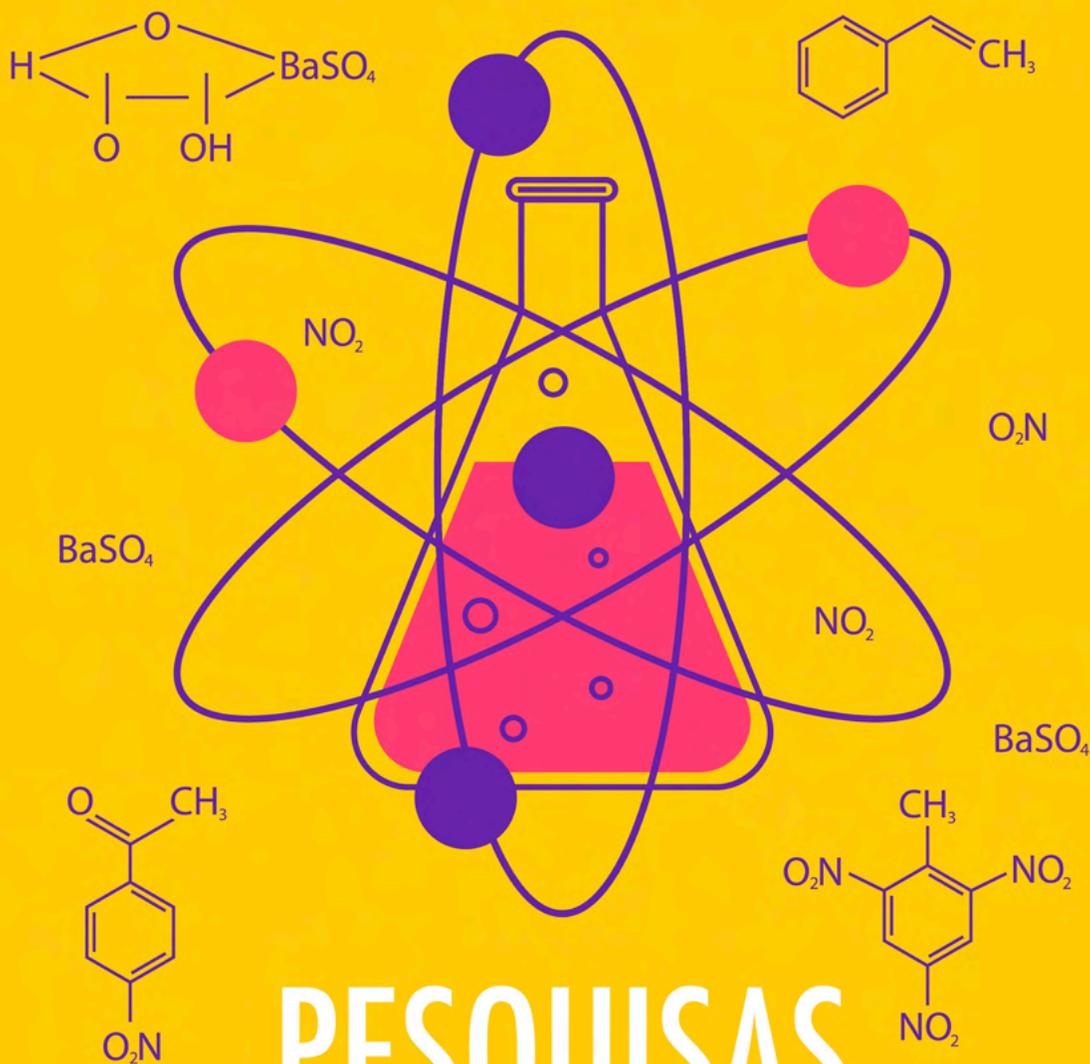
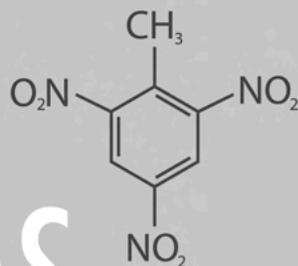
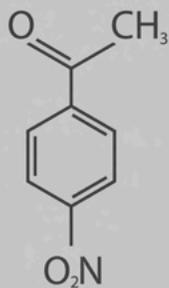
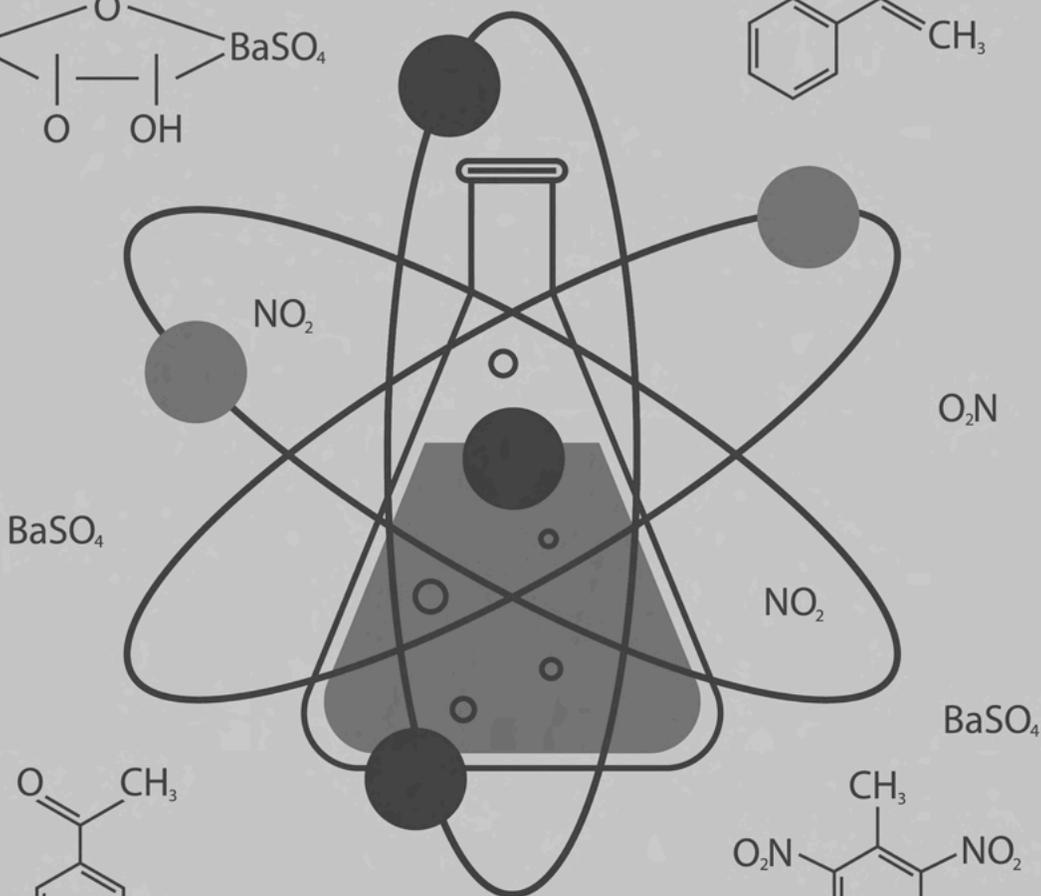
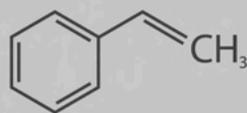
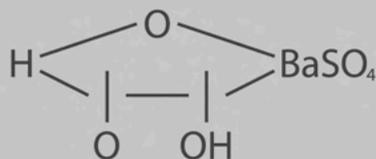


CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA
(ORGANIZADOR)



PESQUISAS CIENTÍFICAS 3 E O ENSINO DE QUÍMICA

CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA
(ORGANIZADOR)



PESQUISAS CIENTÍFICAS 3 E O ENSINO DE QUÍMICA

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-Não-Derivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial**Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná



Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista



Pesquisas científicas e o ensino de química 3

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Mariane Aparecida Freitas
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizador: Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

P474 Pesquisas científicas e o ensino de química 3 / Organizador Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-258-0193-3

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.933221306>

1. Química - Estudo e ensino. I. Paniagua, Cleiseano Emanuel da Silva (Organizador). II. Título.

CDD 540.7

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br



Atena
Editora
Ano 2022

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



APRESENTAÇÃO

O e-book: “Pesquisas científicas e o ensino de química 3” é constituído por cinco capítulos de livros que avaliaram: *i)* o processo de ensino-aprendizagem em química, biologia e suas interfaces no âmbito do ensino médio e no curso superior de bacharelado em química e; *ii)* química de produtos naturais e revisão bibliográfica de alcalóides.

O primeiro capítulo avaliou o nível de Alfabetização Científica (AC) em relação à química, biologia e suas interfaces, por meio de um projeto de pesquisa que realizados com alunos do 1º e 3º do ensino médio da rede pública. Os pesquisadores concluíram que o processo de AC não está atendendo as habilidades e competências estabelecidos nas diretrizes da BNCC.

O segundo capítulo apresentou uma proposta de atividades diferenciadas para a melhor compreensão e entendimento das funções exponenciais e logarítmicas na disciplina de Cálculo Diferencial e Integral I no curso de Bacharelado em Química na Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Os discentes indicaram que tais atividades foram significativas para o aprendizado dos mesmos.

O terceiro capítulo apresentou um levantamento de uma vasta coleção de instrumentos didáticos antigos que eram utilizados para despertarem o interesse pelo estudo em Física e Química no ensino secundário. Conforme o pesquisador, a coleção não representa somente a beleza pelos exemplos, mas a memória do desenvolvimento das ciências ao longo do tempo em Portugal.

