões trazem uma contextualização mais profunda, e essas não ocorrem em maior número em provas de algum ano específico. A maioria das questões que apresentam alguma temática no enunciado apenas ilustram ou exemplificam os conceitos científicos e tecnológicos abordados. A questão 2019-EM3-05 (Figura 6) é exemplo de uma maior contextualização observada (além da questão já citada 2017-EM3-13, Figura 4). Nessas questões, o leitor pode ter um panorama representativo do nível de contextualização utilizado nas provas.

A contextualização de uma questão também é importante para a motivação dos estudantes, pois atribui significado ao conteúdo e estimula o interesse, sendo umas das recomendações do autor Pintrich (2003) para o desenvolvimento de motivação intrínseca (motivação de maior grau de autonomia) dos estudantes. A contextualização, porém, não deve ser pensada apenas como um pretexto para o desenvolvimento dos conhecimentos científicos, uma vez que a significação de conceitos, viabilizada por meio da problematização aprofundada do contexto, permite muito mais do que sua aprendizagem, já que possibilita o desenvolvimento cognitivo que capacita os sujeitos a pensarem e agirem de forma mais consciente no mundo (Wartha *et al.*, 2013).

Conforme apontado por Schwarz (2018), é necessário que a organização de eventos, como as olimpíadas científicas, prime pelo cuidado de não afastar um estudante por meio de provas mal elaboradas, mas sim busque reter sua atenção, despertar sua imaginação e interesse científico, proporcionando mais prazer ao ato de estudar aquela área do conhecimento. Identifica-se, assim, uma contrapartida

Questão 20: Muitos dos gases poluentes que são liberados para a atmosfera são poderosos absorventes da radiação infravermelha e, pelo fato de deterem mais calor, podem aumentar o aquecimento da Terra, ocasionando o chamado efeito estufa.
Como consequência desse aquecimento global tem-se o derretimento das camadas de gelo glaciares, aumento da acidificação e do nível dos oceanos, alteração dos ciclos biológicos, agravamento da seca com queda de produção agrícola, dentre outros efeitos.

Os principais gases responsáveis pelo efeito estufa são mostrados na tabela a seguir: Fonte: Informativo do CRQ-V, Jan a Março de 2015, pg 5.

Gás	CO_2	CH_4 (metano)	CFC'S (clorofluoretos de carbono)	N_2O
Contribuição para o aquecimento (%)	49	18	14	6

Baseado na tabela e, considerando o produto da decomposição anaeróbica de resíduos orgânicos como gás 1 e o produto da queima de combustíveis fósseis, principalmente do carvão mineral e petróleo, como gás 2, responda as questões abaixo.

a) Identifique e desenhe a geometria das moléculas dos gases 1 e 2.
b) Faça a reação de combustão completa, balanceada, do gás 1.
c) Borbulhando o gás 2 em uma solução de hidróxido de cálcio, percebe-se a formação de uma turbidez. Escreva a reação e explique o que significa essa turbidez.

Figura 5: Questão 2015-EM1-20. Fonte: ABQ-RS (2019a).

O grafeno é o primeiro material cristalino verdadeiramente bidimensional. Sua produção, isolamento, identificação e caracterização renderam o Prêmio Nobel de Física 2010 aos cientistas russos Andre Geim e Konstantin Novoselov. Camadas de 70 cm de largura já foram obtidas e o material é mais resistente que uma amostra de aço de mesma dimensão, estica até 20% sem romper e conduz corrente elétrica melhor que o cobre.

Ao lado é exibido um trecho de um modelo da rede 2D de grafeno. Sobre esse material, julgue se as afirmações são verdadeiras (V) ou falsas (F):

( ) No grafeno, os átomos de carbono estão hibridizados sp^2.
( ) Os ângulos entre as ligações são de 120°.
( ) O material é bom condutor de eletricidade devido à ressonância eletrônica dos elétrons π distribuídos pela estrutura.

É correta a sequência:

a) V – V – V b) V – F – V c) V – V – F d) F – V – F e) F – F – V

Figura 6: Questão 2019-EM3-05. Fonte: ABQ-RS (2019a).

da equipe organizadora do evento frente ao cuidado com os estudantes, também responsabilidade da escola. Dito isso, considera-se que a contextualização (em conjunto com a problematização) favorece um ambiente de cooperação em detrimento de competição e que essa característica das questões possa ser revista pelos organizadores da OQdoRS, posto que a contextualização é uma perspectiva amplamente difundida nas pesquisas da área de Ensino de Química (Santos e Schnetzler, 1996).

Conclusão

Com a análise documental proposta, constatou-se que os conteúdos mais frequentes nas questões, dentro de suas respectivas áreas da Química, foram ligações químicas, estequiometria, substâncias inorgânicas, caráter ácido/básico, reações inorgânicas, nomenclatura oficial inorgânica, soluções, equilíbrio químico, termoquímica, reações orgânicas, isomeria, funções orgânicas e titulação. As provas trazem algumas questões complexas, que abrangem vários aspectos de um conteúdo ou mesmo várias categorias de conteúdos, as quais têm potencial de desafiar os conhecimentos dos estudantes, além de servirem como auxiliar no ensino. Ao longo dos anos, elas têm aumentado a exigência de cálculos, porém não diminuindo a cobrança de aspectos teóricos. No mínimo um terço das questões em cada ano são contextualizadas, sendo tecnologia a temática mais frequente, seguida de meio ambiente. Entretanto, salienta-se que os contextos foram utilizados na maioria das questões com enfoque ilustrativo e não relacionado ao questionamento proposto.

O panorama exposto sobre o perfil das provas da OQdoRS no período analisado possibilita traçar orientações para os professores e coordenadores que pretendem

mobilizar seus alunos a participarem das Olimpíadas de Química. Além disso, enfatiza a importância da permanência do componente curricular de Química ao longo do Ensino Médio e de ações como as olimpíadas em geral para divulgação das Ciências. Como mostrado por Schwarz (2018), muitos estudantes participantes do evento prosseguem a cursos superiores, entre os quais um número razoável opta por graduações com alta carga de Química. O evento também se revela como forma de gerar satisfação e quebrar preconceitos com a área.

Atenta-se para a necessidade de adequação das provas aos aspectos apontados na literatura contemporânea de Ensino de Ciências quanto à utilização da contextualização, visando ampliar o impacto do evento conforme seu objetivo maior de estimular e valorizar o estudo da Química, visto o potencial de mobilizar um número expressivo de estudantes e escolas do estado. Assim, este trabalho constitui-se como referência para os desenvolvedores das provas, possibilitando-os avaliar se estas têm traduzido de forma coerente as intenções e a filosofia do programa, bem como traçar estratégias a fim de aprimorá-las.

Este trabalho busca não apenas subsidiar a divulgação e aperfeiçoamento do evento, mas também mobilizar novos estudos na área. Outros elementos podem ser investigados, como o perfil de provas olímpicas aplicadas em outros estados e na fase nacional comparado ao das aplicadas na OQdoRS, além de outras provas avaliativas na área. A modalidade virtual de realização da prova, utilizada na última edição, também pode ser analisada, fomentando discussões acerca do ensino e aprendizagem em ambientes virtuais, tão necessário na atualidade.

Caroline Seibt Koch (caroline.97@live.com), licenciada em Química pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS – BR. **Tania Denise Miskinis Salgado** (tania.salgado@ufrgs.br), doutora em Ciências pela UFRGS. Professora do Programa de Pós-Graduação em Química e Programa de Pós-Graduação de Educação em Ciências da UFRGS. Porto Alegre, RS – BR. **Maurícius Selvero Pazinato** (mauricius.pazinato@ufrgs.br), doutor em Educação em Ciências pela Universidade Federal de Santa Maria. Professor do Programa de Pós-Graduação em Química da UFRGS. Porto Alegre, RS – BR. **Camila Greff Passos** (camila.passos@ufrgs.br), doutora em Educação Química pela UFRGS. Professora do Programa de Pós-Graduação em Química da UFRGS. Porto Alegre, RS – BR.

Referências

ABQ (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE QUÍMICA). *Programa Nacional Olimpíadas de Química*. Disponível em: http://www.obquimica.org/, acesso em out. 2021.

ABQ-RS (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE QUÍMICA SECÇÃO REGIONAL DO RIO GRANDE DO SUL). *Provas de edições anteriores da OQ do RS*. 2019. Disponível em: https://abqrs.com.br/2019/09/13/provas-de-edicoes-anteriores-da-oq-do-rs/, acesso em out. 2021.

ABQ-RS (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE QUÍMICA SECÇÃO REGIONAL DO RIO GRANDE DO SUL). *Regulamento da XVIII Olimpíada de Química do Rio Grande do Sul (OQdoRS – 2019).* 2019. Disponível em: https://abqrs.com.br/wp-content/uploads/2019/ 05/Regulamento-OQRS-2019.pdf, acesso em out. 2021.

BOGDAN, R. e BIKLEN, S. K. *Investigação Qualitativa em Educação* - uma Introdução **à** Teoria e aos Métodos. Portugal: Editora Porto, 2013. 336 p.

CAMPOS, R. C. e SILVA, R. C. Funções da Química Inorgânica ...funcionam? *Química Nova na Escola*, vol. 09, maio 1999.

DUBET, F. O que é uma escola justa? *Cadernos de Pesquisa*, v. 34, n 123, p. 539 – 555, 2004.

EREMIN, V. V. e GLADILIN, A. K. International Chemistry Olympiad and its role in chemical education. *Russian Journal of General Chemistry*, Pleiades Publishing Ltd., vol. 83, n. 4, p. 830–838, 2013.

ERTHAL, J. P. C.; CAMPOS, R. G.; SOUZA, T. F. e OLIVEIRA, J. S. Análise e caracterização das questões das provas da Olimpíada Brasileira de Física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 32, n. 1, p. 142-156, abr. 2015.

FUNG, F. M.; PUTALA, M.; HOLZHAUSER, P.; SOMSOOK, E.; HERNANDEZ, C. e CHANG, I. Celebrating the golden jubilee of the International Chemistry Olympiad: back to where it all began. *Journal of Chemical Education,* v. 95, n. 2, p. 193-196, 21 dez. 2017.

INTERNATIONAL CHEMISTRY OLYMPIAD. *Regulation*, 2018. Disponível em https://icho2019.paris/en/a-propos/reglement/, acesso em out. 2021.

INTERNATIONAL OLYMPIC COMMITTEE. *Olympic charter*, Lausanne, International Olympic Committee, 2019.

IUVENTA. *Short history of the International Chemistry Olympiad*. Disponível em: https://www.iuventa.sk/en/Subpages/ICHO/History-of-the-ICHO.alej, acesso em out. 2021.

MONICH, A. A. Ética como atitude pedagógica na escola. *Atos de Pesquisa em Educação*, v. 2, n. 2, p. 330–339, 2007.

PAIVA, V. T. C.; PARMA, E. e BUFFON, R. Offering an online chemistry tournament to engage high school students: a 10 year experience in Brazil. *Journal of Chemical Education*, American Chemical Society, vol. 97, n. 3, p. 861–865, 2020.

PINTRICH, P. R. A motivational science perspective on the role of student motivation in learning and teaching contexts. *Journal of Educational Psychology*, v. 95, n. 4, p. 667– 686, 2003.

QUADROS, A. L.; FÁTIMA, Â.; SILVA, D. C.; ANDRADE, F. P.; SILVA, G. F.; ALEME, H. G. e OLIVEIRA, S. R. Aprendizagem e competição: a Olimpíada Mineira de Química na visão dos professores de ensino médio. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, Belo Horizonte, v. 10, n.3, p. 125-136, 2010.

SANCHEZ, J. R.; ABREU, D. G. e IAMAMOTO, Y. Estudo das implicações das olimpíadas de química para o ensino de ciências nas escolas de ribeirão preto. In: Congreso Internacional Sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, 9., 2013, Girona. *Anais [...]***.** Girona: Comunicación, 2013. p. 3149-3153.

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, nov 1996.

SCHWARZ, F. W. *Olimpíada de Química do Rio Grande do Sul***:** Para onde vão os estudantes de melhor desempenho. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.

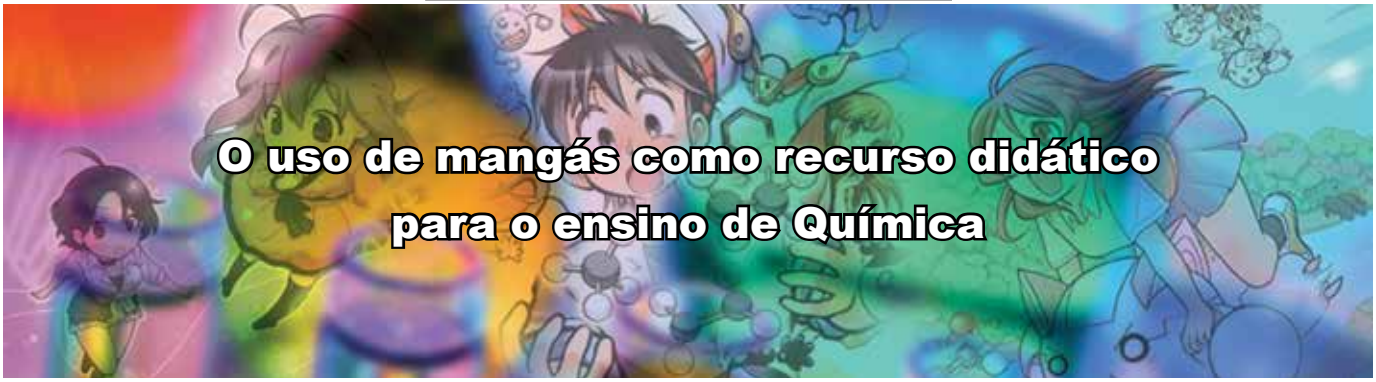
SILVA, J. B. e SALES, G. L. Gamificação aplicada no ensino de Física: um estudo de caso no ensino de óptica geométrica. *Acta Scientiae*, v. 19, n. 5, p. 782-798, set./out. 2017.

SILVA, L. A.; LARENTIS, A. L.; CALDAS, L. A.; RIBEIRO, M. G. L.; ALMEIDA, R. V. e HERBST, M. H. Obstáculos epistemológicos no ensino-aprendizagem de química geral e inorgânica no ensino superior: resgate da definição ácido-base de Arrhenius e crítica ao ensino das "funções inorgânicas". *Química Nova na Escola*, vol. 36, n. 4, p. 261-268, nov. 2014.

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

Abstract: *Analysis and characterization of tests Rio Grande do Sul Chemistry Olympiad*. This work aims to identify the contents and contexts that are addressed in the issues of the Chemistry Olympiad of Rio Grande do Sul to prepare an overview of the profile of the tests in the period between 2014 and 2019. The documentary analysis of the 210 questions showed that the most frequently requested contents are chemical bonds, stoichiometry, inorganic substances, acid/basic character, inorganic reactions, official inorganic nomenclature, solutions, chemical equilibrium, thermochemistry, organic reactions, isomerism, organic functions, and titration. We observe the presence of complex and challenging questions about conceptual aspects and the growing demand for calculations. At least a third of the questions use contextualization, however largely with an illustrative focus. The most frequent theme is technology, followed by the environment. The reflections of this research aim to contribute to the improvement of future tests and to encourage new studies in the area.
Keywords: Chemistry Olympiad of Rio Grande do Sul, analysis of questions, test profile.

http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160297



O uso de mangás como recurso didático para o ensino de Química

Fabio Henrique B. Lopes, Alice Cristina S. L. M. de Souza, Elise M. F. Cunha e Joci N. A. Macedo

Ensinar Química é um grande desafio para todo educador, principalmente diante de um cenário pandêmico, onde a necessidade de recursos didáticos alternativos para a modalidade de ensino remoto se tornou essencial. Esse relato é resultado de um projeto de ensino interdisciplinar baseado na criação de um mangá como recurso didático de ensino com o foco no aprendizado significativo das disciplinas de Química Geral, Química Ambiental e Biossegurança. A atividade foi desenvolvida com os alunos do 1º ano do Curso Técnico em Química do Instituto Federal de Rondônia, *Campus* Ji-Paraná, promovendo interdisciplinaridade, de modo que os discentes foram envolvidos no processo de produção enquanto lidavam com questões envolvendo temas como energia, meio ambiente, biossegurança, radiação, ética e inclusão no ambiente de trabalho.

▶ relato de experiência, mangás de Química, recursos didáticos alternativos ◀

Recebido em 10/09/2021, aceito em 13/02/2022

Em 11 de março de 2020, em virtude da pandemia de COVID-19 causada pelo vírus SARS-COV2, a Organização Mundial de Saúde (World Health Organization- WHO) recomendou várias medidas para o enfrentamento dessa doença, dentre elas, a redução do contato social por meio da diminuição do fluxo de pessoas em espaços fechados (WHO; Global Biodefense, 2019-2022).

Estas orientações acarretaram o fechamento das escolas brasileiras, as aulas presenciais foram suspensas e, diante desse cenário, ensinar Química tem sido um grande desafio para os educadores, que precisam se atualizar a respeito das metodologias que podem auxiliar no processo de aprendizagem dos conteúdos, enfrentando os desafios de aulas realizadas de modo remoto em um Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA) (Rondônia, 2020).

Diante desse contexto, o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO), visando oportunizar a aprendizagem e garantir a permanência e o êxito dos estudantes, lançou o Projeto de Mediação Virtual – PROBEN MEDVIRTUAL, do Edital Nº 03/2020/REIT-PROEN/IFRO, de 22 de julho de 2020, que selecionou monitores e orientadores para prestarem monitoria virtual.

O plano submetido ao Edital, e que obteve aprovação, foi desenvolvido para auxiliar os discentes que estavam enfrentando dificuldades em acompanhar o ensino de forma não presencial e fundamentado na interdisciplinaridade entre as disciplinas de Química Geral, Química Ambiental e Biossegurança, visando garantir aos alunos que os conteúdos abordados não fossem fragmentados. Cabe destacar que a proposta da interdisciplinaridade não é recente, uma vez que:

> [...] *surgiu nos anos 70 como resposta às necessidades de uma abordagem mais integradora da realidade. Ainda que muitas vezes esteja associada a modismo ou à realização de projetos apenas aparentemente ou pseudo-interdisciplinares na área da educação, ela nasce da hipótese de que, por seu intermédio, é possível superar os problemas decorrentes da excessiva especialização, contribuindo para vincular o conhecimento à prática* (Dencker, 2002, p.19).

A interdisciplinaridade permite que diversos temas sejam trabalhados de modo contextualizado e o resultado desse processo é a formação integral do aluno. Outro ponto positivo do trabalho interdisciplinar é que a aprendizagem pode ser expressa por meio de produtos finais (cartilhas educativas, seminários, feiras, mostras científicas, artigos, dentre outros), como é o caso do mangá elaborado durante a execução do plano e que contemplou problemáticas como meio ambiente, radiação, biossegurança, fontes de energia, ética e inclusão no ambiente de trabalho.

Este é um artigo de acesso aberto distribuído sob os termos da Licença de Atribuição Creative Commons

A aprendizagem interdisciplinar proporciona uma maior interação entre os alunos, a contextualização dos conteúdos e fomenta o protagonismo juvenil, coadunando fortemente com o que propõe a nova BNCC (Base Nacional Comum Curricular) (2018), uma vez que esta defende que:

> *Para a promoção de tais aprendizagens, para o desenvolvimento do protagonismo juvenil e para a construção de uma atitude ética pelos jovens, é fundamental mobilizar recursos didáticos em diferentes linguagens (textuais, imagéticas, artísticas, gestuais, digitais, tecnológicas, gráficas, cartográficas etc.), selecionar formas de registros, valorizar os trabalhos de campo (entrevistas, observações, consultas a acervos históricos etc.) e estimular práticas voltadas para a cooperação. Os materiais e os meios utilizados podem ser variados, mas o objetivo central, o eixo da reflexão, deve concentrar-se no conhecimento do Eu e no reconhecimento do Outro, nas formas de enfrentamento das tensões e conflitos, na possibilidade de conciliação e na formulação de propostas de soluções* (Brasil, 2018, p.549).

Quando os temas de Química são abordados com o aporte da visão de outras disciplinas, utilizando outras linguagens, tais como jogos, histórias em quadrinhos (HQ), teatros ou mangás, os alunos que possuem afinidades com estas linguagens se sentem mais confortáveis e entendem os conceitos com maior facilidade, tornando o aprendizado prazeroso.

O mangá, utilizado como recurso didático para aprender Química, possibilita que o discente seja transportado para ambientes que ele desconhece. Desse modo, independentemente da realidade do aluno, cria-se uma ponte entre o ensino e a imaginação, estimulando-o a aprender, sentir-se contemplado e parte do processo de ensino-aprendizagem, globalizando o aprendizado dentro e fora da sala de aula. Um dos principais aspectos do mangá é criar a possibilidade de fazer o leitor ficar imerso nas histórias, pois se identificam e se envolvem com as emoções dos personagens, aprendendo junto com eles.

A produção de um mangá favorece o senso crítico dos alunos, pois torna possível abordar temas sociais como ética e segurança no trabalho, inclusão, meio ambiente, dentre outras questões que envolvem o desenvolvimento da sociedade. Neste processo ativo, Gary (2012, p. 389-395) ressalta que:

> *No que se refere ao ensino e aprendizagem, tal qual as histórias em quadrinhos no geral, a leitura dos mangás pode estimular o interesse pela leitura e ajudar na aquisição de vocabulário, bem como facilitar a compreensão em um assunto específico, auxiliar no desenvolvimento cognitivo, na motivação e no processamento de informações.*

Diante do exposto a respeito das vantagens do uso do mangá, este projeto teve como objetivo proporcionar um aprendizado significativo utilizando o mangá como recurso didático para ensinar Química, como forma de amenizar os impactos causados no ensino em meio à pandemia da COVID -19.

Metodologia

A atividade foi desenvolvida com 50 alunos do 1º ano do Curso Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Rondônia, IFRO, *Campus* Ji-Paraná, totalizando 02 turmas e envolvendo a participação de professores das disciplinas de Química Geral, Química Ambiental e Biossegurança, além de um monitor, acadêmico do curso de Licenciatura em Química (LQ), que aproveitou as atividades realizadas na monitoria virtual como estágio supervisionado, seguindo a Instrução Normativa Conjunta Pró-Reitoria de Extensão (PROEX) e Pró-Reitoria de Ensino (PROEN), Nº 3, de 29 de junho de 2020.

O plano de atividades do projeto foi pautado em métodos ativos de ensino- aprendizagem, uma vez que esses métodos:

> [...] *dão especial relevo à solução de problemas, à pesquisa, à experimentação, às atividades de manipulação e construção e ao trabalho em grupo, permitindo que o conhecimento não seja apenas transmitido, mas reinventado ou reconstruído pelo aluno* (Haydt, 2011, p.38).

A produção de um mangá favorece o senso crítico dos alunos, pois torna possível abordar temas sociais como ética e segurança no trabalho, inclusão, meio ambiente, dentre outras questões que envolvem o desenvolvimento da sociedade.

Em virtude do ensino remoto, o mangá foi desenvolvido a distância e a interação e o contato com os estudantes foram estabelecidos por meio de plataformas digitais, tais como AVA, e-mail e *Whatsapp*, garantindo uma participação melhor do público-alvo na atividade e no esclarecimento de dúvidas.

Ao longo das aulas assíncronas, os alunos receberam situações-problema relacionadas aos conteúdos de energia, recursos naturais e meio ambiente, que são abordados no 1º ano do ensino médio, e tiveram que oferecer soluções experimentais para cada problema, exercitando os seus conhecimentos acerca dos assuntos.

Devido ao ensino remoto, um mangá foi desenhado pelo monitor a partir da discussão coletiva com os alunos e contou com três capítulos, sendo o terceiro dividido em parte I e II, contendo, em sua maioria, 18 páginas, com exceção do 3° capítulo, parte II, que teve 13 páginas.

O mangá contou a história de três jovens químicas (Lisa, Rose e Lana), que trabalhavam em uma usina nuclear e que

receberam um grupo seleto de alunos para uma visita técnica. Durante a visita, um dos alunos invadiu uma área restrita e causou um "acidente", levando toda a usina a um colapso.

Para construir a história, em cada capítulo, os alunos ajudaram as químicas Lisa, Rose e Lana a solucionarem o problema de cada um dos setores da indústria, com base nas discussões e pesquisas realizadas, sempre visando sanar os problemas ocasionados na usina. A construção do mangá foi realizada durante o 2º semestre de 2020 e contou com atividades assíncronas e três encontros síncronos, momentos em que foram abordados a problemática inicial, o enredo e a solução do problema, considerando os conteúdos estudados e as pesquisas realizadas pelos estudantes.

Para o desenvolvimento das atividades foram utilizados recursos do AVA, como lições, fórum e questionários, enquanto que para os encontros síncronos, foram utilizados o sistema de conferência web no *BigBlueButton*, uma ferramenta do AVA institucional e o *Google Meet.*

A plataforma *YouTube* foi utilizada como ferramenta para a inserção dos vídeos produzidos pelo monitor para fornecer aos alunos instruções claras sobre a execução do projeto, a apresentação dos personagens e as aulas sobre os conteúdos de energia, sustentabilidade e meio ambiente.

Como métodos de avaliação, foram considerados vários aspectos, entre eles a participação efetiva dos alunos durante os encontros síncronos e assíncronos, o preenchimento e a avaliação de dois questionários (Quadro 1), aplicados ao longo do projeto.

O questionário inicial teve como objetivo diagnosticar o conhecimento prévio e verificar as dificuldades de aprendizagem em relação aos conteúdos das disciplinas envolvidas no projeto. O diagnóstico foi essencial para um planejamento eficaz, o que permitiu uma melhor orientação por parte dos professores ao aluno monitor durante a execução de suas ações.

Já o questionário final, aplicado utilizando o *Google Forms*, permitiu avaliar o impacto no processo de aprendizagem dos alunos, que foram identificados como A1, A2 ..., e a opinião sobre a proposição desta atividade de ensino.

As respostas apresentadas pelos discentes foram separadas por categorias (a importância e funcionamento das usinas nucleares, mapa de risco e segurança no local de trabalho, fissão nuclear, biorremediação e outras reações, informações sobre disciplinas e conteúdos). Essas categorias estão ligadas às disciplinas de Química Geral, Química Ambiental e Biossegurança em consonância com o Projeto Pedagógico do curso de Química do IFRO- *Campus* Ji-Paraná. A metodologia de análise das respostas foi concebida pelo autor e as professoras orientadoras.

Resultados e Discussão

Inicialmente procedeu-se à apresentação do plano de atividades, a metodologia para construção do recurso didático e a aplicação do questionário inicial (Quadro 1) aos alunos envolvidos. Em seguida, foi realizado o lançamento do primeiro episódio (Figura 1) e houve um momento para o esclarecimento de dúvidas.

Os alunos responderam um questionário inicial composto por questões abertas e fechadas. Ao serem questionados sobre terem ou não dificuldades em aprender Química, 75,6% dos alunos responderam que sim.

Decorre então a necessidade de identificar as dificuldades manifestadas pelos alunos, uma vez que isso permite a construção de conhecimento didáctico e dota o professor de ferramentas que o tornam mais efetivo no seu papel de orientador e facilitador das aprendizagens (Matoso, 2011, p. 25).

Constatou-se que 93,3% dos alunos participantes do projeto sabiam o que era um mangá; 97,8% gostavam de aprender por meio de recursos didáticos alternativos; e que 75,6% dos alunos já haviam tido experiência com a produção de histórias em quadrinhos. Esses dados ajudaram a definir expectativas para a elaboração desse material, garantir a participação efetiva dos alunos e assegurar aos estudantes que não conheciam esse recurso didático, a oportunidade de aprenderem sobre ele.

Embora tenha sido constatado que os estudantes tinham afinidade com desenhos, ficou acordado que o grupo contribuiria para a construção de um único mangá e que este seria ilustrado pelo monitor. Tal decisão foi tomada coletivamente e foi respaldada pela adaptação ao ensino remoto, sobrecarga de atividades escolares, impossibilidade de se reunirem presencialmente para a execução de atividade e, principalmente, pela dificuldade de acesso à internet por parte de alguns estudantes que tiveram que priorizar menos encontros síncronos.

Embora tenha sido constatado que os estudantes tinham afinidade com desenhos, ficou acordado que o grupo contribuiria para a construção de um único mangá e que este seria ilustrado pelo monitor.

Durante a apresentação do primeiro episódio (Figura 1), os alunos conheceram os personagens e o ambiente onde a história seria desenvolvida. Este episódio foi dedicado à ambientação dos alunos e à introdução da história.

Os alunos foram agentes ativos durante a leitura do episódio, respondendo as perguntas inseridas durante a apresentação do mangá (Figura 2) e solucionando parte do grande problema, que era constituído das irregularidades presentes na usina, relacionadas à biossegurança, ao risco químico ambiental e à contaminação do meio ambiente. Também foram tomadas decisões quanto ao rumo dos próximos episódios. Na Figura 3 é possível contemplar a capa do mangá, com os personagens principais.

Ao fim do primeiro episódio, os alunos tiveram que discutir a solução das problemáticas levantadas no mangá. Estas poderiam ser decisões para o andamento da história, para a resolução de um problema científico, como, por exemplo, neutralizar um determinado ácido ou qual tipo de reator nuclear seria usado na usina, oferecendo estratégias para minimizar riscos ambientais.

Figura 1: Episódio 1. Fonte: Elaborada pelo autor (2021).

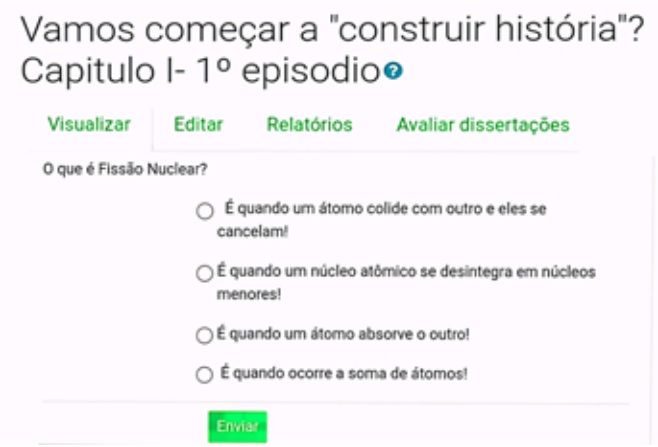


Figura 2: Questões disponibilizadas durante a apresentação do mangá. Fonte: Elaborada pelo autor (2021).

Em seguida, iniciou-se a construção do segundo capítulo (Figura 4), baseado na abordagem ambiental. Independentemente das ações dos alunos, o enredo trouxe problemáticas envolvendo conteúdos das três disciplinas: Química Geral, Química Ambiental e Biossegurança, que foram abordados de maneira integrada e foram prontamente resolvidas pelos alunos com soluções experimentais e teóricas.

No terceiro encontro, foram discutidas as estratégias experimentais desenvolvidas no capítulo anterior e, concomitantemente, o terceiro capítulo foi iniciado, abordando temas transversais, como ética profissional (respeito mútuo, justiça, diálogo, solidariedade) de acordo com os PCNs (Parâmetros Curriculares Nacionais).

As soluções experimentais foram definidas em conjunto com os alunos das duas turmas, tendo sido reservado um tempo para discussão e debate. Os alunos conferiam a decisão final quando o episódio começava.

Ao ler o episódio construído na semana anterior, os alunos observavam a resolução da problemática enfrentada no 1º episódio e, a partir da possibilidade de fazerem parte, comentavam os acontecimentos e sentiam-se motivados para

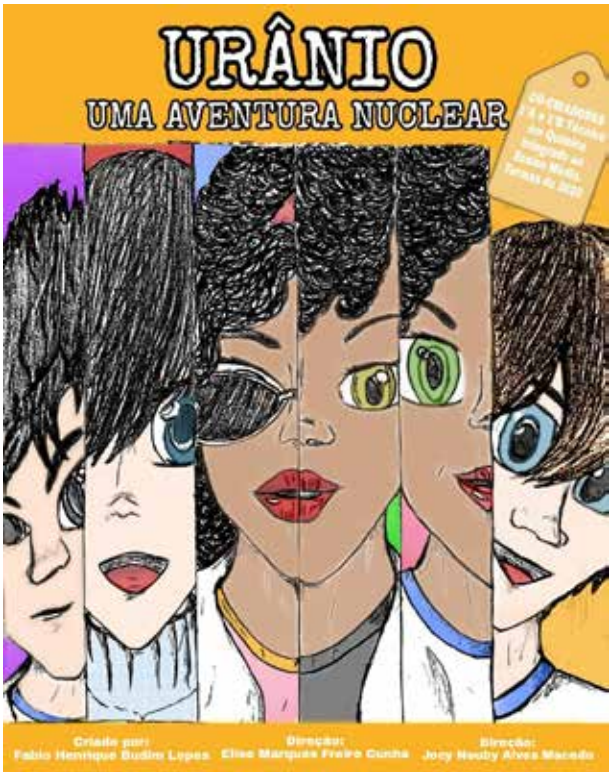


Figura 3 : Capa do mangá. Fonte: Elaborada pelo autor (2021).

iniciar. No início de cada encontro síncrono, a escolha da maioria era exposta e discutida em termos teóricos e experimentais. Os comentários iniciais contribuíram positivamente para incentivar a participação dos alunos.

No último encontro, os alunos responderam o questionário final. Foi solicitado que eles discorressem sobre dois tópicos: a) se gostariam de mudar algo na história e, diante de uma afirmativa, quais seriam as mudanças; b) que analisassem o que aprenderam com a elaboração do mangá.

Analisando as respostas, observamos que a história agradou aos alunos e que conseguiram assimilar os conteúdos trabalhados. Dos 49 alunos que responderam, 28 afirmaram que não mudariam nada no mangá, pois, além de terem sido trabalhados os conteúdos, ele ainda havia sido construído abordando questões bem atuais, relacionadas ao gênero e à inclusão. Tais apontamentos podem ser facilmente identificados abaixo:

> A.33 *"Eu gostei muito do mangá, acredito que eu não mudaria nada."*

> A.41 *"Não mudaria nada. Foi um grande prazer participar, um mangá que, além de ensinar vários aspectos químicos, colocou a questão do feminismo*

Figura 4 : Capítulo 2. Fonte: Elaborada pelo autor (2021).

em pauta, mulheres de cabelos crespos e o cadeirante também fez um ato heroico, gostei muito."

Dentre os 18 estudantes que indicaram possíveis mudanças, dois sugeriram que o mangá fosse colorido, quatro disseram ser necessário mais tempo para elaboração do mangá, dois relataram que gostariam que animais tivessem sido incluídos na história, dez estudantes sugeriram mudanças no final da história e, por fim, três estudantes ficaram indecisos quanto à opinião sobre mudanças.

Em relação às aprendizagens adquiridas durante a elaboração do mangá foi possível identificar cinco categorias de respostas: a) Importância e Funcionamento das usinas nucleares; b) Mapa de risco e segurança no local de trabalho; c) Fissão nuclear, biorremediação e outras reações**;** d) Informações sobre disciplinas e conteúdos; e) Não conseguiu assimilar o conteúdo. As respostas demonstraram que os conteúdos foram compreendidos e que a elaboração do mangá contribuiu para essa compreensão.

Dentre os 18 estudantes que indicaram possíveis mudanças, dois sugeriram que o mangá fosse colorido, quatro disseram ser necessário mais tempo para elaboração do mangá, dois relataram que gostariam que animais tivessem sido incluídos na história, dez estudantes sugeriram mudanças no final da história e, por fim, três estudantes ficaram indecisos quanto à opinião sobre mudanças.

Os alunos foram apresentados a um enredo inicial, ambientalizado em uma usina nuclear, que corresponde a um local pouco conhecido. Foi possível perceber que as atividades desenvolvidas trouxeram uma nova perspectiva sobre as usinas nucleares, desmistificando preconceitos sobre esse segmento industrial e, além disso, trouxe entendimento sobre o processo de fissão nuclear, biorremediação e a importância dos protocolos de segurança do trabalho, bem como a necessidade destes.

Outro conhecimento explorado foi a respeito das situações em laboratório, ou seja, os perigos existentes na manipulação equivocada de um ácido, por exemplo, o que poderia causar um acidente grave.

As respostas demonstram que os alunos puderam sair do senso comum e aprofundar os conhecimentos ao longo do projeto, como sugerem as respostas abaixo identificadas:

A.18 *"Eu tinha um conhecimento extremamente limitado sobre energia nuclear. Sabia que ela existia e achava que era prejudicial, que se chegasse perto de uma usina já teria um câncer ou qualquer outra doença, mas vi que não é bem assim, não sabia que ela era ativa por fissão nuclear, nem que existiam algas e plantas que faziam biorremediação de partículas nucleares."*

A.09 *"Eu não sabia quase nada sobre energia nuclear. Amei muito conhecer como funciona, suas vantagens... Uma pena que é um pouco perigosa em casos de acidentes, que podem causar muitos danos em suas proximidades, devido à radioatividade."*

A.17 *"Bom, eu não sabia várias coisas, como algumas das placas e cores de segurança e as coisas físico-químicas em geral."*

A.04 *"Aprendi muito mais sobre os sistemas das usinas nucleares, conceitos de segurança e como montar um mapa de risco. Enfim, a atividade foi muito proveitosa em minha opinião."*

A.16 *"Não sabia que existiam fungos que se alimentavam de radiação. Doidera!"*

Manter a motivação e a atenção dos alunos enquanto se ensina Química tem sido um desafio para muitos educadores, especialmente durante esse período de ensino remoto.

Abordar o lúdico, utilizando um mangá, desenvolvendo um enredo de forma criativa, utilizando uma linguagem técnica e, ao mesmo tempo, apresentando situações do cotidiano, possibilitou que fossem exploradas informações desconhecidas e estimulou o interesse dos alunos para buscarem novas informações, desenvolvendo neles novas potencialidades. A este respeito, Messeder e Moradilho (2017, p. 05) afirmam que:

Assim, a educação escolar tem um papel importante no desenvolvimento das máximas potencialidades dos indivíduos e em seu modo de conhecer a realidade. Entendemos, portanto, que uma escola que pretende concorrer para o desenvolvimento do psiquismo deve ensinar conceitos científicos, para que eles ajudem a transformar o modo como o indivíduo pensa, sente e atua no mundo.

Para promover maior participação dos alunos no projeto, no meio da história, os alunos puderam criar um novo personagem, que poderia mudar totalmente o desfecho do enredo. Os alunos apresentaram diversas sugestões, das quais uma se destacou, dando vida ao personagem Sr. Homer (Figura 5), que era um operário da Usina.

A sua escolha se deu por ele ser um homem que se tornou cadeirante após sofrer um grave acidente. A entrada desse personagem na história permitiu trabalhar os conceitos do Desenho Universal, da necessidade das diferentes acessibilidades na sociedade, tal como propõe a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência), e da necessidade urgente da superação capacitista que paira sobre as pessoas com deficiência.

Ao trabalhar tais conceitos, o mangá propiciou aos estudantes do ensino médio discussões sobre a inclusão, que, em geral, são suscitadas apenas nas graduações, e enfatizou a necessidade de denunciar a "invisibilidade" das pessoas com

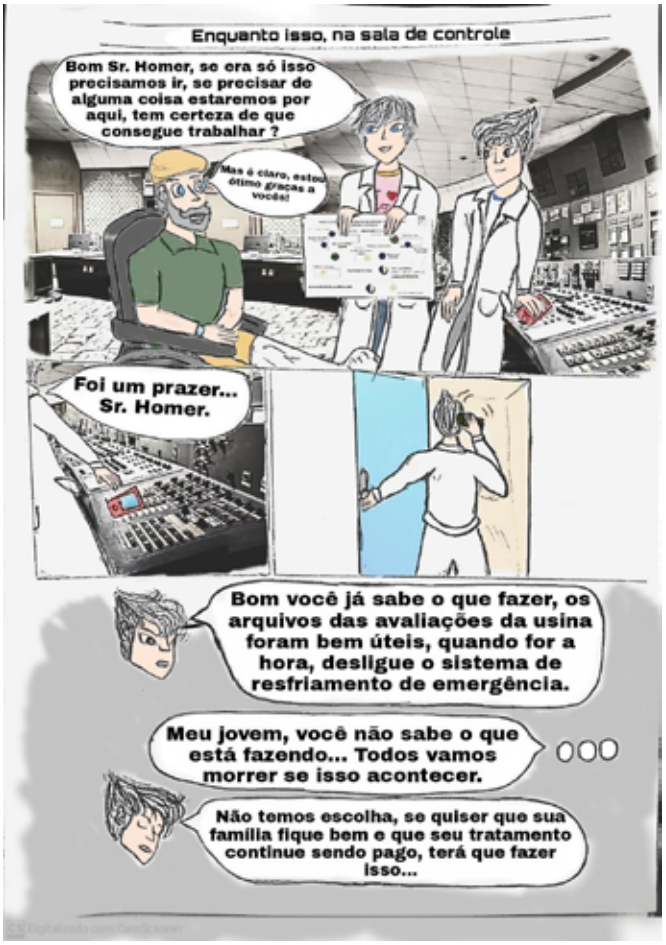


Figura 5: Aparição do personagem criado pelos alunos, Sr. Homer. Fonte: Elaborada pelo autor (2021)

deficiência no mercado de trabalho, o capacitismo e a falta de políticas públicas eficientes para garantir a formação desses indivíduos, além da possibilidade de atuarem em trabalhos formais.

Também foi possível perceber que, além da inclusão das pessoas com deficiência, o grupo optou por trazer protagonistas que divergem dos padrões estabelecidos pela sociedade. Logo após o primeiro contato com a turma, foi decidido que as protagonistas seriam mulheres, negras e cientistas.

Após o encerramento das atividades e já com o mangá elaborado, foram analisadas as opiniões dos estudantes sobre o uso do mangá no ensino de Química.

Ao serem questionados se haviam gostado da história do mangá, observou-se a satisfação de 95,9% dos estudantes participantes do projeto, possibilitando essa nova experiência aos alunos que não conheciam esse tipo de texto. É notório que, quando é feita a diversificação dos gêneros literários para os alunos, eles se envolvem mais no processo de aprendizagem. Vergueiro (2009, p.22) afirma que:

> *Cada gênero, mesmo o mais comum (como o de super-heróis, por exemplo) ou cada história em quadrinhos oferece um variado leque de informações passíveis de serem discutidas em sala de aula, dependendo apenas do interesse do professor e dos alunos. Elas podem ser utilizadas tanto como reforço a pontos específicos do programa como para propiciar exemplos de aplicação dos conceitos teóricos desenvolvidos em aula. Histórias de Ficção Científica, por exemplo, possibilitam as mais variadas informações no campo da física, tecnologia, engenharia, arquitetura, química, etc., que são muito mais facilmente assimiláveis quando na linguagem das histórias em quadrinhos. Mais ainda, essas informações são absorvidas na própria linguagem dos estudantes, muitas vezes dispensando demoradas e tediosas explicações por parte dos professores.*

Outro ponto favorável foi verificado ao se questionar os alunos se eles se sentiam inspirados a desenhar ou realizar projetos que envolviam mangás: 59,2% disseram que sim, ao passo que 40,8% disseram que não. Ao analisar essas respostas, deve-se considerar os números identificados como um avanço, pois neste ponto é necessário ponderar que no questionário inicial 71% dos entrevistados disseram não possuir habilidades com desenhos. Percebe-se que os estudantes buscaram compreender mais sobre o assunto e que mais da metade dos participantes do estudo se sentiram inspirados a desenhar e a desenvolver seu lado artístico futuramente.

O questionário revelou que 93,9 % dos discentes que se sentiram satisfeitos com a produção do mangá, bem como 98% afirmaram que gostaram de aprender por meio de recursos didáticos alternativos (dinâmicas, jogos, gibis). Esses dados mostram a importância de promover a interação com os alunos, envolvendo-os em projetos e estimulando sua criatividade. Com isso, foi possível observar a satisfação dos estudantes ao elaborarem um material juntamente com o professor, aprendendo Química, inclusão, segurança no trabalho, ética profissional, entre outros, de maneira integrada, prazerosa e lúdica, permitindo uma formação mais integral do indivíduo para a vida.

> Foi possível desenvolver o senso crítico e social dos participantes, enquanto estes lidavam com situações de conflito entre os personagens e discutiam sobre as diferentes possibilidades para o enredo, encontrando soluções para as situações-problema apresentadas.

Trabalhar a interdisciplinaridade, abordando a ludicidade dentro de uma história em quadrinhos, mantendo o foco na abordagem dos conteúdos programáticos propostos, possibilitando que o aluno seja agente ativo dentro do processo de aprendizagem é um enorme desafio.

As atividades que previam integrar os estudantes, fazê-los trabalhar em equipe, inserindo-os em ambientes interativos em que eles pudessem desenvolver sua criatividade, discutir questões éticas e trabalhar a resolução de conflitos foi amplamente explorada durante todo o processo de elaboração do mangá.

Foi possível desenvolver o senso crítico e social dos participantes, enquanto estes lidavam com situações de conflito entre os personagens e discutiam sobre as diferentes possibilidades para o enredo, encontrando soluções para as situações-problema apresentadas.

O senso crítico assim como o social foram aprimorados ao longo do projeto e vivenciados a cada decisão que os alunos eram encarregados de tomar, pois eles estavam envolvidos em dilemas éticos e sociais que ocorrem no mundo real, logo, o desenvolvimento de habilidades sociais, como negociações e diálogos, foram imprescindíveis para o sucesso da atividade.

Para Messeder e Moradillo (2017, p.04), não só as funções ditas cognitivas são desenvolvidas socialmente, uma vez que, de acordo com a psicologia histórico-cultural, os sentimentos e as emoções também são aprendidos e desenvolvidos socialmente. Aprendemos a amar ou a ser egoístas no relacionamento com o outro.

> *Isso significa que partimos do pressuposto de que a educação deve-se preocupar com o sentimento do educando, levando a sua vida os mais desenvolvidos sentimentos e valores morais, mostrando, por meio da arte, da poesia, da música ou da história, as dores e conquistas do passado da humanidade, valorizando emocionalmente as conquistas relativas aos saberes escolares, discutindo e não naturalizando o que as pessoas sentem* (Messeder e Moradillo, 2017, p.05).

Por fim, cabe destacar que o uso de recursos didáticos lúdicos, que proporcionem a produção de material educacional, sejam eles jogos, mangás, maquetes, entre outros, são estratégias para facilitar a aprendizagem e a motivação dos alunos.

Acredita-se que o desenvolvimento do aprendizado teórico, prático e emocional poderia ser explorado de uma maneira mais ampla, conforme os alunos fossem amadurecendo e conhecendo novos conteúdos e métodos durante sua formação. Tal necessidade se faz real, uma vez que 89,9 % dos discentes responderam que o mangá foi uma ferramenta eficiente para aprender Química.

Essa constatação mostra, ainda, a relevância de ações que promovam o uso de recursos alternativos como ferramentas para promover a aprendizagem de Química em salas de aula, assim como em ambiente virtual. Esse recurso ajuda na compreensão dos conteúdos, tornando a aprendizagem mais prazerosa e divertida para os alunos.

Considerações Finais

Todas as atividades realizadas proporcionaram o aprendizado, por meio da utilização de recursos não convencionais para ensinar Química como forma de amenizar os impactos causados no ensino em meio à pandemia do novo coronavírus, sendo essa uma experiência importante para a formação profissional, tanto dos educadores, quanto dos alunos envolvidos.

A produção de um mangá para ensinar Química em um ambiente virtual de aprendizagem se mostrou um excelente recurso didático. Interativo, envolveu os alunos e estreitou a relação dos discentes com o AVA, entre os colegas e com os conteúdos da disciplina, contribuindo de forma efetiva para a aprendizagem e estimulando a interdisciplinaridade.

A atividade proposta não só proporcionou um melhor entendimento crítico sobre os conteúdos de Química, como também possibilitou uma reflexão sobre ética, inclusão e segurança no ambiente de trabalho.

Vale ressaltar todo o esforço e empenho dos alunos que, mesmo sendo de turmas diferentes, trabalharam em grupo, juntamente com os professores e o aluno monitor. Além disso, destaca-se também a relevância e a funcionalidade do mangá construído como um recurso didático alternativo, que promoveu a inserção desses estudantes em ambientes como uma usina nuclear, lugar cuja existência e funcionamento eram desconhecidos pela grande maioria. Concomitantemente, permitiu o desenvolvimento do senso crítico e do senso ético/social dos discentes com as situações sociais e trabalhistas abordadas no mangá.

Diante do exposto, ressalta-se que a produção do mangá propiciou a interdisciplinaridade, favorecendo o processo de ensino e aprendizagem em Química, bem como mostrou a importância da abordagem de temas como inclusão e ética, tanto em sociedade, quanto no trabalho, e desenvolvendo habilidades que os alunos precisam demonstrar no cotidiano.

Além disso, mediante uma realidade de enfrentamento a uma pandemia, em que o aprendizado tradicional de salas de aula repentinamente foi transformado em sala de aula virtual, o uso do mangá foi um recurso didático muito eficiente para essa nova modalidade de ensino.

Fabio Henrique Budim Lopes (fabiobudim@gmail.com), técnico e licenciado em Química formado no Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Rondônia- IFRO. Ji-Paraná, RO - BR. **Alice Cristina Souza Lacerda Melo de Souza** (alice.cristina@ifro.edu.br), mestra em Educação, atua no Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Rondônia-IFRO. Ji-Paraná, RO - BR. **Elise Marques Freire Cunha** (elise.marques@ifro.edu.br), mestra e doutora em Química, atua no Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Rondônia-IFRO. Ji-Paraná, RO – BR. **Joci Neuby Alves Macedo** (joci.macedo@ifro.edu.br), doutora em Ciências com ênfase em física biomolecular, atua no Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Rondônia-IFRO . Ji-Paraná, RO – BR.

Referências

BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, 2018.

BRASIL. Congresso Nacional. Lei nº 13.146 de 06 de julho de 2015. Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência). Brasília, DF: Casa Civil, 2015a. Disponível em: www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/l13146.htm, acesso em out. 2021.

DENCKER, A. F. M. *Pesquisa e interdisciplinaridade no ensino superior: uma experiência no curso de turismo*. São Paulo: Aleph, 2002.

GARY, C. B. Connecting through comics: expanding opportunities for teaching and learning. *US-China Education Review B 4*, p. 389-395, 2012.

HAY DT, R. C. C. *Curso de didática geral*. 1.ed. São Paulo: Ática, 2011.

World Health Organization. Advice For The Public: Coronavirus Disease (COVID-19). Disponível em: https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/advice-for-public, acesso em nov. 2021.

World Health Organization. When And How To Use Masks. Disponível em: https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/advice-for-public/when-and-how-to-use-masks, acesso em nov. 2021.

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Rondônia. Normativa conjunta nº3/2020. Atividades de estágio no período de pandemia do novo coronavírus. Rondônia. 01 de Julho de 2020. Disponível em: https://portal.ifro.edu.br/component/content/article?id=10078, acesso em jul. 2021.

MATOSO. M. M. *Aprender química através de tarefas de investigação.* Um estudo com alunos do 8º ano de escolaridade. Ciclo de Estudos Conducente ao Grau de Mestre em Educação. Área de especialização em Didáctica das Ciências. Instituto de Educação da Universidade de Lisboa. p.25, 2011.

MESSEDER, H. S. e MORADILLO, E. F. O jogo no ensino de química e a mobilização da atenção e da emoção na apropriação do conteúdo científico: aportes da psicologia histórico- cultural. *Ciência & Educação [*online], v. 23, n. 2. 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1590/1516-731320170020015, acesso em nov. 2021. Rondônia, DECRETO Nº 24.887 de 20 de março de 2020. Porto Velho-RO.

VERGUEIRO, Waldomiro (org.). *Como usar as histórias em quadrinhos na sala de aula*. 3ª edição, São Paulo, Contexto, 2009.

Abstract: *The use of mangas as a didatic resource for teaching chemistry.* Teaching Chemistry is a great challenge for every educator, especially in the face of a pandemic scenario where the need for alternative teaching resources for the remote teaching modality has become essential. This report is the result of an interdisciplinary teaching project based on the creation of a mangá as a teaching resource with a focus on meaningful learning in General Chemistry, Environmental Chemistry and Biosafety. The activity was developed with students from the 1st year of the Technical Course in Chemistry at the Federal Institute of Rondônia, Campus Ji-Paraná, promoting interdisciplinarity, where students were involved in the production process while dealing with issues involving topics such as energy, environment, biosafety, radiation, ethics and inclusion in the work environment.
Keywords: experience report, Chemistry manga, alternative didactic resources.

 http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160293

Ensino de eletroquímica no ensino médio por meio de uma atividade experimental com abordagem de equilíbrios simultâneos de oxidorredução e de complexação

Nathália J. Silveira, Jaqueline F. Sousa, Júnia F. Teixeira, Luís Antônio da Silva e Valéria A. Alves

Visando-se contribuir com o ensino de eletroquímica e de equilíbrio químico na educação básica, o presente trabalho propõe a montagem e a utilização de um *kit* experimental facilmente reprodutível, confeccionado com materiais de fácil acesso, baixo custo e que pode ser utilizado como ferramenta didática para incrementar o processo de ensino e aprendizagem. A inspiração para confecção do *kit* experimental se deu a partir de uma questão do vestibular de 2019 do Instituto Militar de Engenharia (IME), que envolve conceitos de eletroquímica e de equilíbrio químico. A utilização do *kit* culminou na determinação da constante de formação, K_f, do íon complexo $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$, cujo valor foi concordante com os valores da literatura e da questão do IME. Este trabalho proporciona, por meio da experimentação, a possibilidade do professor explorar vários conceitos, como reação de oxidorredução, reação de complexação, célula galvânica, equação de Nernst, constante de equilíbrio, entre outros.

▶ eletroquímica, constante de equilíbrio, experimentação ◀

Recebido em 06/11/2021, aceito em 23/01/2022

É notória a dificuldade apresentada pelos alunos do ensino médio no tocante à aprendizagem de eletroquímica, dado que isso envolve um raciocínio complexo e elaborado por parte dos estudantes, além de uma visão macroscópica (Barreto *et al*., 2017).

Alguns assuntos de eletroquímica relacionados às dificuldades, equívocos ou concepções alternativas apresentadas pelos estudantes são: oxidação e redução, ânodo e cátodo, corrente elétrica, ponte salina, diferença de potencial, funcionamento das pilhas eletroquímicas e potencial padrão de eletrodo (Sanders *et al*., 2018; Venturi *et al*., 2021).

Décadas se passaram e, infelizmente, praticamente as mesmas dificuldades, equívocos ou concepções alternativas observadas nas relações de ensino e aprendizagem em eletroquímica ainda persistem (Bradley e Ogude, 1996; Sanger e Greenbowe, 1999; Özkaya, 2002; Cullen e Pentecost, 2011).

Nesse contexto, e considerando a importância da eletroquímica para o desenvolvimento científico e tecnológico, é relevante buscar métodos alternativos para facilitar o seu ensino e a sua compreensão, relacionando os fenômenos químicos com o cotidiano dos estudantes (Santos *et al*., 2018).

Para o entendimento dos sistemas químicos pelos estudantes é importante que eles façam conexões entre três níveis representacionais: macroscópico, microscópico e simbólico. As atividades experimentais permitem que os estudantes observem reações químicas no nível macroscópico; a simulação por computador ou animações se enquadram no nível microscópico, enquanto gráficos, equações químicas e matemáticas, e símbolos químicos são exemplos de representações simbólicas (Greenbowe, 1994; Arini *et al*., 2021).

Para o entendimento dos sistemas químicos pelos estudantes é importante que eles façam conexões entre três níveis representacionais: macroscópico, microscópico e simbólico.

Dessa forma, a proposição de modelos feitos com material concreto (Cullen e Pentecost, 2011), o uso de simulação por computador (Greenbowe, 1994; Sanger e Greenbowe, 1997; Rogers *et al*., 2000; Santos-Júnior *et al*., 2016), ou mesmo o uso de *kits* experimentais (Santos-Júnior *et al*., 2016; Diniz *et al*., 2020; Diniz *et al*., 2020; Silveira *et al*., 2021; Silveira; Alves e Silva, 2021; Arini *et al*., 2021) visam contribuir para um ensino de eletroquímica mais eficiente.

Este é um artigo de acesso aberto distribuído sob os termos da Licença de Atribuição Creative Commons

A experimentação proporciona a relação indissociável entre teoria e prática (Reginaldo *et al.*, 2012).

No entanto, a ocorrência de atividades experimentais nas aulas de ciências e de química no ensino médio ainda não atingem níveis desejáveis (Lisbôa, 2015) por diversas razões, como a falta de recursos materiais para os professores na escola ou mesmo o seu despreparo para trabalhar com essas atividades (Santos-Júnior *et al.*, 2016).

Assim, o presente trabalho propõe a montagem e a utilização de um *kit* experimental a partir da Questão 6 do vestibular de 2019 do Instituto Militar de Engenharia (IME), descrita na Figura 1, que envolve vários conceitos de eletroquímica e de equilíbrio químico.

O *kit* experimental apresentado neste trabalho pode ser facilmente montado e utilizado, mesmo em escolas que não possuem laboratório, promovendo o incentivo a esse tipo de atividade.

O *kit* experimental apresentado neste trabalho pode ser facilmente montado e utilizado, mesmo em escolas que não possuem laboratório, promovendo o incentivo a esse tipo de atividade.

Além disso, a atividade experimental proposta pode contribuir para a superação de concepções alternativas e equivocadas apresentadas pelos estudantes do ensino médio sobre vários conceitos de eletroquímica, os quais ingressam no ensino superior com pouca ou nenhuma base conceitual de eletroquímica (Venturi *et al.*, 2021).

O professor, por sua vez, pode explorar vários conceitos, como reação de oxirredução, reação de complexação, célula galvânica, equação de Nernst, constante de equilíbrio, entre outros.

O Princípio de Le Chatelier e o equilíbrio eletroquímico

Essa seção propicia a abordagem do equilíbrio eletroquímico a partir da extensão do Princípio de Le Chatelier, mostrando que também pode ser aplicado aos equilíbrios eletroquímicos.

Essa abordagem, apesar de ser tratada num artigo não muito recente do *Journal of Chemical Education* para um outro sistema eletroquímico (Runo e Peters, 1993), não tem sido explorada nos livros texto ou em artigos da área de eletroquímica. Dessa forma, trata-se de uma contribuição do presente artigo para uma melhor compreensão do equilíbrio eletroquímico.

A questão do IME também envolve o equilíbrio de complexação e a determinação da constante de estabilidade do complexo tetra(amin)cobre (II), $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$, o que somente é possível devido à montagem da célula eletroquímica e das medidas realizadas de potencial da célula, por isso o equilíbrio eletroquímico é o principal foco do presente trabalho.

Importante mencionar que, na atividade experimental proposta, a célula galvânica se encontrará em condição de equilíbrio eletroquímico, pois o multímetro impõe uma resistência à passagem de corrente elétrica, de modo que $I \approx 0$, ou seja, o equilíbrio eletroquímico é estabelecido (Özkaya, 2002).

Vale ressaltar que o estado de equilíbrio químico só será estabelecido quando o fluxo de elétrons for permitido e o potencial da célula atingir 0 V (Özkaya, 2002; Skoog *et al.*, 2015). O estado de equilíbrio químico é uma situação particular do equilíbrio eletroquímico (Özkaya, 2002).

Dessa forma, a diferença de potencial medida usando o multímetro corresponde ao potencial da célula sob condições de equilíbrio eletroquímico.

Pode-se usar uma escada de potencial para determinar qual semi-célula corresponde ao ânodo e qual semi-célula corresponde ao cátodo. Observa-se as duas semi-reações em uma escada de potencial, Figura 2(a), da seguinte maneira: para uma célula galvânica, o degrau inferior (semi-reação) é sempre o ânodo, e o degrau superior (semi-reação) é sempre o cátodo (Runo e Peters, 1993).

Além de identificar os eletrodos, pode-se calcular o potencial da célula por meio da diferença entre os valores de potencial das semi-reações (degraus) da escada: 0,34 - (- 0,76) = 1,10 V. Este valor corresponde ao valor do potencial padrão da reação global da célula

6ª QUESTÃO	**Valor: 1,0**

Sabe-se que o íon cobre (II) tem tendência a reagir quase que totalmente com a amônia, em meio aquoso, formando o íon $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$. A constante de equilíbrio dessa reação, denominada ***constante de formação*** (K_f), permite avaliar a estabilidade desse íon na solução.

Considere uma célula voltaica, a 25 °C, em que uma semicélula é constituída por uma haste de cobre mergulhada em 50,0 mL de solução aquosa 0,20 mol/L de $CuSO_4$ e a outra por uma haste de ferro mergulhada em 50,0 mL de solução aquosa 0,25 mol/L de $FeSO_4$. Adicionando-se 50,0 mL de solução aquosa 2,80 mol/L de NH_3 ao compartimento que contém $CuSO_4$, obtém-se uma ***fem*** de 0,387 V na célula. Determine a constante de formação do $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$

Figura 1: Questão do vestibular do IME, ano 2019, que inspirou a montagem do *kit* experimental para determinação da K_f de uma reação química de complexação. A resolução dessa questão pode ser encontrada em http://poliedroresolve.sistemapoliedro.com.br/#/resolucao/IME/2019/526. Fonte: http://www.ime.eb.mil.br/images/arquivos/admissao/cfg/provas-anteriores/2018-2019/CFG_Discursiva_de_Quimica_2018_2019.pdf

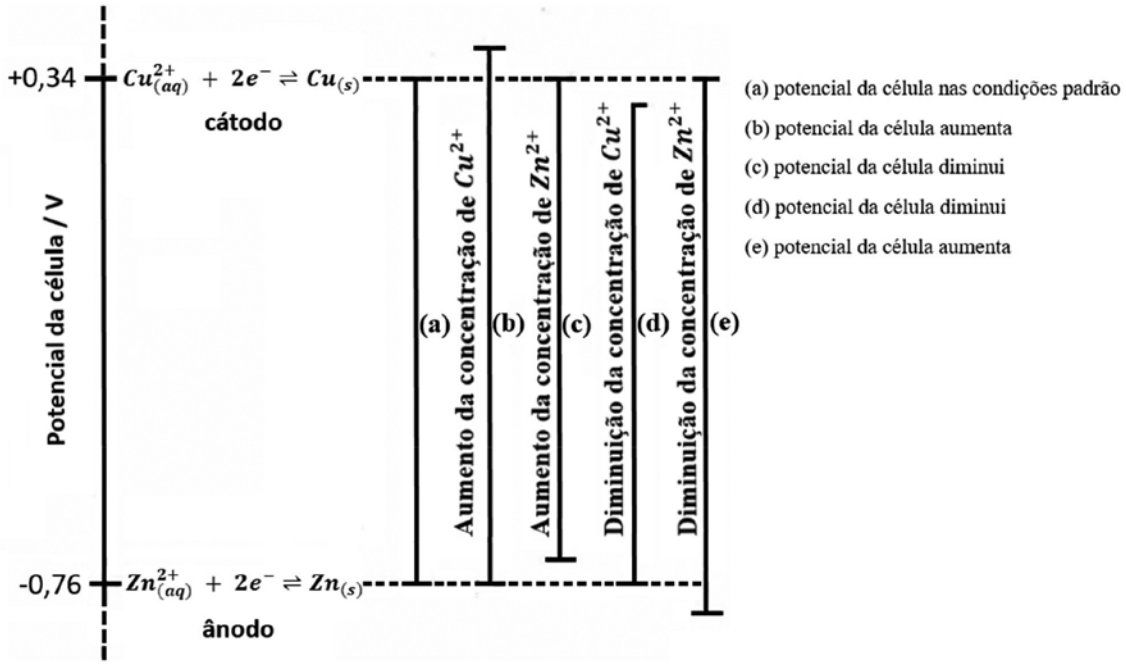


Figura 2: Diagrama de escada mostrando as posições relativas do potencial do ânodo e do cátodo de uma célula galvânica. Adaptado de Runo e Peters, 1993.

$$Cu^{2+}_{(aq)} + Zn_{(s)} \rightleftharpoons Cu_{(s)} + Zn^{2+}_{(aq)}.$$

Pode-se usar uma escada de potencial para prever como mudanças na concentração de uma ou mais espécies em uma célula galvânica afetarão o seu potencial. Sempre que a concentração de um reagente em uma semi-reação aumenta, a força motriz da semi-reação no sentido direto aumenta. Isso torna o potencial maior e, portanto, aumenta a posição da semi-reação (degrau) na escada (Runo e Peters, 1993).

Se a semi-reação envolvida for o degrau superior (cátodo), a distância entre as duas semi-reações (degraus) na escada torna-se maior, aumentando assim o potencial da célula. Se a semi-reação inferior (ânodo) for a envolvida, a distância entre as duas semi-reações (degraus) diminui, ou seja, o potencial da célula diminui (Runo e Peters, 1993).

O mesmo tipo de análise pode ser feita considerando a diminuição da concentração de um reagente ou o aumento da concentração de um produto, numa dada semi-reação, anódica ou catódica.

A partir do diagrama de escada (Figura 2), mostrando as posições relativas do potencial do ânodo e do cátodo de uma célula galvânica, é possível verificar que o potencial da célula é 1,10 V quando todas as espécies estão presentes em concentrações de 1 mol L^{-1}, Figura 2(a); maior que 1,10 V se a $[Cu^{2+}]$ aumentar, Figura 2(b); menor que 1,10 V se a $[Zn^{2+}]$ aumentar, Figura 2(c); menor que 1,10 V se a $[Cu^{2+}]$ diminuir, Figura 2(d); e maior que 1,10 V se a $[Zn^{2+}]$ diminuir, Figura 2(e).

Os diferentes segmentos de linha mostram as tendências qualitativas. Esta abordagem é uma extensão do Princípio de Le Chatelier para células galvânicas em equilíbrio eletroquímico e permite contornar a tarefa de usar a equação de Nernst para descobrir como o potencial da célula varia para diferentes concentrações de reagentes e produtos (Runo e Peters, 1993).

O objetivo do presente trabalho é a montagem de um *kit* experimental de baixo custo para uso como ferramenta didática no ensino de eletroquímica e equilíbrio químico, na educação básica.

O objetivo do presente trabalho é a montagem de um kit experimental de baixo custo para uso como ferramenta didática no ensino de eletroquímica e equilíbrio químico, na educação básica.

Procedimento

Materiais e equipamentos necessários para montagem do kit experimental

Com o objetivo de proporcionar um maior envolvimento dos estudantes na montagem do *kit* experimental e pensando no reaproveitamento de materiais do seu cotidiano, propõe-se a montagem do *kit* experimental a partir dos materiais e reagentes alternativos apresentados no Quadro 1.

A Figura 3 mostra a fotografia da configuração final do aparato utilizado nesse trabalho para a montagem do *kit* experimental, a partir dos itens listados no Quadro 1.

Preparo das soluções do kit experimental

A solução de $CuSO_4.5H_2O$ 0,020 mol L^{-1} foi preparada pesando-se 0,499 g desse sal em um béquer de 100 mL. O sal foi então dissolvido com um pouco de água destilada no próprio béquer, com auxílio de um bastão de vidro. Após isso, transferiu-se essa solução para um balão volumétrico

Quadro 1: Lista de materiais e equipamentos necessários para montagem do *kit* experimental.

Materiais de laboratório	Materiais alternativos (de fácil acesso e baixo custo)	Informações adicionais
Agar-agar na presença de cloreto de potássio	Soro fisiológico encontrado em farmácia, ou soro caseiro	A ponte salina alternativa foi preparada a partir de uma tira de coador de café, embebida com soro fisiológico
1 tubo de vidro em forma de U	1 tira de papel de coador de café	
1 placa de cobre	Retalho de cobre de fiação elétrica	Antes do uso, polir os metais com palha de aço, lavar com água destilada e secar com papel higiênico
1 placa de zinco	Zinco metálico extraído de pilha exaurida	
Solução aquosa de amônia P.A., 2,80 mol L^{-1}	1 frasco de amônia, NH_3, 5,8% (= 3,41 mol L^{-1})	Encontrado em supermercados
Sulfato de zinco monohidratado, $ZnSO_4.H_2O$ P.A. Massa molar: 179,45 g mol^{-1}	Sulfato de zinco monohidratado, $ZnSO_4.H_2O$. Massa molar: 179,45 g mol^{-1}	Encontrado em loja especializada em nutrição animal
Sulfato de cobre pentahidratado, $CuSO_4.5H_2O$ P.A. Massa molar: 249,68 g mol^{-1}	Sulfato de cobre pentahidratado, $CuSO_4.5H_2O$. Massa molar: 249,68 g mol^{-1}	
2 bastões de vidro	2 palitos longos de madeira	Encontrado em supermercados
1 funil de vidro	1 funil de plástico	
1 espátula	1 colher pequena, de café	
1 rolo de papel higiênico	--	
4 béqueres de 100 mL	4 frascos coletor universal de 80 mL	Encontrado em farmácias
3 pipetas de 10 mL e 1 pró-pipeta	3 seringas de 10 mL	
1 pisseta com água destilada	1 frasco com água bidestilada	
2 balões volumétricos de 100 mL	2 garrafas PET	As garrafas PET podem ser adaptadas e calibradas pelo método de pesagem de água destilada, dispensada a partir de uma bureta. O menisco é marcado na garrafa PET, no gargalo, para identificar o seu volume (Pacheco e Fantin, 2015)
1 pipeta de Pasteur	1 conta-gotas	Pode ser reaproveitado de remédio
1 balança semi-analítica	1 balança digital de cozinha	Encontrados na internet ou em lojas de materiais eletrônicos, a um preço acessível (R$ 25,00 cada um)
1 multímetro digital e 2 cabos com conexões	--	

de 100 mL, com auxílio de um funil de vidro, e completou-se o volume do balão volumétrico com água destilada.

A solução de $ZnSO_4.H_2O$ 0,025 mol L^{-1} foi preparada pesando-se 0,449 g desse sal em um béquer de 100 mL, e então foi realizado o mesmo procedimento descrito para o preparo da solução de sulfato de cobre.

O zinco metálico pode ser obtido a partir de pilhas exauridas, as quais os estudantes podem trazer de casa para obter o eletrodo de zinco. Ou, se houver tempo, o professor pode realizar essa etapa durante a aula. Importante ressaltar que essa modificação permite abordar os conceitos e dar os subsídios necessários para a resolução da questão do vestibular do IME.

Montagem do kit experimental para elucidar a questão do IME

Visando tornar a montagem experimental menos impactante ao meio ambiente e buscando também evitar acidentes, algumas alterações foram realizadas no *kit* experimental para ilustrar a questão do IME.

Substituiu-se uma das semi-células (reservatório do ânodo) por zinco metálico mergulhado em uma solução de sulfato de zinco 0,025 mol L^{-1}, ao invés de uma barra de ferro mergulhada numa solução de sulfato ferroso 0,25 mol L^{-1}.

A dissolução do sulfato ferroso requer a utilização de ácido concentrado, enquanto o sulfato de zinco é dissolvido somente na presença de água. A vantagem dessa substituição é a eliminação de uso de ácido concentrado.

O zinco metálico pode ser obtido a partir de pilhas exauridas, as quais os estudantes podem trazer de casa para obter o eletrodo de zinco. Ou, se houver tempo, o professor pode realizar essa etapa durante a aula. Importante ressaltar que essa modificação permite abordar os conceitos e dar

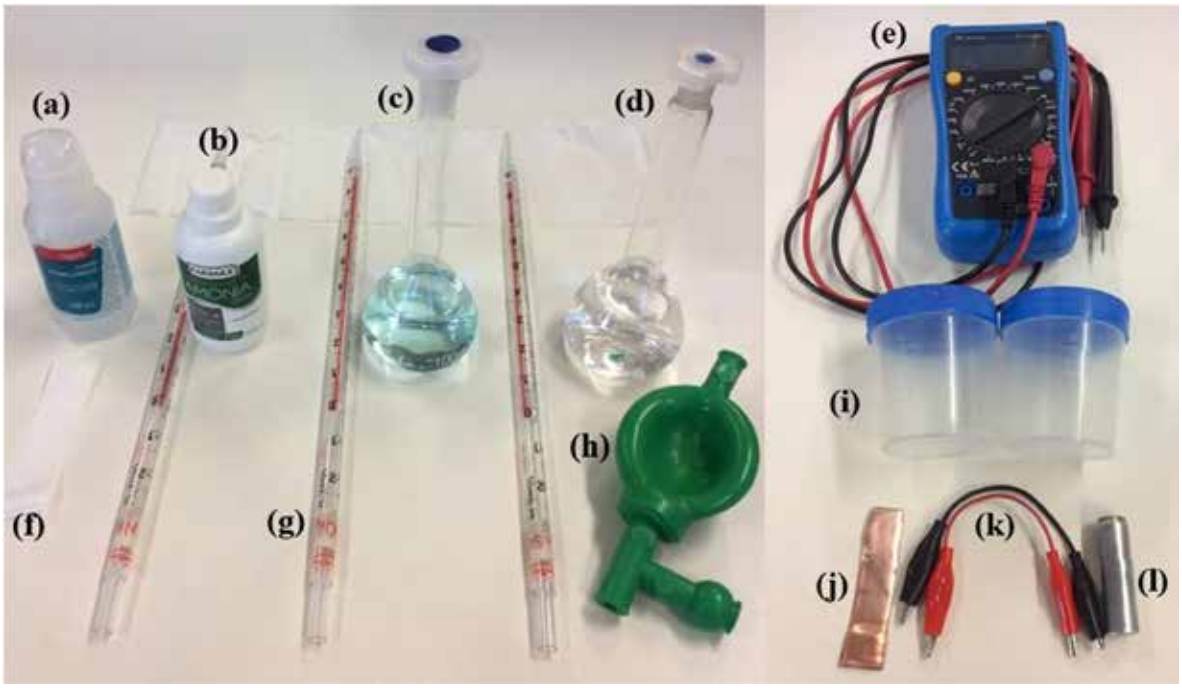


Figura 3: Itens utilizados para a montagem do *kit* experimental de eletroquímica. (a) soro fisiológico encontrado em farmácia; (b) amônia 5,8%; (c) solução de $CuSO_4.5H_2O$ 0,020 mol L^{-1}, preparada a partir do sal alternativo; (d) solução de $ZnSO_4.H_2O$ 0,025 mol L^{-1}, preparada a partir do sal alternativo; (e) multímetro digital; (f) tira de papel de coador de café; (g) pipetas de 10 mL; (h) pró-pipeta; (i) frascos coletor universal de 80 mL; (j) retalho de cobre de fiação elétrica; (k) cabos com conexões; (l) zinco metálico extraído de pilha exaurida.

os subsídios necessários para a resolução da questão do vestibular do IME.

Nessa atividade experimental, foram utilizados 10,00 mL de cada solução, ao invés de 50,00 mL, bem como soluções dos sais 10 vezes mais diluídas. Essas alterações do sistema têm o objetivo de reduzir a quantidade de rejeitos gerados, e assim contribuir com uma conscientização do estudante com relação à preocupação com o meio ambiente nas suas atitudes, seja dentro ou fora da escola. Importante mencionar que os valores de potencial medidos não são afetados pelo volume de solução utilizado.

A célula eletroquímica foi montada transferindo-se 10,00 mL de solução de $CuSO_4.5H_2O$ 0,020 mol L^{-1} e 10,00 mL de solução de $ZnSO_4.H_2O$ 0,025 mol L^{-1} para os frascos coletores da esquerda e da direita, respectivamente, medidos usando pipeta de 10 mL.

A placa de cobre e o zinco extraído de pilhas exauridas foram mergulhados nos compartimentos da esquerda e da direita, respectivamente. Foram conectados os dois reservatórios com uma tira de papel de coador de café, embebida com uma solução comercial de soro fisiológico.

As extremidades metálicas dos cabos do multímetro foram então conectadas a cada um dos polos da seguinte maneira: a extremidade metálica da ponta vermelha (polo positivo) no eletrodo de cobre e a extremidade metálica da ponta preta (polo negativo) no eletrodo de zinco. O multímetro foi ajustado na escala de 2000 mV, ligado e então realizou-se a medição do potencial da célula eletroquímica

Finalmente, adicionou-se 10,00 mL de solução de amônia comercial no reservatório da esquerda, medidos usando pipeta de 10 mL, e fez-se nova medição do potencial da célula eletroquímica.

As medidas de potencial foram realizadas utilizando-se um multímetro digital portátil (Minipa/ET-1100A). A temperatura do ambiente e das soluções durante a realização do experimento foi de 25 °C.

Para validar o experimento, as medidas de potencial da célula eletroquímica – antes e após a adição de solução de amônia comercial – foram realizadas para cinco diferentes *kits* experimentais. A partir do tratamento dos dados, foi possível obter os valores de desvio padrão (s) e de erro relativo (E_r).

Vale ressaltar que essa atividade experimental pode ser utilizada pelo professor no ensino de eletroquímica e de equilíbrio químico de acordo com a metodologia pedagógica de sua preferência, e considerando no seu planejamento o número de aulas disponíveis com a turma.

Descarte dos resíduos produzidos no experimento e recomendação de segurança

A maior parte dos materiais utilizados no *kit* experimental é oriunda de descarte. Caso se opte por realizar a obtenção do zinco metálico de pilhas descarregadas, os resíduos da pilha devem ser descartados num posto de coleta de pilhas descarregadas.

Recomenda-se o uso de luvas durante todo o tempo para evitar o contato desnecessário com as soluções de sulfato de cobre, de sulfato de zinco e de amônia comercial, bem como

para se proteger de cortes caso seja realizada a abertura da pilha para utilização do zinco.

A solução de sulfato de cobre pode causar irritação respiratória e é prejudicial à saúde, se ingerida (Tan *et al.*, 2020). A solução de sulfato de zinco 1,0 mol L^{-1} causa irritação leve na pele, devendo-se evitar esse tipo de contato (Cullen e Pentecost, 2011).

Recomenda-se o uso de máscara devido aos odores tóxicos desprendidos pela solução de amônia comercial. Recomenda-se o uso de jaleco e de óculos de proteção durante os experimentos.

Se for possível, recomenda-se que as soluções, após uso, sejam coletadas em frascos etiquetados e enviadas para o setor de tratamento de resíduos químicos da instituição.

Alternativamente, no caso de escolas que não possuem qualquer tipo de laboratório de ciências ou local adequado para descarte ou armazenamento dos resíduos químicos gerados, sugere-se que as soluções contendo íons cobre e zinco sejam tratadas. O tratamento proposto é simples, e tem como foco a gestão e o tratamento de resíduos químicos para o ensino médio (Silva *et al.*, 2010).

O procedimento resulta na segregação dos resíduos, na forma de hidróxido de zinco e de cobre metálico, possibilitando inclusive que sejam reaproveitados em novos experimentos. Isso implica em redução de gastos e do impacto ambiental relacionados às aulas experimentais de química (Silva *et al.*, 2010).

Vale ressaltar que, tendo em vista que os íons cobre estão complexados com a amônia, recomenda-se a adição de algumas gotas de solução de ácido nítrico 6 mol L^{-1} (ou de ácido clorídrico 6 mol L^{-1}), a fim de desestabilizar o complexo, antes de aplicar o tratamento do resíduo apresentado na literatura (Silva *et al.*, 2010).

Alternativamente, no caso de escolas que não possuem qualquer tipo de laboratório de ciências ou local adequado para descarte ou armazenamento dos resíduos químicos gerados, sugere-se que as soluções contendo íons cobre e zinco sejam tratadas. O tratamento proposto é simples, e tem como foco a gestão e o tratamento de resíduos químicos para o ensino médio (Silva et al., 2010).

Resultados e discussão

Após a montagem da célula eletroquímica, conforme descrito anteriormente e apresentado na Figura 4(a), o valor medido de potencial foi de 1135 mV.

Com a adição de solução de amônia no compartimento do eletrodo de cobre, observou-se a coloração azul intensa da solução nesse reservatório, devido à ocorrência da reação $Cu^{2+}_{(aq)} + 4NH_{3(aq)} \rightleftharpoons [Cu(NH_3)_4]^{2+}_{(aq)}$, confirmando a formação do íon tetra(amin)cobre (II). O potencial medido foi de 670 mV, Figura 4(b), ou seja, diminuiu.

A partir dessa medida de potencial, determinou-se a constante de formação, K_f, do íon complexo $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$.

Na célula eletroquímica, o cobre reduz ao passo que o zinco oxida. Para o equilíbrio de oxirredução $Cu^{2+}_{(aq)} + Zn_{(s)} \rightleftharpoons Cu_{(s)} + Zn^{2+}_{(aq)}$ a Equação de Nernst pode ser escrita da seguinte forma (Tan *et al.*, 2020):

$$E_{célula} = E^{o}_{célula} - \frac{RT}{nF} ln\left(\frac{\left[Zn^{2+}\right]}{\left[Cu^{2+}\right]}\right)$$

$$E_{célula} = \left(E^{o,red}_{cátodo} - E^{o,red}_{ânodo}\right) - \frac{RT}{nF} ln\left(\frac{\left[Zn^{2+}\right]}{\left[Cu^{2+}\right]}\right)$$

$$0,670 = \left(0,340 - \left(-0,760\right)\right) - \frac{0,059}{2} \log \frac{0,025}{\left[Cu^{2+}\right]}$$

$$0,670 = 1,100 - \frac{0,059}{2} \log \frac{0,025}{\left[Cu^{2+}\right]}$$

$$-0,430 = -0,0295 \log \frac{0,025}{\left[Cu^{2+}\right]}$$

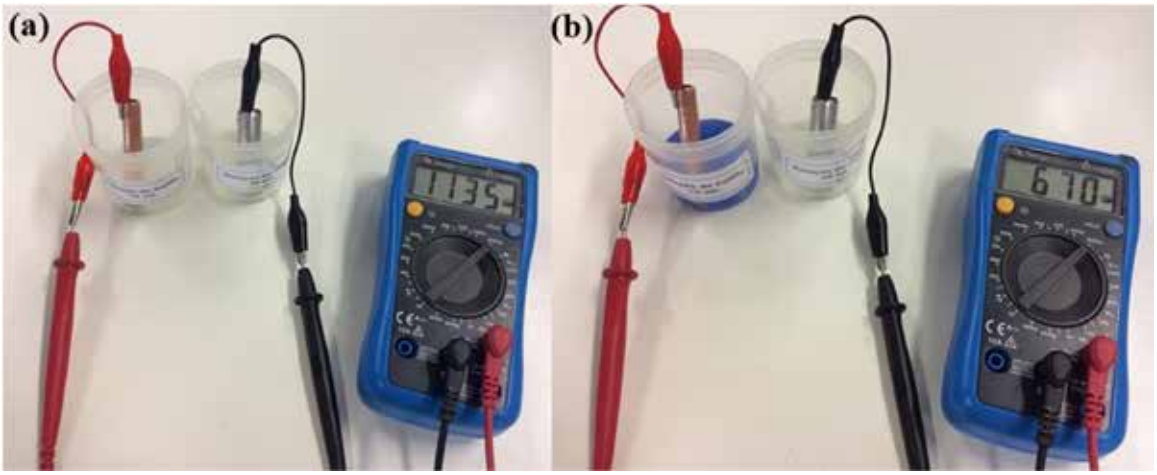


Figura 4: *Kit* experimental de eletroquímica para a determinação da constante de equilíbrio, K_f, de uma reação química de complexação. (a) Antes da adição de solução de amônia comercial e (b) após a adição de solução de amônia comercial.

$$10^{14,58} = \frac{0,025}{\left[Cu^{2+}\right]}$$

$$[Cu^{2+}] = 6,58 \times 10^{-17} \text{ mol L}^{-1}$$

No equilíbrio de complexação:

$$Cu^{2+}_{(aq)} + 4NH_{3(aq)} \rightleftharpoons [Cu(NH_3)_4]^{2+}_{(aq)}$$

	$[Cu^{2+}]$	$[NH_3]$	$[Cu(NH_3)_4]^{2+}$
Início	0,01 mol L^{-1}	1,7 mol L^{-1}	0
Reagiu/Formou	-0,01 mol L^{-1}	-0,04 mol L^{-1}	+0,01 mol L^{-1}
Equilíbrio	6,58x10^{-17} mol L^{-1}	1,66 mol L^{-1}	0,01 mol L^{-1}

Por fim, calculou-se o valor de K_f:

$$K_f = \frac{\left[\left[Cu(NH_3)_4\right]^{2+}\right]}{\left[Cu^{2+}\right]\left[NH_3\right]^4}$$

$$K_f = \frac{0,01}{6,58 \times 10^{-17} \cdot (1,66)^4}$$

$$K_f = 2,0 \times 10^{13}$$

Na equação de Nernst, $E^{o,}_{cátodo}$ e $E^{o,}_{ânodo}$ são os valores de potencial padrão de eletrodo das semi-reações que ocorrem no cátodo e no ânodo; R é a constante do gás ideal, 8,314 J K^{-1} mol^{-1}; F é a constante de Faraday, 96485 C mol^{-1}; T é a temperatura em Kelvin, 298 K; e n é o número estequiométrico de mols de elétrons transferidos na reação.

O termo do logaritmo natural (ln) se refere às atividades dos reagentes e produtos, elevadas aos expoentes correspondentes. Para converter o logaritmo natural para logaritmo na base 10, utiliza-se a relação ln = 2,303 log.

A atividade expressa a concentração efetiva de uma espécie em condições não ideais, que corresponde ao potencial químico efetivo de uma solução (Elgrishi *et al.*, 2018; Tan *et al.*, 2020). No caso de soluções diluídas, as atividades podem ser substituídas por concentração, em mol L^{-1}. No presente caso, considerou-se concentração ao invés de atividade. As atividades dos reagentes e produtos no estado sólido são iguais a 1.

O Quadro 2 apresenta todos os dados experimentais obtidos para os cinco *kits* experimentais de eletroquímica. As medidas de potencial da célula, antes e após a adição de amônia, mostraram-se reprodutíveis, pois os valores de desvio padrão foram baixos.

Os valores de $[Cu^{2+}]$ e de K_f, calculados conforme exposto, bem como os valores de média, de desvio padrão de erro relativo, também são apresentados no Quadro 2.

Por meio do tratamento estatístico dos dados experimentais apresentados no Quadro 2, foi possível determinar o valor da constante de formação do íon complexo como sendo $K_f = 3,24 \pm 1,18 \times 10^{13}$, cuja ordem de grandeza está coerente com o valor da literatura, 2,1x10^{13} (Dean, 1999) e da questão do IME, 4,0x10^{13}, permitindo validar o experimento e confirmar a sua credibilidade.

De acordo com Sanger e Danner (2010, p. 1214), um valor de constante de equilíbrio diferente de uma ordem de magnitude do valor esperado pode ser considerado satisfatório. Caso seja necessário calcular o erro relativo, é indicado calcular o E_r para o valor de *log K* (para valores altos de *K*, como é o caso de constantes de formação) ou de *pK* (para valores baixos de *K*, como constantes de ionização de ácidos ou bases fracos), e não para o valor de *K*. Por exemplo, um E_r de 77% para o valor de *K*, fornece um E_r de 5% para *log K*.

Os valores de desvio padrão e de erro relativo observados (E_r = +1,4% em relação ao valor esperado) podem ser atribuídos a erros de medidas experimentais e da precisão do equipamento de medida. Face ao exposto, o valor de K_f obtido experimentalmente pode ser considerado concordante com o valor esperado (2,1x10^{13}), disponível na literatura (Dean, 1999).

Apesar dos valores de potencial terem ficado bastante concordantes, devido ao termo logarítmico na equação de Nernst, isso influenciou nos cálculos dos valores de $[Cu^{2+}]$ e, consequentemente, de K_f, produzindo os desvios observados.

Quadro 2: Dados experimentais obtidos, valores de $[Cu^{2+}]$ e de K_f, para os cinco *kits* experimentais de eletroquímica.

***kit* experimental de eletroquímica**	**E / V* Antes da adição de NH_3**	**E / V* Após adição de NH_3**	**$[Cu^{2+}]$ / mol L^{-1}**	**K_f**
1	1,135	0,670	6,58x10^{-17}	2,00x10^{13}
2	1,129	0,662	3,53x10^{-17}	3,73x10^{13}
3	1,134	0,658	2,62x10^{-17}	5,03x10^{13}
4	1,137	0,665	4,55x10^{-17}	2,90x10^{13}
5	1,130	0,667	5,22x10^{-17}	2,52x10^{13}
Média ± desvio padrão	1,135 ± 0,003	0,664 ± 0,005	4,50 ± 1,53 x10^{-17}	3,24 ± 1,18 x10^{13}
Erro relativo / %				+1,4** -0,7***

*As medidas foram realizadas em mV e convertidas para V. **Em relação ao valor da literatura, 2,1×10^{13} (Dean, 1999). O E_r foi calculado a partir dos valores de log K. ***Em relação ao valor obtido na questão do IME, 4,0×10^{13}. O E_r foi calculado a partir dos valores de log K.

Importante ressaltar que a diminuição do potencial medido, de 1,135 V para 0,670 V, após a adição de amônia comercial no reservatório da esquerda, pode ser interpretada de acordo com o Princípio de Le Chatelier, conforme exposto na Introdução. O potencial da célula eletroquímica (que expressa a tendência da reação redox ocorrer) diminui com a diminuição da concentração do reagente no cátodo (ou seja, de Cu^{2+}).

Na presença de solução de amônia comercial, os íons Cu^{2+} serão consumidos para formação do íon complexo $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$ (equilíbrio de complexação), de modo que a queda acentuada da concentração dos íons Cu^{2+} tem como consequência um abaixamento do potencial da reação redox que ocorre na célula eletroquímica (equilíbrio de oxirredução).

Considerações finais

O *kit* experimental de eletroquímica, construído a partir de materiais de baixo custo e de fácil acesso e desenvolvido a partir da Questão 6 do vestibular do IME 2019, com alguma adaptação, pode ser utilizado em atividades experimentais em instituições de ensino, proporcionando um ganho pedagógico para os estudantes, ao tornar a aprendizagem desse assunto mais atraente no ensino médio.

O sistema oxirredução estudado $Cu^{2+}_{(aq)} + Zn_{(s)} \rightleftharpoons Cu_{(s)} + Zn^{2+}_{(aq)}$, em estado de equilíbrio eletroquímico, apresentou uma diminuição da concentração do reagente, Cu^{2+}, após a reação de formação de complexo $Cu^{2+}_{(aq)} + 4NH_{3(aq)} \rightleftharpoons [Cu(NH_3)_4]^{2+}_{(aq)}$, e a diminuição do potencial da célula, indicando a diminuição da tendência da reação de oxirredução ocorrer no sentido direto.

A partir da construção do diagrama de escada para o sistema de oxirredução em estudo, foi possível fazer uma relação do seu comportamento com o princípio de Le Chatelier, o qual é essencial no estudo do equilíbrio químico.

Também foi possível determinar a constante de formação do íon complexo tetra(amin)cobre (II), que permite avaliar a estabilidade desse íon na solução e estabelecer comparação com o valor da literatura.

A utilização do *kit* experimental de eletroquímica permite ao professor explorar em suas aulas: i) reação de oxirredução; ii) células galvânicas; iii) equação de Nernst; iv) princípio de Le Chatelier; e v) evidência de reação de complexação.

Em resumo, o *kit* experimental de eletroquímica possibilita aos professores da educação básica o uso de uma estratégia didática diversificada e inovadora, que pode apresentar eficiência na aprendizagem dos estudantes. Trata-se de uma iniciativa que vai além de aulas exclusivamente expositivas, podendo também contribuir para o incremento do domínio conceitual de eletroquímica por parte desses alunos.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Assessoria de Cooperação Internacional da Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM) e ao Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional (PROFQUI). O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 (Portaria nº 206 da CAPES, de 04/09/2018). À Rede Mineira de Química (RQ-MG)/FAPEMIG (Processos REDE-113/10; CEX-RED-00010-14), pelo fomento.

Nathália Júlio Silveira (nathalia.julio@hotmail.com), licenciada em Química pelo Instituto Federal de Goiás, Mestre em Química pelo Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional (PROFQUI), da Universidade Federal do Triângulo Mineiro. É docente no Colégio Estadual da Polícia Militar de Goiás – Unidade Dionária Rocha. Itumbiara, GO - BR. **Jaqueline Freitas Sousa** (d201910748@uftm.edu.br), licencianda em Química da Universidade Federal do Triângulo Mineiro. Uberaba, MG – BR. **Júnia Fabricia Teixeira** (d201820280@uftm.edu.br), licencianda em Química da Universidade Federal do Triângulo Mineiro. Uberaba, MG – BR. **Luís Antônio da Silva** (luis.silva@uftm.edu.br), licenciado em Química pela Universidade Federal de Uberlândia, mestre e doutor em Ciências pela USP. É docente do Curso de Licenciatura em Química da Universidade Federal do Triângulo Mineiro. Uberaba, MG – BR. **Valéria Almeida Alves** (valeria.alves@uftm.edu.br), bacharel em Química pela Universidade de São Paulo, mestre e doutora em Ciências pela USP. É docente do Curso de Licenciatura em Química da Universidade Federal do Triângulo Mineiro. Uberaba, MG – BR.

Referências

ARINI, G. S.; SANTOS, I. V. S. e TORRES, B. B. Uma abordagem de ensino ativo em um experimento de eletrólise. *Química Nova na Esc*ola, v. 43, n. 2, p. 176-182, 2021.

BARRETO, B. S. J.; BATISTA, C. H. e CRUZ, M. C. P. Células eletroquímicas, cotidiano e concepções dos educandos. *Química Nova na Esc*ola, v. 39, n. 1, p. 52-58, 2017.

BRADLEY, J. D. and OGUDE, N. A. Electrode Processes and Aspects Relating to Cell EMF, Current, and Cell Components in Operating Electrochemical Cells: Precollege and College Student Interpretation. *Journal of Chemical Education,* v. 73, n. 12, p. 1145-1149, 1996.

CULLEN, D. M. and PENTECOST, T. C. A model approach to the electrochemical cell: an inquiry activity. *Journal of Chemical Education*, v. 88, n. 11, p. 1562–1564, 2011.

DEAN, J. A. *Lange's Handbook of Chemistry*. 5th ed. New York: McGraw-Hill, 1999, p. 924.

DINIZ, B. P.; ALVES, A. S.; LEMES, L. C.; SILVA, L. A. e ALVES, V. A. Experimentação no ensino de células galvânicas para o Ensino Médio. *Química Nova na Escola*, v. 42, n. 1, p. 77-87, 2020.

DINIZ, B. P.; SILVA, L. A. e ALVES, V. A. Experimentação no ensino de células galvânicas utilizando o método *jigsaw*. *Revista Virtual de Química*, v. 12, n. 6, p. 1559-1574, 2020.

ELGRISHI, N.; ROUNTREE, K. J.; McCARTHY, B. D.; ROUNTREE, E. S.; EISENHART T. T. and DEMPSEY J. L. A Practical Beginner's Guide to Cyclic Voltammetry. *Journal of Chemical Education*, v. 95, n. 2, p. 197-206, 2018.

GREENBOWE, T. J. An Interactive Multimedia Software Program for Exploring Electrochemical Cells. *Journal of Chemical Education*, v. 71, n. 7, p. 555-557, 1994.

LISBÔA, J. C. F. QNEsc e a Seção Experimentação no Ensino de Química. *Química Nova na Escola*, v. 37, n. especial 2, p. 198-202, 2015.

ÖZKAYA, A. R. Conceptual Difficulties Experienced by Prospective Teachers in Electrochemistry: Half-Cell Potential, Cell Potential, and Chemical and Electrochemical Equilibrium in Galvanic Cells. *Journal of Chemical Education*, v. 79, n. 6, p. 735-738, 2002.

PACHECO, B. I e FANTIN, C.A. Garrafas PET como alternativa para substituição de materiais de laboratório. Disponível em: https://www.conic-semesp.org.br/anais/files/2016/trabalho-1000022186.pdf, acesso jul. 2021.

REGINALDO, C. C.; SHEID, N. J. e GÜLLICH, R., I. C. (2012). O ensino de Ciências e a experimentação. *IX Seminário de Pesquisa em Educação da Região Sul – IX ANPED Sul*. Disponível em: http://www.ucs.br/etc/conferencias/index.php/anpedsul/9anpedsul/paper/vi ewFile/2782/286, acesso out. 2021.

ROGERS, F.; HUDDLE, P. A. and WHITE, M. D. Using a Teaching Model to Correct Known Misconceptions in Electrochemistry. *Journal of Chemical Education*, v. 77, n. 1, p. 104-110, 2000.

RUNO, J. R. and PETERS, D. G. Climbing a Potential Ladder to Understanding Concepts in Electrochemistry. *Journal of Chemical Education*, v. 70, n. 9, p. 708-713, 1993.

SANDERS, R. W.; CRETTOL, G. L.; BROWN, J. D.; PLUMMER, P. T.; SCHENDORF, T. M.; OLIPHANT, A.; SWITHENBANK, S. B.; FERRANTE, R. F. and GRAY, J. P. Teaching Electrochemistry in the General Chemistry Laboratory through Corrosion Exercises. *Journal of Chemical Education*, v. 95, n. 5, p. 842-846, 2018.

SANGER, M. J. and GREENBOWE, T. J. Students' Misconceptions in Electrochemistry: Current Flow in Electrolyte Solutions and the Salt Bridge. *Journal of Chemical Education*, v. 74, n. 7, p. 819-823, 1997.

SANGER, M. J. and GREENBOWE, T. J. An Analysis of College Chemistry Textbooks As Sources of Misconceptions and Errors in Electrochemistry. *Journal of Chemical Education*, v. 76, n. 6, p. 853-860, 1999.

SANGER, M. J. and DANNER, M. Aqueous Ammonia or Ammonium Hydroxide? Identifying a Base as Strong or Weak. *Journal of Chemical Education*, v. 87, n. 11, p. 1213-1216, 2010.

SANTOS, T. N. P.; BATISTA, C. H.; OLIVEIRA, A. P. C. e CRUZ, M. C. P. Aprendizagem ativo-colaborativo-interativa: inter-relações e experimentação investigativa no ensino de eletroquímica. *Química Nova na Escola*, v. 40, n. 4, p. 258-266, 2018.

SANTOS-JÚNIOR, J. B.; BENEDETTI-FILHO, E.; CAVAGIS, A. D. M. e ANUNCIAÇÃO, E. A. Um estudo comparativo entre a atividade experimental e a simulação por computador na aprendizagem de eletroquímica. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 15, n. 2, p. 312-330, 2016.

SILVA, A. F.; SOARES, T. R. S. e AFONSO, J. C. Gestão de Resíduos de Laboratório: Uma Abordagem para o Ensino Médio. *Química Nova na Escola*, v. 32, n. 1, p. 37-42, 2010.

SILVEIRA, M. M. S.; ALVES, V. A. e SILVA, L. A. Explorando as Potencialidades da Experimentação a partir de Células Eletrolítica e a Combustível como Recurso Didático na Sala de Aula do Ensino Médio. *Revista Virtual de Química*, v. 13, n. 3, p. 756-768, 2021.

SILVEIRA, M. M. S.; LIMA, R. H.; BERNARDES, G. S.; ALVES, V. A. e SILVA, L. A. Células eletrolítica e a combustível confeccionadas com materiais alternativos para o ensino de eletroquímica. *Química Nova*, v. 44, n. 1, p. 118-127, 2021.

SKOOG, D. A.; WEST, D. M; HOLLER, F. J. e CROUCH, S. R. Fundamentos de Química Analítica. São Paulo: Cengage Learning Brasil, 2015.

TAN, S. Y.; CHIA, V. Y. Y.; HÖLTTÄ-OTTO, K. and ANARIBA, F. Teaching the Nernst equation and faradaic current through the use of a designette: an opportunity to strengthen key electrochemical concepts and clarify misconceptions. *Journal of Chemical Education*, v. 97, n. 8, p. 2238–2243, 2020.

VENTURI, G.; JUNCKES, E. S.; MARTIN, M. G. M. B. e OLIVEIRA, B. R. M. Dificuldades de ingressantes de um curso de licenciatura em química sobre conceitos da eletroquímica: um desafio para o ensino superior. *Química Nova*, v. 44, n. 6, p. 766-772, 2021.

Abstract: *Teaching electrochemistry in high school through an experiment involving simultaneous equilibria of oxidation-reduction and complexation.* Aiming to contribute to the teaching of electrochemistry and chemical equilibrium in basic education, this work proposes the assembling and use of an experimental kit, easily reproducible, made with easily accessible and low-cost materials, which can be used as a didactic tool to enhance the teaching and learning process. The inspiration for making the experimental kit came from a question from the 2019 entrance exam of the Military Institute of Engineering (IME), which involves concepts of electrochemistry and chemical equilibrium. The use of the kit led to the determination of the formation constant, , of the complex ion $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$, whose value was in agreement with the values in the literature, and with the IME question. This work provides, through experimentation, the possibility for the teacher to explore various concepts, such as oxidation-reduction reaction, complexation reaction, galvanic cell, Nernst equation, equilibrium constant, among others.

Keywords: electrochemistry, equilibrium constant, experimentation.

 http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160296

Explorando o pensamento químico de licenciandos em aulas experimentais remotas

Exploring the chemical thinking of licensees in remote experimental classes

Fernanda G. de Almeida e Fabiele Cristiane D. Broietti

RESUMO: Com a pandemia do coronavírus o cenário educacional tornou-se ainda mais desafiador, em virtude da suspensão das aulas presenciais e a condição de aulas remotas. Diante desse novo desafio apresentamos o seguinte questionamento: como propor aulas experimentais remotamente priorizando o caráter investigativo e que permitam aos licenciandos fazer uso do pensamento químico? Analisamos dados de uma atividade experimental referente ao conteúdo densidade, seguindo os pressupostos da Análise de Conteúdo, por meio de categorias definidas *a priori*. A atividade proposta foi eficaz para engajar os estudantes no uso do pensamento químico, uma vez que pelo menos uma das variáveis de progresso esperada foi encontrada nas respostas de todos os estudantes. Além disso, a atividade possibilitou que os estudantes utilizassem aspectos do pensamento químico para estabelecer causas para as mudanças químicas e relações entre benefícios, custos e riscos da utilização de diferentes materiais na produção de embalagens.

Palavras chave: experimentação, pensamento químico, ensino remoto

ABSTRACT: With the coronavirus pandemic, the educational scenario became even more challenging, due to the suspension of in-person classes and the condition of remote classes. Faced with this new challenge, we present the following question: how to propose remote experimental classes prioritizing the investigative character and allowing undergraduates to make use of chemical thinking? To this end, we analyzed data from an experimental activity referring to the concept of density, following the assumptions of Content Analysis by means of *a priori* categories. The proposed activity was effective in engaging students in the use of chemical thinking, since at least one of the expected progress variables was found in the responses of all students. In addition, the activity enabled students to use aspects of chemical thinking to establish causes for chemical changes and relationships between benefits, costs and risks of using different materials in the production of packaging.

Keywords: experimentation, chemical thinking, remote teaching

Fernanda Garcia de Almeida (fergarciaalmeida@gmail.com), bacharel e licenciada em Química, doutoranda do programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática pela UEL. Londrina, PR – BR. **Fabiele Cristiane Dias Broietti** (fabieledias@uel.br), licenciada em Química, doutora na área de Ensino de Ciências pela UEM, atualmente é professora/pesquisadora na área de Educação Química na Universidade Estadual de Londrina. Londrina, PR -BR.
Recebido em 23/10/2021, aceito em 02/02/2022

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.

Este é um artigo de acesso aberto distribuído sob os termos da Licença de Atribuição Creative Commons

Desde março de 2020 vivemos em estado de pandemia devido ao vírus SARS-CoV-2, causador da doença covid-19. Segundo dados disponibilizados pela Organização Mundial da Saúde, até o dia 19 de setembro de 2021 foram confirmadas 4.644.740 mortes pela doença. No Brasil, aproximadamente na metade do ano de 2021, atingiu-se a marca de 500 mil mortes causadas pela doença. A fim de minimizar a propagação do vírus, o Ministério da Saúde apresentou uma série de recomendações a serem seguidas, dentre elas, o isolamento social (OMS, 2020; Regueiro *et al*., 2020; Brasil - Ministério da Saúde, 2020). Como consequência, o Ministério da Educação (MEC) publicou uma medida autorizando a substituição das disciplinas presenciais por aulas que pudessem ser realizadas utilizando Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) (Brasil - Ministério da Educação, 2020). Frente a esta situação, as instituições de ensino precisaram buscar outras formas para dar continuidade a suas atividades, adotando, portanto, a modalidade de ensino remoto.

Atualmente, encontram-se publicadas diversas pesquisas relacionadas a essa temática, visando compreender as implicações dessa nova modalidade de ensino e seus desafios (Fiori e Goi, 2020; Silva, *et al*., 2020; Cantoni *et al*., 2021; Almeida *et al*., 2020; Imberti *et al*., 2021).

Diante de tais considerações, tecemos o seguinte questionamento: Como propor aulas experimentais remotamente, priorizando o caráter investigativo e que permitam aos estudantes fazer uso do pensamento químico? Nesse sentido, estabelecemos alguns objetivos específicos: i) elaborar e desenvolver atividades experimentais investigativas, de forma remota, para estudantes de um curso de licenciatura em química; ii) avaliar o uso do pensamento químico por estudantes nessas aulas.

Atividades experimentais e o Ensino Remoto

De acordo com Camillo e Graffunder (2021), as atividades experimentais podem ser facilitadoras para a compreensão do conhecimento, principalmente por articular teoria e prática, gerar curiosidade, criatividade e criticidade. Os autores ainda argumentam que podem ser ponto de partida para discussões, reflexões e cooperação, devendo-se levar em consideração os conhecimentos prévios dos estudantes e aproximando o conhecimento científico do mundo a sua volta (Camillo e Graffunder, 2021).

De acordo com Souza e colaboradores (2013), uma atividade experimental não deve se limitar a desenvolver habilidades manuais dos estudantes, mas, além disso, permitir uma participação intelectual ativa, para que o estudante, refletindo acerca dos fenômenos, formule hipóteses e estabeleça relações entre fatos observados e explicações, resultando na construção do conhecimento (Souza *et al*., 2013).

Assim, podemos destacar as atividades experimentais de caráter investigativo como uma alternativa para desconstruir a visão tecnicista que ainda permeia as atividades experimentais, uma vez que em tal modalidade o trabalho experimental está centrado no estudante, tornando-o sujeito ativo no processo de aprendizagem e abrindo espaços para discussão e tomada de decisão (Suart e Marcondes, 2008; Ferreira *et al*., 2009; Santos e Menezes, 2020).

De modo geral, as atividades experimentais investigativas se iniciam com situações problemas contextualizadas das quais os estudantes participam ativamente refletindo acerca do problema, formulando hipóteses, coletando e interpretando dados, debatendo, propondo soluções e as aplicando em novas situações. Tais atividades possibilitam que os estudantes relacionem os conhecimentos químicos para interpretar fenômenos que fazem parte da sua realidade, desenvolvendo dessa forma seu pensamento químico. A compreensão de "pensamento químico", abordada neste estudo, será melhor explicitada em uma seção própria (Suart e Marcondes, 2008; Ferreira *et al*., 2009).

Durante a suspensão das aulas presenciais, outras possibilidades tiveram que ser pensadas a fim de se trabalhar a partir de experimentos. Santos e colaboradores (2020) abordam o uso de laboratórios virtuais, explicitando que esse tipo de abordagem vem ganhando destaque no Ensino à Distância. Nesse trabalho, em específico, foi utilizada a plataforma PhET, que permite simulações em diferentes áreas, como física, química e matemática. O simulador é gratuito e encontra-se disponível no site: https://phet.colorado.edu/pt/. Os autores afirmam que, fazendo o uso do laboratório virtual de aprendizagem, houve uma notável participação dos alunos na aula síncrona, o que demonstra ser uma ferramenta que incentivou e motivou os alunos. Contudo, destacam que alguns alunos não realizaram o questionário avaliativo e que alguns foram resistentes frente ao uso de mais uma plataforma diferente, com a justificativa de falta de tecnologias apropriadas para manusear o PhET (Santos *et al*., 2020).

Ainda sobre laboratórios virtuais, Gomes e colaboradores (2020) integraram laboratórios online a uma sequência didática investigativa para abordar o conteúdo densidade. Os autores afirmam que a junção dos laboratórios remotos com as sequências didáticas investigativas contribuiu para um melhor entendimento sobre o conceito de densidade, motivando e facilitando a aprendizagem, além de aproximar a escola de situações do cotidiano. Contudo, os autores abordam que os bons resultados dessa proposta pedagógica foram influenciados pelo contexto dos alunos participantes, que apresentam um bom domínio e acesso aos recursos tecnológicos, e também da infraestrutura da instituição, salientando que infelizmente essa não é uma realidade geral da educação básica (Gomes *et al*., 2020).

Silva e Silva (2020) abordam o uso de simuladores computacionais para auxiliar os conceitos de volumetria em aulas remotas durante a pandemia. Nesse estudo, o professor apresentou aos estudantes alguns exercícios e os estudantes, ao interagirem com o software, buscaram resolvê-los (Silva e Silva, 2020).

Sousa e Valério (2021) também realizaram um trabalho sobre a química experimental no ensino remoto em tempos

de covid-19. Nesse trabalho, os autores utilizaram vídeos de experimentos gravados e uso de um simulador para abordar os conteúdos de gases, equilíbrio químico e eletroquímica. Dentre alguns dos resultados, os autores apontam que os estudantes compreenderam o conteúdo com maior facilidade com os recursos aplicados. Entretanto, os autores também destacam que muitos alunos apresentaram dificuldades frente ao ensino remoto e com carência de tecnologias.

Em outro estudo, Silva e colaboradores (2020) investigaram as concepções dos professores dos cursos de química sobre atividades experimentais e o ensino remoto. Em uma das questões, os professores deveriam dizer se consideravam ser possível ministrar disciplinas experimentais no formato remoto, sendo ainda questionados como as realizariam. Como resultado, em 61,5% das respostas os professores mencionam o uso de vídeos de experimentos e softwares, propondo a gravação audiovisual dos experimentos que os estudantes realizariam nos laboratórios ou recorrendo a vídeos já disponíveis. Para esses professores, as maiores dificuldades que os alunos encontraram se associam a questões de internet e de autonomia frente aos estudos (Silva, *et al*., 2020).

Diante desse contexto, neste estudo foram elaboradas e desenvolvidas atividades experimentais investigativas para estudantes em uma disciplina ministrada de forma remota em um curso de Licenciatura em Química. Assim, neste trabalho, apresentamos resultados das análises de uma das atividades, que aborda o conteúdo densidade, objetivando avaliar o uso do pensamento químico nessa atividade.

Pensamento químico: algumas considerações

Banks e colaboradores (2015) apontam que avaliar opções e tomar decisões frente a um fenômeno pautados em conhecimentos químicos, levando em consideração aspectos de âmbito social, econômico e ambiental, são atitudes que devem ser praticadas em todos os níveis educacionais. Contudo, o uso do conhecimento químico tanto para fazer julgamentos quanto na tomada de decisões ainda é pouco discutido nas aulas convencionais, nos mais diferentes níveis de ensino (Banks *et al*., 2015).

Em um contexto estadunidense, muitos dos cursos universitários de química mais antigos apresentavam um currículo pautado na exposição dos tópicos por progressão linear de conceitos. Essa organização, na maioria das vezes, não possibilitava que os estudantes estabelecessem conexões entre as etapas sucessivas e nem entre os diferentes níveis conceituais. Além disso, observava-se também que esses currículos tendiam a apresentar os tópicos de forma isolada e focados na resolução de problemas algorítmicos desvinculados da prática, dos modos de pensar e das aplicações das pesquisas em química e educação (Talanquer e Pollard, 2010; Sevian e Talanquer, 2014).

Na tentativa de minimizar os problemas identificados nesse currículo, no ano de 2007, os pesquisadores Vicente Talanquer e John Pollard desenvolveram e iniciaram a implementação de uma nova organização para o curso introdutório de química para graduandos em ciências e engenharia na universidade do Arizona, nos Estados Unidos. Essa nova estrutura foi denominada "Chemical Thinking", e tinha por objetivo a promoção de uma compreensão conceitual mais aprofundada de um núcleo mínimo de ideias fundamentais, ao contrário de uma cobertura superficial de vários tópicos.

Essa nova organização buscava conectar as ideias centrais entre as unidades do curso, seguindo progressões de aprendizagem bem definidas, ou seja, sequência de ideias ou práticas com níveis sucessivamente mais altos de compreensão sobre um tópico; apresentar aos estudantes formas contemporâneas de pensamento e resolução de problemas em química; e envolver os estudantes em atividades realistas de tomada de decisão e solução de problemas (Talanquer e Pollard, 2010; Sevian e Talanquer, 2014).

Volkova (2019) afirma que o sucesso do domínio do conhecimento químico está intimamente relacionado com o desenvolvimento do pensamento químico. Podemos perceber que, nesse contexto, os termos "conhecimento químico" e "pensamento químico" são empregados com sentidos diferentes. Essa diferença também pode ser evidenciada em artigos do pesquisador Vicente Talanquer e seus colaboradores, ao proporem uma definição para o termo "pensamento químico". Encontramos em seus artigos que o pensamento químico é o desenvolvimento e a aplicação de conhecimentos e práticas químicas com o objetivo principal de analisar, sintetizar, e transformar a matéria para fins práticos (Banks *et al*., 2015; Sjöström e Talanquer, 2018; Sevian e Talanquer, 2014). Ainda sobre a compreensão da ideia do pensamento químico, Talanquer (2019) afirma que o pensamento químico envolve uma série de outras atividades, como: analisar, discutir, refletir e propor explicações e soluções razoáveis para problemas e fenômenos relevantes.

A partir dessas leituras, podemos destacar que os autores utilizam o termo "conhecimento químico" no sentido de conceitos adquiridos. Ao passo que, ao colocar esse conhecimento em movimento para analisar, discutir, refletir e propor explicações para problemas, o que está sendo exercitado e desenvolvido é o pensamento químico. Nesse sentido, quanto mais desenvolvido for o pensamento químico do estudante, significa que mais domínio do conhecimento químico ele terá, mais saberá utilizar os conceitos para fins práticos na interpretação de fenômenos.

Podemos correlacionar o termo "pensamento químico" com o termo "pensamento matemático", já bem explorado na literatura brasileira. A respeito da ideia de pensamento matemático, Klaiber (2019) aponta que:

> *De acordo com as Orientações Curriculares para o Ensino Médio, "a forma de trabalhar os conteúdos deve sempre agregar um valor matemático" (Brasil, 2006, p. 69), ou seja, as situações de aprendizagem devem valorizar a argumentação, a dedução, a*

> *elaboração e a verificação de conjecturas, a generalização e a abstração* (Klaiber, 2019, p. 17).

Podemos evidenciar que o pensamento matemático, da forma como também entendemos o pensamento químico, transcende a aquisição de conceitos, englobando o uso do conhecimento para realizar uma série de tarefas como argumentação, dedução e elaboração de hipóteses.

Schnetzler e Antunes-Souza (2019) e Wenzel (2018) abordam a importância da linguagem química para a construção do pensamento químico. A química é uma ciência repleta de símbolos utilizados em diferentes situações. Por exemplo, letras são utilizadas para representar elementos químicos; setas para representar reações e indicar os seus sentidos, as letras A e Z para representar massa e número atômico, respectivamente. Assim, para aprender química é necessário atribuir significados a esses símbolos, para que não se tenha seu uso de forma mecânica.

Dessa forma, por meio da linguagem química, vão sendo criadas novas estruturas de pensamento a partir de significações compartilhadas das simbologias. Nesse sentido, quando um aluno estabelece relações corretas entre palavras, símbolos ou equações específicas da química para explicar um fenômeno, ele demonstra atribuir significados a tais símbolos, indiciando a formação do pensamento químico. Assim, a formação do pensamento químico requer que o sujeito tenha a capacidade de compreender os aspectos históricos que são importantes para a elaboração dos conhecimentos químicos, as especificidades da linguagem química e saber estabelecer relações entre tais aspectos ao seu contexto social, tendo em vista a compreensão sobre o mundo (Wenzel, 2018; Schnetzler e Antunes-Souza, 2019).

A partir dessas leituras e interpretações, assumimos a seguinte definição para o termo "pensamento químico", a saber: uso do conhecimento químico e da linguagem química na interpretação de fenômenos e tomada de decisões em diferentes contextos do mundo real, articulando fatores sociais, econômicos e ambientais.

A estruturação do pensamento químico se baseia em seis conceitos disciplinares transversais que são considerados essenciais para que se compreenda e realize atividades práticas de análise, síntese e transformação química. Esses conceitos são propostos, nos pressupostos teóricos do pensamento químico, como lentes para que sejam analisadas as compreensões de aspectos essenciais do conhecimento de química, por exemplo, ligações químicas e teoria atômica (Sevian e Talanquer, 2014). Tais conceitos são:

- Identidade química (O que é esta substância?);
- Relações estrutura-propriedades (Quais propriedades esta substância possui?);
- Causalidade química (O que faz com que esta substância mude?);
- Mecanismo químico (Como essa substância muda?);
- Controle químico (Como podemos controlar a mudança?);
- Benefícios-custos-riscos (Quais são as consequências de mudar a matéria?) (Adaptado de Banks *et al*., 2015).

Segundo Talanquer (2013), aprender nesse contexto não deve ser entendido simplesmente como aquisição de mais conhecimentos e habilidades, mas como um progresso em direção a níveis mais elevados de competência em áreas bem definidas (Talanquer, 2013).

Dessa forma, desses conceitos transversais derivam perguntas mais específicas, chamadas de variáveis de progresso (VP), que impulsionam o pensamento químico e que, perpassando por elas, espera-se que a aprendizagem dos estudantes progrida. Essas são questões essenciais no trabalho do cientista e químicos à medida que analisam materiais, sintetizam substâncias ou transformam a matéria, a saber:

- Que tipos de matéria existem? (VP1);
- Que informações podem ser usadas para diferenciar os tipos de matéria? (VP2);
- Como surgem as propriedades dos tipos de matéria? (VP3);
- Como a estrutura influencia a reatividade? (VP4);
- O que impulsiona as mudanças químicas? (VP5);
- O que determina os resultados das mudanças químicas? (VP6);
- Quais padrões de interação são estabelecidos? (VP7);
- O que afeta as mudanças químicas? (VP8);
- Como as alterações químicas podem ser controladas? (VP9);
- Como os efeitos podem ser controlados? (VP10);
- Quais são os efeitos do uso e produção de diferentes tipos de matéria? (VP11) (Adaptado de Banks *et al*., 2015).

A Figura 1 apresenta o modo como cada variável de progresso se relaciona com os conceitos transversais.

A partir da Figura 1, podemos notar que um mesmo conceito disciplinar transversal (azul) pode se associar a mais de uma variável de progresso (verde), do mesmo modo que uma variável de progresso também pode estar relacionada a mais de um conceito disciplinar transversal. As relações que se estabelecem são indicadas na figura pelas setas. Como exemplo, ao conceito disciplinar transversal identidade química, se relacionam a VP1 (que tipos de matéria existem?), a VP2 (que informações podem ser usadas para diferenciar os tipos de matéria?) e a VP11 (quais são os efeitos do uso e produção de diferentes tipos de matéria?), ao passo que a VP2 também se liga ao conceito disciplinar transversal de estrutura-propriedades e a VP11 se liga a benefícios-custos-riscos.

No que tange à experimentação, na estrutura do pensamento químico, as atividades experimentais podem ser organizadas como projetos nos quais os estudantes trabalham de forma colaborativa em pequenos grupos para investigar a respeito de determinado sistema. Ao longo das atividades, os estudantes têm a possibilidade de aplicar o pensamento químico para analisar ou sintetizar diversos produtos. As atividades experimentais se estruturam em torno de tarefas que os estudantes

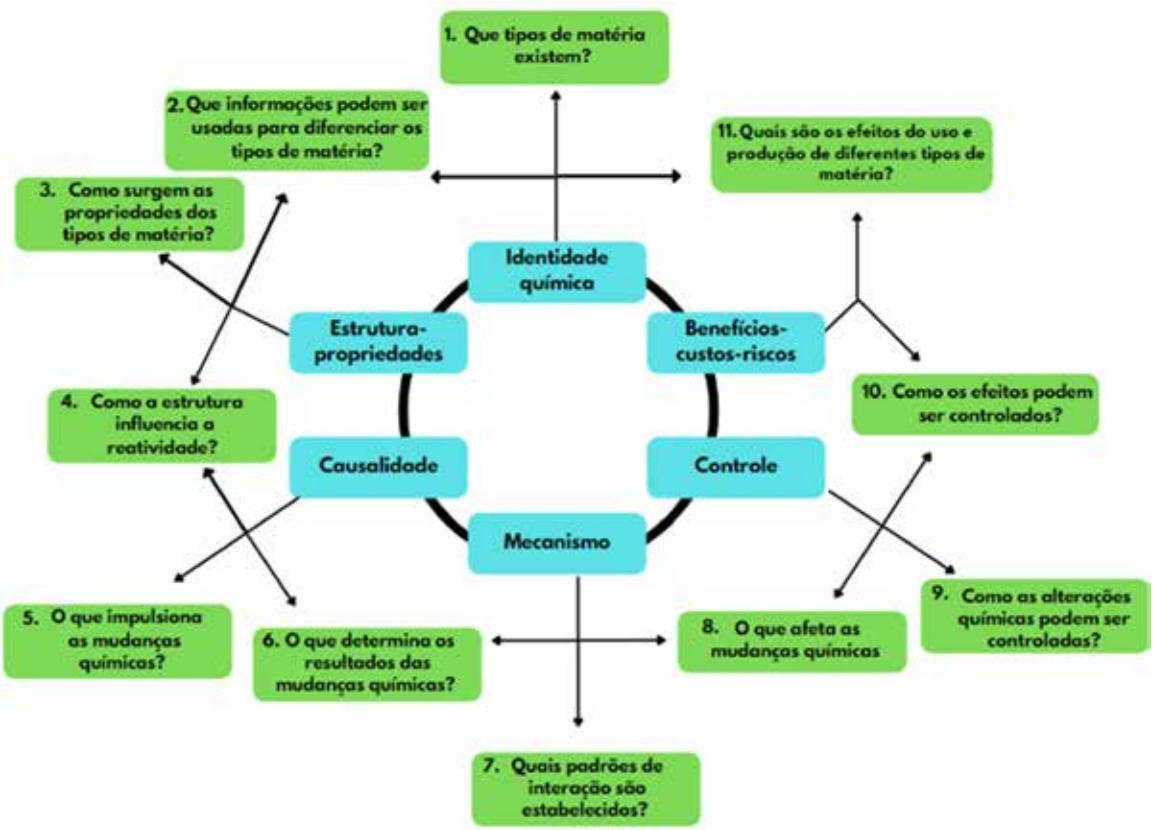


Figura 1: Relação entre conceitos transversais e variáveis de progresso. (Adaptado de Sevian e Talanquer, 2014).

devem cumprir, sendo tais tarefas contextualizadas e com caráter investigativo (Talanquer e Pollard, 2010).

Propostas de atividades experimentais nessa perspectiva podem tomar como base a abordagem Heurística da Escrita Científica. De acordo com Burke e Greenbowe (2006), nesse tipo de abordagem combina-se a investigação, o trabalho colaborativo e a escrita, fornecendo uma estrutura para professores e estudantes realizarem atividades experimentais eficazes.

A abordagem Heurística da Escrita Científica é estruturada pensando em promover a participação dos estudantes no trabalho de laboratório, solicitando-se que identifiquem as questões do problema, proponham métodos práticos para abordar essas questões e realizem investigações apropriadas. É solicitado também que os estudantes compartilhem suas descobertas com os demais estudantes, ou comparem com dados da literatura. Essa abordagem leva o estudante a formular hipóteses e inferências, buscar meios de verificar suas hipóteses com evidências experimentais e refletir durante todo o processo (Burke e Greenbowe, 2006).

O Quadro 1 apresenta uma comparação do formato de relatórios na abordagem Heurística da Escrita Científica e de relatórios de laboratórios tradicionais.

Como se observa no Quadro 1, a abordagem heurística da escrita científica permite que o estudante desempenhe um papel mais ativo em seu processo de aprendizagem, interpretando o problema em questão, formulando hipóteses e buscando meios experimentais para verificá-las, enquanto no modelo tradicional algumas informações já estão prontas para o estudante apenas executar, sem explorar seu pensamento químico.

As ideias apresentadas fundamentaram a organização das atividades experimentais ministradas remotamente para os estudantes de um curso de licenciatura em Química. Na próxima seção, apresentamos em detalhes o encaminhamento metodológico adotado no decorrer da pesquisa.

Encaminhamento metodológico

Este estudo foi realizado em uma disciplina ministrada para o último ano de um curso de Licenciatura em Química de uma universidade da região do Sul do Brasil. Trata-se de uma disciplina em que se discute aspectos referentes à experimentação para o ensino de Química. Nela, o estudante tem a oportunidade de vivenciar e propor experimentos, compreendendo-os como uma ferramenta pedagógica útil na construção de conhecimentos químicos. A disciplina tem carga horária de 72 horas, que foram ministradas de forma remota. A disciplina ocorreu ao longo do primeiro semestre do ano de 2021, com a participação de 8 acadêmicos, sendo cinco homens e três mulheres.

Foram desenvolvidas ao todo sete atividades experimentais que abordavam assuntos tais como: acidez e basicidade das substâncias, densidade dos materiais, conservação de massa em processos químicos, chuva ácida, solubilidade, cinética química e equilíbrio químico.

Quadro 1: Comparação entre o formato de relatórios tradicionais e relatórios na abordagem Heurística da Escrita Científica. (Adaptado de Burke e Greenbowe, 2006).

Formato de relatório na abordagem experimental tradicional	Relatório na abordagem experimental da Heurística da Escrita Científica
Título, propósito	Perguntas iniciais - Quais são minhas perguntas?
Esboço do procedimento	Testes - o que eu devo e posso fazer?
Dados e observações	Que dados eu posso obter?
Equações balanceadas, cálculos e gráficos	Provas - como posso saber? Por que estou fazendo essas afirmações? Reflexões - como minhas ideias se comparam a outras ideias? Como minhas ideias mudaram?

Para este trabalho nos limitamos a analisar dados referentes à atividade experimental que abordava o conteúdo de densidade dos materiais. De acordo com Broietti *et al.* (2018), nas aulas de Ciências é nítida a dificuldade dos estudantes na compreensão do conceito de densidade. Essas autoras mencionam que, muitas vezes, há a memorização da fórmula (d = m/v), o que não condiz com a utilização correta do conceito em situações cotidianas. Nesse sentido, escolhemos essa atividade como foco de investigação a fim de analisarmos como os licenciandos, futuros professores, lidam com esse conceito.

A coleta de dados ocorreu por meio de questões pré e pós-experimento que foram inspiradas na abordagem Heurística da Escrita Científica (Burke e Greenbowe, 2006). Inicialmente, os estudantes recebiam por meio da plataforma Google Classroom® as questões pré-experimento, para serem respondidas como atividades assíncronas. A partir dessas questões buscava-se identificar entendimentos iniciais dos estudantes sobre a situação-problema abordada, bem como a elaboração de hipóteses. A situação-problema, neste estudo, pode ser entendida como um problema relacionado ao contexto dos estudantes, que para ser solucionado requer um diálogo, uma discussão em torno das hipóteses por eles manifestadas (Zanon e Freitas, 2007).

Na aula síncrona, após os alunos responderem as questões, o professor mediava uma discussão fornecendo espaço para que os alunos apresentassem suas respostas e debatessem sobre elas, coletivamente.

Uma vez que não foi possível utilizar o laboratório para realizar as atividades experimentais presencialmente com os estudantes, foram selecionados vídeos de experimentos disponibilizados gratuitamente na internet, os quais foram editados e disponibilizados para os estudantes. Como uma segunda atividade, os estudantes recebiam o vídeo experimental e algumas questões pós-experimento para serem respondidas como atividade assíncrona. Para essa aula foi selecionado um vídeo experimental no qual diferentes plásticos foram separados, em um béquer com água, em dois grupos, os que afundavam na água e os que flutuavam, dependendo de sua densidade. O vídeo fornecido aos estudantes foi editado para que apresentasse apenas a execução do experimento. O vídeo original, antes da edição, encontra-se disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=_yt18HwthGE&t=12s.

Consideramos que a atividade proposta apresentou características de uma atividade experimental demonstrativa de caráter investigativo. Demonstrativa, pois os estudantes não realizaram atividades manuais: eles observaram o experimento realizado e fizeram anotações. Investigativa uma vez que teve início com uma situação-problema permitindo que os estudantes relacionassem seus conhecimentos prévios com o que foi observado no experimento para elaborar hipóteses referente ao problema proposto (Oliveira e Soares, 2010).

As questões pós-experimento buscavam repensar questões conceituais suscitadas no momento pré-experimento, sistematizar os conceitos e tecer algumas considerações que relacionavam o experimento e a problematização. Por fim, em um momento síncrono posterior, realizou-se a discussão das questões pós-experimento, coletivamente, novamente mediada pelo professor.

As respostas dos estudantes para as questões pré e pós-experimento constituíram o *corpus* deste estudo. Vale mencionar que a pesquisa faz parte de um projeto maior, e que teve aprovação no Comitê de Ética da Universidade em questão. A metodologia empregada para análise dos dados foi embasada nos pressupostos da Análise de Conteúdo descrita por Bardin (2011). Segundo a autora, a análise de conteúdo se organiza em três etapas: pré-análise, exploração do material, e tratamento dos resultados, inferência e interpretação. A primeira etapa consiste na escolha dos documentos a serem analisados, considerando os objetivos do estudo. A segunda etapa, exploração do material, consiste na codificação e categorização. No processo de codificação usamos os códigos de A1 até A8, para identificar os estudantes, com o intuito de preservar o anonimato dos sujeitos de pesquisa. Durante a categorização as unidades de análise foram agrupadas tematicamente em categorias, as quais permitem as inferências. As categorias podem ser definidas *a priori*, de acordo com um referencial teórico, ou *a posteriori*, que emergem no decorrer da análise. Nesse estudo, visando identificar o uso do pensamento químico por parte dos licenciados na aula experimental analisada, adotamos categorias *a priori*, sendo estas as 11 variáveis de progresso (Figura 1). Na última etapa realizaram-se as inferências e interpretações do fenômeno em estudo, etapa apresentada na próxima seção.

Resultados e Discussão

Os dados serão apresentados organizados em dois momentos: primeiramente, referente ao momento pré-experimento; e, na sequência, os dados referentes ao momento pós-experimento.

Para a atividade analisada, a situação-problema convidava o estudante a se colocar no papel de um químico de uma indústria de embalagens plásticas, a fim de averiguar e entender o porquê de a indústria estar recebendo reclamações de que as embalagens, de um último lote, estavam mais finas e moles. As questões propostas antes e após o vídeo experimental estão apresentadas no Quadro 2.

Momento pré-experimento

A questão 1 do momento pré-experimento tinha o objetivo de identificar se os estudantes conseguiam, a partir da leitura da situação-problema, identificar qual o assunto abordado. Os oito estudantes conseguiram identificar o tema abordado se expressando de diferentes formas, como apresentado abaixo.

> *A qualidade das embalagens de plástico.* [A1]
> *As diferenças das embalagens do primeiro lote e dos demais lotes.* [A3]
> *A qualidade dos polímeros, uma vez que os clientes estavam reclamando.* [A6]

Com essa questão se buscava a compreensão dos estudantes sobre a temática da situação-problema. Dessa forma, para essa questão, não identificamos as variáveis de progresso (Figura 1). A partir das respostas foi possível evidenciar que os estudantes conseguiram identificar, sem grandes dificuldades, a temática abordada; contudo, ainda não identificaram que a situação problema e a atividade experimental estariam relacionadas com o conteúdo químico densidade.

A questão 2 examinava a causa da diferença entre as embalagens, podendo ser compreendida sob dois aspectos. Primeiro, podemos compreender que os aspectos diferentes apresentados pelas embalagens podem ser devidos às diferentes matérias-primas utilizadas no processo de produção. Assim, materiais diferentes apresentam propriedades diferentes – mais especificamente nesse experimento, a densidade; logo, apresentam aspectos físicos diferentes. Nesse olhar, a questão se enquadra na VP1, que questiona quais são os tipos de matéria que existem, relacionando-se com a identidade química.

Na segunda possibilidade de resposta, compreendemos que os aspectos diferentes apresentados pelas embalagens podem ser devido a mudanças no processo de fabricação ou ainda a reações ou deformações químicas que, neste caso, não se relacionam com a identidade química. Assim, pode-se pensar acerca do que ocasiona tais mudanças, o que determina o resultado final da mudança e o que a afeta; dessa forma, classificamos as variáveis de progresso 5, 6 e 8. Mais especificamente, a VP5 se relaciona com a causalidade, uma vez que questiona o que impulsiona as mudanças químicas. A VP6 se relaciona com a causalidade e mecanismo, uma vez que questiona o que determina o resultado das mudanças químicas e, por sua vez,

Quadro 2: Questões pré e pós presentes na atividade experimental.

Questões pré-experimento	Questões pós-experimento
1. Qual a questão principal do texto?	1. O que você observou?
2. Porque você acha que as embalagens apresentam aspectos físicos diferentes das embalagens utilizadas pela empresa em momentos anteriores?	2. Com base em suas observações, avalie o procedimento que você elaborou na questão pré-experimento número 3. Sua explicação para a questão 3 pré-experimento se mantém?
3. Você, sendo o químico encarregado de verificar a qualidade dessas embalagens, faria quais testes rápidos com as embalagens para verificar suas hipóteses levantadas na questão anterior?	3. Foi possível observar no experimento que os materiais se dividiram em dois grupos, um grupo formado pelos materiais que afundaram na água e o outro grupo dos que não afundaram. Quais características que os materiais de cada grupo apresentam em comum que possibilitou essa separação?
4. Que tipos de informações e dados seriam importantes que os testes realizados lhe fornecessem? Por quê?	4. O que aconteceria se fosse utilizado outro líquido no lugar da água na realização do experimento?
	5. Dispondo de uma solução de etanol com densidade igual a 0,9215 g/cm^3, uma solução de NaCl com densidade de 1,15 g/cm^3, óleo com densidade de 0,89 g/cm^3, acetona com densidade de 0,80 g/cm^3, água com densidade de 1,0 g/cm^3 e glicerina com densidade de 1,26 g/cm^3, proponha uma separação para conseguir identificar todos os plásticos. Explique seu raciocínio.
	6. Retornando ao texto inicial e após realizar o experimento, porque você acha que as embalagens apresentam aspectos diferentes, mais “finos” e “moles”?

a VP8 se relaciona com o mecanismo e controle, uma vez que questiona o que afeta as mudanças químicas.

Dos oito estudantes participantes, um deles apresentou resposta na qual foi possível encontrar características da VP1, a saber:

> *Apresentam aspectos físicos diferentes devido às variedades de plásticos usados na confecção das embalagens.* [A3]

O estudante A3 respondeu mencionando que os aspectos físicos diferentes das embalagens se devem aos tipos de plásticos utilizados na fabricação, identificando dessa forma que existe uma variedade de materiais com os quais as embalagens podem ser fabricadas.

Dois estudantes apresentaram respostas nas quais foi possível identificar a VP5. Como exemplo, temos a reposta da estudante A1:

> *Talvez, essa nova embalagem utilize menos material e ele acabe ficando com um aspecto mais fino, não necessariamente perdendo a qualidade.* [A1]

A estudante menciona como causa da embalagem estar mais fina o fato de ser composta por menos material, ou seja, a quantidade de material utilizado no processo de fabricação. Respostas nesse sentido foram classificadas na VP5, uma vez que expressam as causas relacionadas à alteração do aspecto da embalagem.

Outros dois estudantes apresentaram respostas nas quais foi possível identificar a VP5 e a VP8. Como exemplo, temos a resposta do A6:

> *Talvez ocorreu uma mudança na produção destes polímeros, algum problema com o maquinário ou algo do tipo.* [A6]

O estudante A6 atribuiu o fenômeno a uma possível mudança no processo de produção, de acordo com a segunda possibilidade de resposta esperada. Assim, além de buscar causas para essa mudança (VP5), o estudante atribuiu mais especificamente a fatores que podem interferir no processo de produção da embalagem, como quebra de maquinário, caracterizando a VP8.

O estudante A5 apresentou resposta que pode caracterizar a VP1, VP5 e VP6:

> *Podem ter ocorrido mudanças nas matérias-primas utilizadas no processo de fabricação ou alterações nos processos industriais.* [A5]

Em sua resposta, o estudante A5 busca por possíveis causas para a mudança observada, caracterizando a VP5. Além de buscar causas, o estudante atribui de forma mais específica que a mudança observada pode ser devida a uma mudança na matéria-prima utilizada durante a produção, caracterizando uma visão de identidade química (VP1). O estudante pondera também, de forma mais específica, que alterações no processo industrial podem ser a razão da mudança observada. Sob essa visão, o estudante demonstra compreender que o processo industrial pode interferir no resultado, ou seja, processos industriais diferentes resultam em um produto diferente, o que caracteriza a VP6.

Por fim, um dos estudantes apresentou em sua resposta a VP5, VP6 e VP8, a saber:

> *Os problemas podem estar relacionados à exposição a luz ultravioleta, diferente tratamento durante a reciclagem, modificação do processo de síntese polimérica, adição de outras substâncias no refrigerante que podem degradar o material.* [A2]

O estudante A2 justifica as diferenças entre as embalagens por possíveis mudanças no processo de produção. Dessa forma, identificamos a VP5 nos momentos em que o estudante propõe possíveis causas para essas mudanças. De forma mais específica, o estudante atribui que tais mudanças podem ter ocorrido tanto no processo de síntese, ou seja, que a rota sintética pode gerar produtos diferentes (VP6), quanto relacionadas a fatores que podem interferir ao longo do processo de fabricação (VP8), como, por exemplo, a exposição à luz e reações com o refrigerante.

Percebemos que nenhum dos estudantes abordou, conjuntamente, as quatro variáveis (VP1, VP5, VP6 e VP8) em suas respostas; entretanto, todos os estudantes apresentaram respostas contendo pelo menos uma VP esperada, e 4 estudantes apresentaram respostas englobando duas ou mais VP, apresentando uma visão química ampla do problema.

A questão 3 convida o estudante a pensar em como investigar, na prática, as hipóteses levantadas na questão anterior. Dessa forma, podemos inferir que a questão permite ao estudante explorar a VP2, que questiona quais informações seriam relevantes para diferenciar os tipos de materiais.

Nas respostas dos oito estudantes, foi possível identificar a VP2, uma vez que eles propuseram quais testes fariam, de acordo com a hipótese anteriormente proposta. Como exemplo, tem-se a resposta da estudante A4:

> *Faria testes de tração, para verificar se a embalagem suporta bem o conteúdo contido dentro dela; testes de impacto, para verificar se a embalagem aguenta impactos que ocasionalmente venha a ter sem obstruir a embalagem e o conteúdo de dentro dela; testes de resistência a temperatura, para averiguar até qual temperatura essa embalagem suporta de forma segura para que não haja riscos ao consumidor final.* [A4]

A estudante sugere uma diversidade de testes que avaliam características físicas do material, como testes de resistência a temperatura e testes de tração. Assim, essa resposta foi classificada como VP2.

Apenas dois estudantes consideraram, inicialmente, testar a densidade dos materiais que compõem as embalagens, como pode ser visto nos excertos a seguir:

> *Eu mediria a densidade das embalagens.* [A3]
> *Densidade, pressão e temperatura. As propriedades físico-químicas dos produtos são necessárias para saber a qualidade e a resistência do produto.* [A8]

A questão 4 possibilita que o estudante reflita sobre quais informações os testes experimentais devem fornecer para os ajudar a confirmar as hipóteses levantadas. Dessa forma, espera-se encontrar a VP2 nas respostas para essa questão.

Três estudantes apresentaram respostas condizentes com o teste experimental mencionado na questão anterior, sendo possível a identificação da VP2. Como exemplo, temos:

> *Seria importante eu conseguir o valor da densidade das embalagens que os clientes não gostaram e comparar com o valor da densidade das embalagens que os clientes gostaram, para que assim eu possa fazer uma embalagem próxima ou igual ao que os clientes gostam.* [A3]

O estudante A3 menciona que, ao conhecer o valor da densidade do material da embalagem atual e compará-lo com a densidade das embalagens produzidas anteriormente, poderia alterar a produção produzindo uma embalagem próxima ou igual ao que os clientes gostaram. Nessa resposta, identificamos a VP2, uma vez que ele identifica qual a informação que o ajuda a diferenciar os materiais.

Com as questões pré-experimento desse roteiro experimental, esperávamos que os estudantes manifestassem seus conhecimentos prévios sobre a situação-problema proposta e apresentassem em suas respostas as seguintes variáveis de progresso: VP1, VP2, VP5, VP6 e VP8. Diante das análises realizadas, observamos que os estudantes apresentaram em suas respostas ao menos uma das variáveis de progresso esperada, indicando que eles conseguiram, a partir do modelo de atividade proposto, fazer uso do pensamento químico para explorar as questões apresentadas. No momento pré, percebemos que os estudantes, embora tenham mobilizado o pensamento químico, ainda não identificaram de forma explícita o conceito de densidade como a questão central da aula, como foi observado nas questões 1 e 2.

Momento pós-experimento

Após assistirem ao vídeo experimental, os estudantes deveriam responder a novas questões. A primeira delas solicitava que os estudantes descrevessem o que haviam observado. Três estudantes descreveram o experimento, sem fazer menção a qualquer conceito químico, como no exemplo a seguir:

> *Que quando se adicionou 5 tipos diferentes de plástico em um béquer com água, 2 boiaram e 3 afundaram.* [A1]

Entretanto, cinco estudantes responderam descrevendo o experimento e mencionando a densidade de cada material, como pode ser observado no exemplo a seguir.

> *Existem diferentes tipos de plásticos utilizados na produção de materiais, sendo que cada um deles tem diferente densidade, como pode ser observado pelo experimento.* [A6]

O estudante A6 respondeu que diferentes tipos de plásticos podem ser usados na produção das embalagens, o que remete à ideia de identidade química (VP1). Além disso, o estudante mencionou que cada material apresenta uma densidade característica, relacionando a estrutura com propriedades, demonstrando compreender a densidade como uma propriedade intrínseca dos materiais, sendo assim classificado como VP2.

Na segunda questão, esperávamos que os estudantes refletissem sobre a atividade experimental e os testes que eles haviam proposto no momento pré e analisassem se a resposta fornecida estava ou não adequada, sendo necessária uma reformulação. A VP esperada para essa questão é a VP2, sendo identificada na resposta dos oito estudantes. Na sequência, apresentamos um exemplo de resposta:

> *Sim, mantém-se a resposta dada na atividade pré, pois, para identificar o problema seriam necessárias análises estruturais, composicional e ensaios de interações intermoleculares.* [A2]

O estudante A2 mantém a resposta dada inicialmente, justificando que para identificar os "problemas na embalagem" seriam necessárias algumas análises, possibilitando a identificação do material que a compõem, o que indica a presença da VP2.

A estudante A4, por sua vez, mantém os testes indicados na resposta inicial e menciona que acrescentaria testes de densidade, provavelmente influenciada pelo vídeo experimental disponibilizado, como pode ser visto em sua resposta:

> *Sim, porém, adicionaria testes de densidades, para diferenciar diferentes tipos de polímeros.* [A4]

A terceira questão versava acerca das propriedades dos materiais (VP3). A característica que os materiais de cada grupo têm em comum e que possibilitou a separação é a densidade. Sabendo que a água tem densidade igual 1 g/cm^3, e

que ao colocar os plásticos na água houve a formação de dois grupos (os que afundam e os que flutuam), os materiais que flutuam na água apresentam densidade menor que a da água, e os que afundaram possuem a densidade maior que a da água. Analisando tais ideias, evidenciamos também a presença da VP2 quando se identifica a densidade como a característica que os materiais de cada grupo têm em comum, uma vez que essa variável possibilita a diferenciação dos materiais.

A questão também permite estabelecer quais interações acontecem no sistema, interações como a relação de afundar ou flutuar. Ao prever quais materiais afundam ou flutuam com base nos valores de densidade dos materiais e da água, evidenciamos a VP7, uma vez que essa variável aborda o mecanismo, estabelecendo as interações que acontecem no sistema.

Dois dos oito estudantes apresentaram respostas nas quais foi possível evidenciar apenas a VP2. Como exemplo de resposta temos:

> *As características que os grupos têm semelhante é a densidade.* [A3]

Essa variável se relaciona com a identidade química e a estrutura e propriedades dos materiais, levando o estudante a questionar qual informação ou fato observável permite diferenciar os materiais. Assim, evidenciamos que o estudante A3 identificou que os materiais de cada grupo apresentam a densidade como a característica comum que permite a separação entre os dois grupos.

Cinco dos oito estudantes apresentaram em suas respostas evidências das VP2 e VP7. Como exemplo, temos a resposta de A4:

> *A água pura tem densidade igual a 1 g/cm³, os materiais que flutuaram têm densidade menor de 1 g/cm³ e os materiais que afundaram tem densidade maior que 1 g/cm³.* [A4]

A estudante A4 considerou que é a densidade que permite a diferenciação dos materiais, caracterizando a VP2. Ela ainda considerou o mecanismo, ao mencionar que os que afundam apresentam densidade maior que 1,0 g/cm^3 e os que flutuam possuem densidade menor que esse valor, assim questionando quais padrões de interação são estabelecidos, o que justifica a VP7.

Por fim, um dos estudantes apresentou em sua resposta evidências das VP2 e VP3, a saber:

> *A densidade foi uma característica que permitiu com que dois plásticos afundaram e outros dois não afundaram. Estruturalmente os dois plásticos que submergiram, possivelmente apresentam redes poliméricas compactas, quando comparados aos que emergiram, não tendo muitos espaços estruturais. Por outro lado, os que flutuaram, possivelmente apresentam uma rede polimérica espaçada, com vazios estruturais.* [A2]

O estudante A2 identificou que é a densidade que permite alguns materiais afundarem e outros não, o que justifica a VP2. Entretanto, ao elaborar sua explicação, o estudante não relacionou o valor da densidade com o fato de o material flutuar ou afundar. A explicação do estudante aconteceu em nível estrutural, relacionando a densidade de determinado material ser maior ou menor com sua estrutura e redes poliméricas. Aqui, identificamos a VP3, que relaciona as propriedades dos tipos de matéria a sua estrutura, neste caso, as redes poliméricas serem compactas ou espaçadas.

Vale ressaltar que a VP3 não foi uma variável pensada *a priori*, quando estabelecemos a questão e a resposta esperada. Contudo, ao analisarmos as respostas dos estudantes às questões propostas encontramos indícios dessa variável. Nesse sentido, destacamos que as questões propostas também permitiram aos estudantes aprofundarem suas explicações, utilizando aspectos do pensamento químico para questionar relações entre a propriedade densidade e o nível estrutural.

A questão 4 permite ao estudante refletir se a mudança de líquido utilizado no processo de separação seria um fator que influenciaria no resultado final observado, caracterizando a VP6, que questiona o que determina o resultado das mudanças químicas. A questão elaborada permite também a reflexão sobre a estrutura e propriedades do líquido utilizado influenciarem na reatividade, caracterizando a VP4. Por fim, permite ainda que o estudante preveja os novos padrões de interação que se estabelecem, caracterizando a VP7.

Um estudante apresentou como resposta indícios da VP6, como exemplificado a seguir:

> *Poderia fazer que todos os plásticos afundassem ou flutuassem.* [A3]

Esse estudante conseguiu prever que, substituindo a água por outro líquido, podem ocorrer alterações no resultado final observado, ou seja, dependendo do líquido utilizado no lugar da água, o comportamento dos plásticos poderia ser diverso, o que revela indícios da VP6.

A VP4 e a VP6 foram identificadas nas respostas de quatro estudantes, como nos seguintes exemplos:

> *A densidade desse outro líquido será diferente que a densidade da água, portanto os materiais terão comportamentos diferentes. Pode ser que se afunde mais polímeros ou que se flutuem mais.* [A4]

A estudante A4 compreendeu que a densidade é uma propriedade intrínseca dos materiais, logo, líquidos diferentes têm propriedades diferentes, se enquadrando na VP4. Além disso,

a estudante também compreendeu que o líquido utilizado é um fator determinante para o resultado observado, portanto, identificamos indícios da VP6.

Um estudante forneceu resposta na qual foram identificadas as variáveis de progresso 6 e 7:

> *Poderia não ocorrer a separação como apresentado no vídeo, se o líquido possui densidade menor, comparado aos plásticos, todos os materiais iriam boiar.* [A5]

Percebemos que o estudante A5 compreendeu que a mudança do líquido pode alterar o resultado final em relação ao apresentado no vídeo, caracterizando a presença da VP6. Além disso, o estudante estabeleceu uma relação de densidade com afundar ou flutuar, compreendendo o mecanismo, o que caracteriza a VP7.

Por fim, um dos estudantes apresentou resposta na qual podemos caracterizar a presença das VP 4, 6 e 7, a saber:

> *Caso as densidades dos plásticos que flutuaram fossem superiores ao do novo líquido, possivelmente tais polímeros iriam afundar. Contudo, se a densidade do líquido fosse superior ao dos plásticos que afundaram, os materiais poliméricos iriam flutuar. Portanto, dependeria da densidade do líquido e de cada plástico, para que ocorresse a submersão ou emersão.* [A2]

Podemos observar que o estudante identificou a densidade como uma propriedade intrínseca dos materiais, uma vez que relatou que o novo líquido terá densidade diferente da água, caracterizando a VP4. Na fala "dependeria da densidade do líquido e de cada plástico, para que ocorresse a submersão ou emersão", percebemos também que o estudante compreendeu que a alteração do líquido levará a um resultado final diferente, identificando a VP6. Além disso, o estudante demonstrou compreender os mecanismos de interação que serão estabelecidos, prevendo o que aconteceria caso a densidade do plástico fosse maior ou menor que a do novo líquido, caracterizando a VP7.

A questão 5 permite que o estudante identifique quais informações são cruciais para definir a separação dos materiais, caracterizando assim a presença da VP2, que questiona quais informações são usadas para diferenciar os tipos de matéria. Além disso, a questão ainda possibilita que o estudante preveja qual a interação de cada material com cada tipo de líquido e proponha um mecanismo para que se consiga separar e identificar cada tipo de plástico, caracterizando assim a VP7 que questiona quais padrões de interação são estabelecidos.

Dois estudantes apresentaram respostas nas quais foi caracterizada uma única variável, a VP7. Como exemplo, temos:

> *Pode-se utilizar o raciocínio de separação por etapas: Usando a glicerina apenas o PET flutuaria, podendo ser separado. Na solução de NaCl, apenas o PVC flutuará com a água e possível separar o PS dos restantes. O etanol separa PP, que flutua, do PEAD que afunda.* [A7]

O estudante A7 estabeleceu um mecanismo de separação, prevendo possíveis interações que podem ocorrer entre os líquidos e os plásticos, atingindo o objetivo que seria conseguir separar e identificar todos os plásticos, o que caracteriza a VP7. No entanto, ao propor o mecanismo de separação, o estudante não explica o porquê de haver selecionado cada líquido ou o porquê de cada plástico afundar ou flutuar, ou seja, não apresenta qual informação lhe permitiu propor o mecanismo; por isso, não se evidencia a VP2.

Na resposta apresentada por seis estudantes evidenciou-se a presença da VP2 e VP7, como pode ser observado no exemplo a seguir:

> *Os materiais seriam separados de acordo com sua densidade.*
> *Inicialmente os plásticos seriam misturados com água e feito a separação em dois grupos: PP; PEAD e PS; PVC; PET. Após os plásticos PP e PEAD seriam misturados em uma solução contendo etanol, espera-se que o PP boie e o PEAD afunde.*
> *A mistura de PS, PVC e PET seria colocada em uma solução de NaCl, o PS iria boiar e os outros dois iriam afundar. Então o PVC e PET seriam jogados em uma mistura de glicerina e o PVC boiaria e o PET afundaria.* [A5]

O estudante A5 deixa claro que foi a densidade que o levou a propor esse processo de separação para identificar cada material, o que caracteriza a VP2. Além disso, com base nos valores de densidade fornecidos, o estudante conseguiu prever as interações que podem ocorrer no sistema para assim propor um processo de separação, o que caracteriza a VP7.

A questão 6 retoma a questão 2 do momento pré, porém de forma mais direcionada, uma vez que o estudante já assistiu ao vídeo experimental e pôde passar por diversos questionamentos que lhe permitiram refletir a respeito da problemática inicial. Assim, a questão permite ao estudante considerar tudo o que foi discutido durante a aula e reformular suas hipóteses iniciais, caso seja necessário. No momento pré, o estudante deveria considerar todas as possíveis causas da mudança nas embalagens, considerando que poderia ter sido fabricada com outros materiais, as propriedades desses materiais, que poderiam ter ocorrido mudanças no processo de síntese, entre outros fatores. Agora, de forma mais direcionada, espera-se que o estudante consiga relacionar o conteúdo densidade com o problema inicial, considerando a existência de diferentes tipos de plásticos

que apresentam propriedades diferentes, como a densidade. Assim, levando em consideração a possível resposta, espera-se identificar indícios das VP1 e VP2.

O estudante A7 apresentou resposta na qual foi identificada a presença apenas da variável de progresso VP1:

> *As embalagens podem ter sido produzidas com tipos de polímeros diferentes dos utilizados anteriormente na produção.* [A7]

Ao fim da atividade, o estudante A7 conseguiu estabelecer que as características diferentes observadas nas embalagens podem estar relacionadas ao fato de que tais embalagens podem ter sido fabricadas com diferentes materiais, caracterizando a VP1, que trata da identidade química.

O estudante A3 apresentou resposta na qual foi possível identificar apenas a variável VP2:

> *Esses aspectos são definidos devido à densidade que aquela embalagem tem, no caso quanto maior a densidade da embalagem mais robusta ela será e vice-versa também.* [A3]

O estudante relacionou em sua resposta a propriedade densidade com características de sua estrutura e identidade química, sendo a densidade o que permite diferenciar as embalagens, caracterizando a VP2.

Nas respostas de três estudantes foi identificada a presença da VP1 e VP2, como pode ser visto no exemplo a seguir:

> *As embalagens provavelmente foram feitas com plásticos diferentes, pelo experimento é possível perceber que cada plástico possui uma faixa de densidade e isso pode interferir em suas propriedades físicas (ser mais finos ou moles).* [A5]

O estudante A5 considerou que durante a produção das embalagens podem ter sido usados diferentes tipos de materiais, o que caracteriza a VP1. O estudante ainda menciona que cada plástico possui uma densidade, compreendendo essa propriedade como intrínseca de cada material, relacionando a identidade química com as propriedades dos materiais, caracterizando a VP2.

O estudante A2 apresentou resposta na qual foi identificada a presença da VP1 e da VP5:

> *Como mencionado na atividade anterior, diversos fatores como luz, composição do plástico e a substância que ele armazena podem ter deixado com o aspecto mais mole e fino.* [A2]

Como se pode ver, o estudante A2 apresentou diversos fatores que podem ter afetado as embalagens e ocasionado as mudanças nos aspectos físicos, como exposição à luz e a substância que é armazenada, caracterizando a VP5. O estudante ainda mencionou, de modo mais específico, que um desses motivos pode ser a composição do plástico, o que caracteriza a VP1, remetendo a identidade química.

A estudante A8 apresentou resposta na qual foi possível identificar duas variáveis de progresso, VP2 e VP11:

> *Cada plástico apresenta uma utilização e uma comercialização diferente. No caso, a indústria optou por um plástico de baixa densidade, por isso apresenta um aspecto de uma embalagem fina e mole.* [A8]

A estudante aparenta compreender que os plásticos apresentam diferentes densidades, relacionando estrutura e propriedade, e caracterizando a VP2. A estudante ainda apresentou a ideia de que cada tipo de material proporciona uma utilização e comercialização diferentes, relacionando a estrutura com aspectos econômicos, o que caracteriza a VP11.

Por fim, uma das estudantes apresentou resposta na qual foi possível identificar três variáveis, VP1, VP5 e VP11, como pode ser visto a seguir:

> *Ou por diminuição do material utilizado, ou por uma troca de material. No entanto embalagens mais finas e moles não necessariamente significam embalagens ruins, por exemplo, o caso da diminuição de material, pode ter um fator econômico e ambiental envolvido. Econômico, pois, diminui o capital aplicado, e ambiental pois, embalagens mais finas são mais facilmente degradadas. Mas é bom relembrar que há também processos de reciclagem para polímeros que seria o mais adequado para esse tipo de embalagem.* [A4]

A estudante A4 apresentou a ideia de que a diminuição na quantidade de material utilizado durante a fabricação pode impulsionar as mudanças físicas observadas, o que caracteriza a VP5, que questiona quais fatores podem afetar as mudanças químicas. Porém, de forma mais específica, ela considerou a existência de diferentes tipos de plásticos (VP1) ao mencionar a troca de materiais utilizados na fabricação. Além disso, a estudante apresentou a compreensão de que o problema também se relaciona com questões econômicas e ambientais, relacionando, por exemplo, o fato de a embalagem ser fina com a sua degradação, o que caracteriza a VP11.

As variáveis VP11 e VP5 não foram previstas entre as respostas esperadas, mas apareceram nas respostas de três estudantes. Isso evidencia que a questão proposta também permitiu aos estudantes aprofundarem suas explicações e hipóteses, utilizando aspectos do pensamento químico para estabelecer causas para as mudanças químicas e relações entre benefícios, custos e riscos da utilização de diferentes materiais.

Percebemos que a VP1 ou a VP2 apareceram nas respostas de todos os estudantes, destacando sua compreensão da identidade química e densidade como responsáveis pelo fenômeno em estudo. Além disso, aparecem nas respostas dos estudantes duas VP que não foram previstas, evidenciando que, após a experimentação, o estudante conseguiu explorar seu pensamento químico de forma mais ampla para propor hipóteses para a situação investigada.

O Quadro 3 apresenta de forma resumida as VP esperadas e obtidas para cada questão.

Quadro 3: Variáveis de Progresso esperadas e obtidas nos momentos pré e pós.

Questão	VP Esperada	VP Obtida
Momento pré-experimento		
1	-	-
2	VP1; VP5; VP6; VP8	VP1 (1)* VP5(2) VP5; VP8 (2) VP1; VP5; VP6 (1) VP5; VP6; VP8(1)
3	VP2	VP2(8)
4	VP2	VP2(3)
Momento pós-experimento		
1	-	VP1; VP2(5)
2	VP2	VP2(8)
3	VP3; VP7	VP2(2) VP2; VP7(5) VP2; VP3(1)
4	VP4; VP6; VP7	VP6(1) VP4; VP6(4) VP6; VP7(1) VP4; VP6; VP7(1)
5	VP2; VP7	VP7 (2) VP2; VP7(6)
6	VP1; VP2	VP1(1) VP2(1) VP1; VP2(3) VP1; VP5(1) VP2; VP11(1) VP1; VP5; VP11(1)

* Os números entre parênteses expressam a quantidade de respostas que evidenciam a respectiva variável de progresso.

A partir da análise do Quadro 3 e das respostas fornecidas pelos estudantes, podemos tecer algumas considerações a respeito da atividade proposta. Evidenciamos, na literatura apresentada sobre a ideia de pensamento químico, que os autores entendem conhecimento químico de modo diferente do qual entendem o pensamento químico. Segundo tais autores, quando o conhecimento químico é utilizado para desenvolver funções como elaborar hipóteses e solucionar problemas, estamos desenvolvendo e fazendo uso do pensamento químico. No decorrer da atividade, foi possível evidenciar que, ao responder as questões propostas, os estudantes empregaram os conhecimentos químicos para elaborar e desenvolver seu pensamento químico (Banks *et al*., 2015; Sjöström e Talanquer, 2018; Sevian e Talanquer, 2014; Volkova, 2019). Tomemos como exemplo a resposta do estudante A5 para a questão 6 do momento pós-experimento:

> *As embalagens provavelmente foram feitas com plásticos diferentes, pelo experimento é possível perceber que cada plástico possui uma faixa de densidade e isso pode interferir em suas propriedades físicas (ser mais finos ou moles).* [A5]

É perceptível que o estudante faz uso do conhecimento químico sobre os materiais e suas propriedades para interpretar e propor uma hipótese. Ao mobilizar esse conhecimento com essa finalidade, podemos compreender, na perspectiva dos autores supracitados, que ocorreu o pensamento químico.

Pelo menos uma das VP esperadas encontra-se nas respostas de todos os estudantes no momento pós, indicando que as questões apresentam potencial de ajudar o estudante a explorar o seu pensamento químico. Para duas questões do momento pós, apareceram, nas respostas dos estudantes, VP diferentes além das previstas, indicando que a atividade também permitiu que os estudantes explorassem de forma mais ampla o seu pensamento químico, refletindo sobre o fenômeno a partir de diferentes perspectivas apoiados em seus conhecimentos científicos. Como pode ser observado, nem todas as questões apresentaram respostas dos oito estudantes, pois alguns deles apresentaram respostas que não eram condizentes com a questão. Isso nos indica pontos que podem ser aprimorados em atividades futuras, a fim de melhorar a compreensão dos estudantes acerca da situação-problema investigada. Tomemos como exemplo a questão 4 do momento pré-experimento, na qual era solicitado que o estudante identificasse quais dados e informações seriam necessários que os testes sugeridos na questão 3 lhes fornecessem. Para essa questão, cinco estudantes apresentaram respostas que não condiziam com a questão, como pode ser observado a seguir:

> *Com esses testes e seus resultados espero conseguir concluir se a garrafa perdeu ou não qualidade. Pois, o seu possível afinamento pode não ser um problema, desde que ela, quando cheia, armazene o líquido sem qualquer risco de vazamentos.* [A1]

Podemos observar que, em sua resposta, a aluna A1 não apresenta os dados que seriam importantes de serem obtidos a partir dos experimentos sugeridos na questão 3. Como vários alunos apresentaram respostas confusas a essa questão, isso nos chamou atenção quanto à maneira como formulamos a questão e à necessidade de reformulá-la em atividades futuras.

Para a questão 2 do momento pré-experimento identificamos que apenas dois estudantes apresentaram respostas nas

quais foi possível identificar a VP1, ou seja, atribuíram as diferenças das embalagens ao uso de diferentes matérias primas. Somado a isso, nenhum estudante apresentou a propriedade que permitiria identificar esses diferentes materiais e ocasionar as propriedades físicas diferentes, nesse caso, a densidade. Contudo, no momento pós-experimento percebemos que sete estudantes apresentaram respostas nas quais foi possível identificar a VP1, mostrando compreender que o uso de diferentes materiais pode gerar as mudanças físicas, e cinco estudantes responderam que a densidade pode ser a propriedade responsável pelas mudanças. Logo, a atividade experimental e as questões elaboradas permitiram que os licenciandos, refletindo acerca do fenômeno e explorando o seu pensamento químico, ampliassem sua visão acerca do fenômeno, e compreendessem a densidade como uma propriedade intrínseca que pode ocasionar mudanças físicas em produtos finais.

Banks e colaboradores (2015) evidenciam a partir de sua pesquisa que os alunos avaliam e julgam os fenômenos a partir de suposições intuitivas. Em nosso trabalho, também podemos evidenciar que no momento pré-experimento os estudantes associaram a situação problema com a química formulando suas hipóteses de forma mais generalista e intuitiva. Banks e colaboradores (2015) também argumentam que as suposições intuitivas dos estudantes devem ser elucidadas e discutidas nas salas de aula, e que eles devem ter a oportunidade de testar modelos com base em suas suposições e comparar com outros modelos que estejam mais alinhados ao pensamento químico moderno.

Assim, após sugerir suas hipóteses e formas de testá-las, os alunos tiveram a oportunidade de comparar com as ideias expressas no vídeo experimental e, a partir de suas observações, refletir e elaborar novas conclusões sobre o fenômeno em questão que, nesse momento, se apresentam de forma menos intuitiva e mais alinhadas com o pensamento químico (Banks *et al*., 2015).

Souza e colaboradores (2013) afirmam que, para uma atividade experimental resultar na construção de conhecimento, ela deve permitir que o estudante tenha uma participação intelectualmente ativa e espaço para refletir acerca dos fenômenos e formular hipóteses, estabelecendo relações entre o que foi observado e explicações científicas (Souza *et al*., 2013). Dessa forma, podemos concluir que, ao fazer uso de vídeos experimentais associados a questões pré e pós experimento, torna-se possível propiciar a participação intelectual dos estudantes, resultando no desenvolvimento do pensamento químico.

Santos e colaboradores (2020), Gomes e colaboradores (2020), Sousa e Valério (2021) e Silva e colaboradores (2020) consideram que a falta de recursos tecnológicos apropriados ou familiaridade com algumas plataformas podem ser obstáculos para os alunos realizarem as atividades experimentais no meio remoto. Mais especificamente, Santos e colaboradores (2020) observaram, em seu estudo, que houve certa resistência por parte dos alunos em utilizar mais uma plataforma diferente para fazer uso dos laboratórios virtuais.

Assim, destacamos que a atividade proposta neste estudo pode minimizar tais dificuldades, uma vez que permite que o aluno assista à atividade experimental a partir de um vídeo fornecido para ele via *Google Classroom*, mesma plataforma em que ele participa das discussões referentes à disciplina, sem a necessidade de desenvolver familiaridade com outra plataforma ou preocupação com a compatibilidade de equipamentos. Outro ponto a ser destacado é que o vídeo fornecido para os alunos foi editado, ficando com curta duração e com arquivo de formato pequeno, o que facilita seu *download* e visualização recorrente. Além disso, após baixado, a atividade pode ser realizada *offline*.

Considerações finais

Neste estudo buscamos respostas ao seguinte questionamento: como propor aulas experimentais remotamente, priorizando o caráter investigativo e que permitam aos estudantes fazer uso do pensamento químico? Para tanto, elaboramos e desenvolvemos atividades experimentais investigativas, de forma remota, para estudantes de um curso de licenciatura em química, e avaliamos o uso do pensamento químico pelos licenciandos nessas aulas.

A partir de leituras e interpretações da literatura disponível, compreendemos pensamento químico como o uso do conhecimento químico e da linguagem química na interpretação de fenômenos e tomada de decisões em diferentes contextos do mundo real, articulando fatores sociais, econômicos e ambientais. Ao elaborar a atividade experimental, visamos abranger 8 das 11 variáveis de progresso, com o objetivo de que os licenciandos transitassem por elas e assim ampliassem o uso do pensamento químico. Evidenciamos 9 VP nas respostas dos estudantes e, dessa forma, podemos inferir que as atividades elaboradas foram eficazes para permitir o uso do pensamento químico. A utilização da abordagem heurística da escrita científica instigou os alunos a fazerem uso da linguagem química para escrever sobre determinado fenômeno de maneira contextualizada, permitindo dessa forma o desenvolvimento do pensamento químico.

Corroborando ainda para o indicativo de que a atividade proposta foi eficaz para a aprendizagem, percebemos que pelo menos uma das VP esperadas foi encontrada nas respostas de todos os estudantes. Além disso, o roteiro elaborado permitiu com que os estudantes expandissem seu pensamento químico, uma vez que, para duas questões do momento pós, aparecem nas respostas dos estudantes VP além das previstas, indicando que a atividade e as questões permitiram com que o estudante explorasse de forma mais ampla o seu pensamento. A atividade experimental e as questões elaboradas guiaram os estudantes a utilizarem o pensamento químico para relacionar o conceito de densidade à questão problema, uma vez que, comparando a questão 2 do momento pré e a questão 6 do momento pós, fica evidente que a ideia de densidade se torna mais presente,

justificando as diferenças das embalagens. Além disso, os estudantes demonstraram compreender a densidade como uma propriedade intrínseca e que interfere nas propriedades físicas dos materiais.

A proposta é uma alternativa eficaz para se desenvolver atividades experimentais, seja no ensino remoto ou em escolas que não apresentam a infraestrutura do laboratório, apresentando potencial para permitir o uso e o desenvolvimento do pensamento químico e promover o ensino investigativo e contextualizado.

Acreditamos que, para desenvolver o pensamento químico nos estudantes da Educação Básica, é importante que esse tema seja discutido e vivenciado na formação inicial e continuada de professores.

Referências bibliográficas

ALMEIDA, F. G.; ARRIGO, V. e BROIETTI, F. C. D. Relatos de pós-graduandos em Ensino de Ciências e Educação Matemática a respeito de aspectos da formação em tempos de pandemia. *Revista Docência do Ensino Superior*, v. 10, p. 1-21, 2020.

BANKS, G.; CLINCHOT, M.; CULLIPHER, S.; HUIE, R.; LAMBERTZ, J.; LEWIS, R.; NGAI, C.; SEVIAN, H.; SZTEINBERG, G.; TALANQUER, V. e WEINRICH, M. Uncovering Chemical Thinking in Students' Decision Making: A Fuel-Choice Scenario. *Journal of Chemical Education*, v. 92, n. 10, p. 1610-1618, 2015.

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

BRASIL - Ministério da Educação. Secretaria da Educação Básica. *Orientações curriculares para o ensino médio*. Volume 2: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC, 2006. Disponível em http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book_volume_02_internet.pdf, acesso jul. 2020.

BRASIL - Ministério da Saúde. *Como se proteger?* Brasília, 2020. Disponível em https://www.gov.br/saude/pt-br/coronavirus/como-se-proteger, acesso jul. 2020.

BRASIL - Ministério da Educação. Portaria nº 343, de 17 de março de 2020. Dispõe sobre a substituição das aulas presenciais por aulas em meios digitais enquanto durar a situação de pandemia do Novo Coronavírus - COVID-19. *Diário Oficial da União*. Brasília, DF: Ministério da Educação, 2020. Disponível em http://www.in.gov.br/web/dou/-/portaria-n-343-de-17-de-marco-de-2020-248564376, acesso jul. 2020.

BROIETTI, F. C. D.; FERRACIN T. P. e ARRIGO, V. Explorando o conceito "densidade" com estudantes do ensino fundamental. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, v. 13, n. 2, p. 201-217, 2018.

BURKE, K. A.; GREENBOWE, T. J. e HAND, B. M. Implementing the Science Writing Heuristic in the Chemistry Laboratory. *Journal of Chemical Education*, v. 83, n. 7, p. 1032-1038, 2006.

CANTONI, J.; ROCHEMBACH, E. S.; CHIAPINOTO, M. L. e LAUXEN, A. A. Estágio curricular supervisionado: perspectivas e desafios de constituir-se educador em tempos de pandemia. *Revista Insignare Scientia*, v. 4, n. 3, p. 369-385, 2021.

CAMILLO, C. M. e GRAFFUNDER, K. G. Mapeamento das contribuições de atividades experimentais no ensino de ciências. *Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Tecnologia*, v. 14, n. 2, p. 215-230, 2021.

FIORI, R. e GOI, M. E. J. O Ensino de Química na plataforma digital em tempos de Coronavírus. *Revista Thema, Edição Especial Covid- 19*, v. 18, p. 218-242, 2020.

FERREIRA, L. H.; HARTWIG, D. R. e OLIVEIRA, R. C. Ensino Experimental de Química: Uma abordagem investigativa contextualizada. *Química Nova na Escola*, v. 32, n. 2, 101-106, 2010.

REGUEIRO, E. M. G.; VASCONCELOS, E. C. L. M.; GONÇALVES, A. C.; FIGUEIREDO, M. M. L.; VASCONCELOS, E. E. e BELLUZZO, S. S. Ensino mediado por tecnologias no curso de Fisioterapia do Centro Universitário Barão de Mauá durante o período de pandemia da COVID-19. *Revista Interdisciplinar de Saúde e Educação*, v. 1, n. 1, p. 107-119, 2020.

GOMES, A. L.; BILESSIMO, S. M. e SILVA, J. B. Aplicação de sequência didática investigativa com uso de laboratórios online no ensino de química em turmas do ensino médio em escola pública: uma pesquisa-ação. *Experiências em Ensino de Ciências*. v. 15, n. 1, 499-519, 2020.

IMBERTI, G. A.; PEREIRA, S. S.; DE PAULA, R. G.; GONÇALVES, E. C. e COITINHO, J. B. Ensino remoto emergencial durante a pandemia na perspectiva freiriana. *Olhares & Trilhas*, v. 23, n. 2, p. 555-579, 2021.

KLAIBER, M. A. *Introdução à álgebra linear em um curso de licenciatura em química*: o desenvolvimento do pensamento matemático avançado por meio de uma experiência de ensino. 2019. 329f. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2019.

OLIVEIRA, N. e SOARES, M. H. F. B. As atividades de experimentação investigativa em ciência na sala de aula de escolas de ensino médio e suas interações com o lúdico. XV ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA (XV ENEQ), 21 a 24 de julho de 2010. *Anais [...]*. Brasília: 2010.

OMS. Organização Mundial da Saúde. Coronavirus disease 2019 (COVID-19) pandemic. WHO, 2020. Disponível em: https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019, acesso ago. 2020.

SANTOS, C.; FREITAS, P. S. e LOPES, M. M. Ensino remoto e a utilização de laboratórios virtuais na área de ciências naturais. *Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão*, v. 12, n. 1, p. 20, 2020.

SANTOS, L. R. e MENEZES, J. A. A experimentação no ensino de Química: principais abordagens, problemas e desafios. *Revista Eletrônica Pesquiseduca*, v. 12, n. 26, p. 180-207, 2020.

SCHNETZLER, R. P. e ANTUNES-SOUZA, T. Proposições didáticas para o formador químico: a importância do triplete químico, da linguagem e da experimentação investigativa na formação docente em química. *Química Nova,* v. 42, n. 8, p. 947-954, 2019.

SEVIAN, H. e TALANQUER, V. Rethinking chemistry: a learning progression on chemical thinking. *Chemistry Education Research and Practice*, v. 15, n. 1, p. 10-23, 2014.

SILVA, J. A. O.; RANGEL, D. A. e SOUZA, I. A. Docência superior e ensino remoto: relatos de experiências numa instituição de ensino superior privada. *Revista Docência do Ensino Superior*, v. 10, p. 1-19, 2020.

SILVA, I. C. S. e SILVA, R. M. S. Simulador de Volumetria - Uma Ferramenta para Auxiliar o Ensino Remoto de Conceitos de Titulação. In*:* WORKSHOPS DO IX CONGRESSO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 9, 24 a 28 de novembro de 2020. *Anais [...]*. Porto Alegre: 2020.

SILVA, F. N.; SILVA, R. A.; RENATO, G. A. e SUART, R. C. Concepções de professores dos cursos de química sobre as atividades experimentais e o ensino remoto emergencial. *Revista Docência do Ensino Superior*, v. 10, p. 1-21, 2020.

SJÖSTRÖM, J. e TALANQUER, V. Eco-reflexive chemical thinking and action. Current Opinion. In: *Green and Sustainable Chemistry*, v. 13, p. 16-20, 2018.

SOUSA, L. G. e VALÉRIO, R. B. R. Química experimental no ensino remoto em tempos de Covid-19. *Ensino Em Perspectivas*, v. 2, n. 4, p. 1-10, 2021.

SOUZA, F. L.; AKAHOSHI, L. H.; MARCONDES, M. E. R. e CARMO, M. P. Atividades experimentais investigativas no ensino de química. *GEPEQ. Grupo de Pesquisa em Educação Química.* São Paulo: Secretaria da Educação, 2013.

SUART, R. C. e MARCONDES, M. E. R. As habilidades cognitivas manifestadas por alunos do ensino médio de química em uma atividade experimental investigativa. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências,* v. 8, n. 2, 2008. Disponível em: https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4022, acesso set. 2022.

TALANQUER, V. Assessing for Chemical Thinking. In: Schultz, M.; Schmid, S.; Lawrie, G. (eds.) *Research and Practice in Chemistry Education*: Advances from the 25th IUPAC International Conference on Chemistry Education (p. 123-133). Singapore: Springer, 2019.

TALANQUER, V. School chemistry: the need for transgression. *Science & Education*, v. 22, p. 1757-1773, 2013.

TALANQUER, V. e POLLARD, J. Let's teach how we think instead of what we know. *Chemistry Education Research and Practice*, v. 11, n. 2, p. 74-83, 2010.

VOLKOVA, E. V. Evaluation and chemical thinking development. In: *10th ICEEPSY 2019* - International Conference on Education and Education Psychology, 9 a 12 de outubro de 2019. Barcelona, 2019.

WENZEL, J. S. A leitura de textos de divulgação científica na constituição de professores de química. *Interfaces da Educação,* v. 9, n. 27, p. 232-252, 2018.

ZANON, D. A. V. e FREITAS, D. A aula de ciências nas séries iniciais do ensino fundamental: ações que favorecem a sua aprendizagem. *Ciências & Cognição* (Rio de Janeiro), v. 10, p. 93-103, 2007. Disponível em: http://www.cdcc.usp.br/maomassa/doc/m317150.pdf, acesso jun. 2021.

Preparação dos Manuscritos

Os trabalhos deverão ser digitados em página A4, espaço duplo, tipo Times Roman, margens 2,5, devendo ter no máximo o número de páginas especificado para a seção da revista à qual são submetidos. Na primeira página deverá conter o título do trabalho e um resumo do artigo com, no máximo, 1000 caracteres (espaços inclusos) e a indicação de três palavras-chave, seguidos de suas traduções para a linha inglesa, incluindo o título.

Não deve haver indicação dos autores no documento com o manuscrito e nenhum dado ou marcas em qualquer parte do texto que conduzam à sua identificação, durante a avaliação como, por exemplo: nome e filiação institucional; nomes de projetos e coordenadores de projetos (quando não são indispensáveis); referências e citações (utilizar "Autor1, ano", "Autor2, ano"... para manter o anonimato); local, título ou local de defesa de mestrado ou doutorado; agradecimentos etc. Os autores devem eliminar auto-referências. As informações dos autores devem estar descritas na carta de apresentação aos editores, e esta deverá conter o título do trabalho, o(s) nome(s) do(s) autor(es), sua(s) formação(ções) acadêmica(s), a instituição em que trabalha(m) e o endereço completo, incluindo o eletrônico. Verifique as propriedades do documento para retirar quaisquer informações.

As referências citadas devem ser relacionadas ao final do texto, segundo exemplos abaixo:

- Para livros referência completa (citação no texto entre parênteses):

AMBROGI, A.; LISBÔA, J. C. e VERSOLATO, E. F. *Unidades modulares de química*. São Paulo: Gráfica Editora Hamburg, 1987. - (Ambrogi *et al.*, 1987).

KOTZ, J. C. e TREICHEL Jr., P. *Química e reações químicas*, vol. 1 Trad. J. R. P. Bonapace. 4ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2002. - (Kotz e Treichel Jr., 2002).

- Para periódicos referência completa (citação no texto entre parênteses):

TOMA, H. E. A nanotecnologia das moléculas. *Química Nova na Escola*, n. 21, p. 3-9, 2005. - (Toma, 2005).

ROSINI, F.; NASCENTES, C. C. E NÓBREGA, J. A. Experimentos didáticos envolvendo radiação microondas. *Química Nova*, v. 26, p. 1012-1015, 2004. - (Rosini *et al*., 2004).

- Para páginas internet referência completa (citação no texto entre parênteses):

http://qnesc.sbq.org.br, acessada em Março 2008. – (Revista Química Nova na Escola, 2008).

Para outros exemplos, consulte-se número recente da revista.

Os autores devem, sempre que possível, sugerir outras leituras ou acessos a informações e reflexões a respeito dos temas abordados no texto, para serem incluídos em "Para Saber Mais".

As legendas das figuras devem ser colocadas em página à parte, ao final, separadas das figuras. A seguir devem ser colocadas as figuras, os gráficos, as tabelas e os quadros. No texto, apenas deve ser indicado o ponto de inserção de cada um(a).

Os autores devem procurar seguir, no possível, as normas recomendadas pela IUPAC, inclusive o Sistema Internacional de Unidades.

Condições para Submissão dos Artigos

1) Os manuscritos submetidos não devem estar sendo analisados por outros periódicos.
2) Os autores são responsáveis pela veracidade das informações prestadas e responsáveis sobre o conteúdo dos artigos.
3) Os autores devem seguir as recomendações das Normas de Ética e Más Condutas constantes na página da revista http://qnesc.sbq.org.br/pagina.php?idPagina=17.
4) Os autores declaram que no caso de resultados de pesquisas relacionadas a seres humanos eles possuem parecer de aprovação de um Comitê de Ética em pesquisa.
5) No caso de envio de imagens, os autores devem enviar cópia do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido assinado pelo(s) sujeito(s) (ou seus responsáveis), autorizando o uso da imagem.
6) Os autores declaram a inexistência de conflito de interesses na submissão do manuscrito.
7) É responsabilidade dos autores garantirem que não haja elementos capazes de identificá-los em qualquer parte do texto.

Submissão dos Artigos

Química Nova na Escola oferece aos autores a submissão on line, que pode ser acessada por meio do registro de Login e Senha. É possível registrar-se em nossa página na internet (http://qnesc.sbq.org.br) usando a opção Novo Usuário. Usuários das plataformas do JBCS e QN já estão cadastrados na base, devendo utilizar o mesmo Login e Senha. Após estar cadastrado no sistema, o autor pode facilmente seguir as instruções fornecidas na tela. Será solicitada a submissão de um único arquivo do manuscrito completo, em formato PDF. Está disponível uma ferramenta para gerar o arquivo .pdf, a partir de arquivo .doc ou .rtf, com envio automático para o endereço eletrônico do autor. Tão logo seja completada a submissão, o sistema informará automaticamente, por correio eletrônico, o código temporário de referência do manuscrito, até que este seja verificado pela editoria. Então será enviada mensagem com o número de referência do trabalho.

Se a mensagem com código temporário de submissão não for recebida, por algum motivo, a submissão não foi completada e o autor terá prazo máximo de 5 (cinco) dias para completá-la. Depois desse prazo, o sistema não permite o envio, devendo ser feita nova submissão.

O autor poderá acompanhar, diretamente pelo sistema, a situação de seu manuscrito.

Ao fazer a submissão, solicita-se uma carta de apresentação, indicando a seção na qual o artigo se enquadra, que deverá ser digitada no local indicado, sendo obrigatória a apresentação dos endereços eletrônicos de todos os autores.

Manuscritos revisados

Manuscritos enviados aos autores para revisão devem retornar à Editoria dentro do prazo de 30 dias ou serão considerados como retirados.
A editoria de Química Nova na Escola reserva-se o direito de efetuar, quando necessário, pequenas alterações nos manuscritos aceitos, de modo a adequá-los às normas da revista e da IUPAC, bem como tornar o estilo mais claro - respeitando, naturalmente, o conteúdo do trabalho. Sempre que possível, provas são enviadas aos autores, antes da publicação final do artigo.
Todos os textos submetidos são avaliados no processo de duplo-cego por ao menos dois assessores. Os Editores se reservam o direito de julgar e decidir sobre argumentos divergentes durante o processo editorial.

Seções / Linha Editorial

Química Nova na Escola (Impresso)

Serão considerados, para publicação na revista Química Nova na Escola (impresso), artigos originais (em Português) que focalizem a área de ensino de Química nos níveis fundamental, médio ou superior, bem como artigos de História da Química, de pesquisa em ensino e de atualização científica que possam contribuir para o aprimoramento do trabalho docente e para o aprofundamento das discussões da área.

Química Nova na Escola (On-line)

Serão considerados, para publicação na revista Química Nova na Escola (on-line), além dos artigos com o perfil da revista impressa, artigos inéditos (empíricos, de revisão ou teóricos) em Português, Espanhol ou Inglês que apresentem profundidade teórico-metodológica, gerem conhecimentos novos para a área e contribuições para o avanço da pesquisa em Ensino de Química. Estes artigos deverão atender aos critérios da seção “Cadernos de Pesquisa”.

Os artigos são aceitos para publicação nas seguintes seções:

• QUÍMICA E SOCIEDADE
Responsável: Roberto Ribeiro da Silva (UnB)
Aspectos importantes da interface química/sociedade, procurando analisar as maneiras como o conhecimento químico pode ser usado - bem como as limitações de seu uso - na solução de problemas sociais, visando a uma educação para a cidadania. Deve-se abordar os principais aspectos químicos relacionados à temática e evidenciar as principais dificuldades e alternativas para o seu ensino.
Limite de páginas: 20

• EDUCAÇÃO EM QUÍMICA E MULTIMÍDIA
Responsável: Marcelo Giordan (USP)
Visa a aproximar o leitor das aplicações das tecnologias da informação e comunicação no contexto do ensino-aprendizado de Química, publicando resenhas de produtos e artigos/notas teóricos e técnicos. Deve-se explicitar contribuições para o processo de ensino-aprendizagem.
Limite de páginas: 15

• ESPAÇO ABERTO
Responsável: Luciana Massi (Unesp)
Divulgação de temas que igualmente se situam dentro da área de interesse dos educadores em Química, de forma a incorporar a diversidade temática existente hoje na pesquisa e na prática pedagógica da área de ensino de Química, bem como desenvolver a interface com a pesquisa educacional mais geral. Deve-se explicitar contribuições para o processo de ensino-aprendizagem.
Limite de páginas: 20

• CONCEITOS CIENTÍFICOS EM DESTAQUE
Responsável: Marcia Borin da Cunha (Unioeste)
Discussão de conceitos básicos da Química, procurando evidenciar sua relação com a estrutura conceitual da Ciência, seu desenvolvimento histórico e/ou as principais dificuldades e alternativas para o ensino.
Limite de páginas: 20

• HISTÓRIA DA QUÍMICA
Responsável: Paulo Porto (USP)
Esta seção contempla a História da Química como parte da História da Ciência, buscando ressaltar como o conhecimento científico é construído. Deve-se apresentar dados históricos, preferencialmente, de fontes primárias e explicitar o contexto sociocultural do processo de construção histórica.
Limite de páginas: 15

• ATUALIDADES EM QUÍMICA
Responsável: Edvaldo Sabadini (Unicamp)
Procura apresentar assuntos que mostrem como a Química é uma ciência viva, seja com relação a novas descobertas, seja no que diz respeito à sempre necessária redefinição de conceitos. Deve-se explicitar contribuições para o ensino da Química.
Limite de páginas: 15

• RELATOS DE SALA DE AULA
Responsável: Nyuara Araújo da Silva Mesquita (UFG)
Divulgação das experiências dos professores de Química, com o propósito de socializá-las junto à comunidade que faz

educação por meio da Química, bem como refletir sobre elas. Deve-se explicitar contribuições da experiência vivenciada e indicadores dos resultados obtidos.
Limite de páginas: 20

ENSINO DE QUÍMICA EM FOCO

Responsável: Rafael Cava Mori (UFABC)
Investigações sobre problemas no ensino da Química, explicitando os fundamentos teóricos, o problema, as questões ou hipóteses de investigação e procedimentos metodológicos adotados na pesquisa, bem como analisando criticamente seus resultados.
Limite de páginas: 25

O ALUNO EM FOCO

Responsável: Edênia Maria Ribeiro do Amaral (UFRPE)
Divulgação dos resultados das pesquisas sobre concepções de alunos e alunas, sugerindo formas de lidar com elas no processo ensino-aprendizagem, explicitando os fundamentos teóricos, o problema, as questões ou hipóteses de investigação e procedimentos metodológicos adotados na pesquisa, bem como analisando criticamente seus resultados.
Limite de páginas: 25

EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE QUÍMICA

Responsável: Mara Elisa Fortes Braibante (UFSM)
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.

PubliSBQ

Sociedade Brasileira de Química