O quarto capítulo apresentou uma breve revisão dos principais conceitos e equações necessárias para o melhor entendimento da Eletroquímica, bem como demonstrar a sua correlação com conceitos de eletricidade e sua ampla aplicação.

O último capítulo se propôs a apresentar uma revisão bibliográfica realizada entre o período de 2007 a 2021 em relação ao estudo das propriedades físico-químicas e biológicas de inúmeros alcalóides a partir de plantas do gênero *Ocotea* que pertence a uma família com mais de 350 espécies identificadas e catalogadas.

Nesta perspectiva, a Atena Editora vem trabalhando de forma a estimular e incentivar cada vez mais pesquisadores do Brasil e de outros países a publicarem seus trabalhos com garantia de qualidade e excelência em forma de livros, capítulos de livros e artigos científicos.

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
AVALIAÇÃO DO NÍVEL DE ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA EM CIÊNCIAS DA NATUREZA PARA ALUNOS DO ENSINO MÉDIO PROVENIENTES DA REDE PÚBLICA DO ENSINO	
Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua Anelise dos Santos Mendonça Soares Valdinei de Oliveira Santos	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.9332213061	
CAPÍTULO 2	13
UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DE FUNÇÕES EM UM CURSO DE QUÍMICA: UM OLHAR PARA AS FUNÇÕES EXPONENCIAIS E LOGARÍTMICAS	
Guilherme Gonçalves Costa Érica Regina Filletti Sidineia Barrozo	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.9332213062	
CAPÍTULO 3	28
COLECÇÕES DE INSTRUMENTOS DIDÁCTICOS ANTIGOS DE FÍSICA E QUÍMICA – RESSONÂNCIAS DE UM ENSINO MÉDIO DEMONSTRATIVO-EXPERIMENTAL EM PORTUGAL	
Isabel Malaquias	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.9332213063	
CAPÍTULO 4	40
ELETROQUÍMICA – UMA REVISÃO DE CONCEITOS BÁSICOS	
Leila Cottet Patrícia Appelt David Lucas Zegolan Marcondes	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.9332213064	
CAPÍTULO 5	54
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA DOS ALCALOIDES DO GÊNERO <i>OCOTEA</i> E SUAS ATIVIDADES BIOLÓGICAS PUBLICADOS NO PERÍODO DE 2007-2021	
Joana Darc Rodrigues Moura Márcia Denise Alves Veras Rodrigo Ferreira Santiago Gerardo Magela Vieira Júnior Mariana Helena Chaves	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.9332213065	
SOBRE O ORGANIZADOR	66
ÍNDICE REMISSIVO	67

CAPÍTULO 1

AVALIAÇÃO DO NÍVEL DE ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA EM CIÊNCIAS DA NATUREZA PARA ALUNOS DO ENSINO MÉDIO PROVENIENTES DA REDE PÚBLICA DO ENSINO

Data de aceite: 01/06/2022

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

Doutor em Química pela Universidade Federal de Uberlândia
Discente do curso de especialização em Ensino de Ciências e Matemática do Instituto Federal do Triângulo Mineiro- *Campus* Uberlândia - MG
<http://lattes.cnpq.br/12970002659897780>
<https://orcid.org/0000-0003-3587-486X>

Anelise dos Santos Mendonça Soares

Doutora em Genética e Bioquímica pela Universidade Federal de Uberlândia
Docente do curso de especialização em Ensino de Ciências e Matemática do Instituto Federal do Triângulo Mineiro- *Campus* Uberlândia - MG
<http://lattes.cnpq.br/8591893046454042>
<https://orcid.org/0000-0001-8442-393X>

Valdinei de Oliveira Santos

Especialista em Educação Ambiental, pelo Instituto de Educação e Ensino Superior de Samambaia
Professor da Escola Estadual Dom Eliseu Unai -MG
<http://lattes.cnpq.br/5877647086852971>
<https://orcid.org/0000-0002-3400-0143>

RESUMO: O Brasil se configura em um dos piores países do mundo em relação a avaliações internacionais nas áreas de linguística, matemática e ciências da natureza. O ensino tradicional ocupa os espaços da grande parcela das instituições de educação básica sejam elas públicas ou privadas. Diante disso, ao se avaliar o processo de alfabetização científica (AC)

nas ciências naturais, sabe-se que o problema ultrapassa a discussão em relação ao uso de ferramentas e tecnologias digitais, aulas em laboratório, visitas técnicas ou aulas de campo. Neste sentido, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a eficiência da AC em questões que envolvem conhecimentos de química, biologia e em suas interfaces, dentro de um contexto no qual o aluno se insere. O trabalho se constituiu em aplicar um questionário *online* em escolas públicas do estado de Minas Gerais. Os resultados obtidos apontaram que em 4/5 questões avaliadas, os alunos apresentaram um desempenho abaixo de 60%, indicando que o processo de AC não está sendo efetivo e que as habilidades e competências previstas na BNCC não estão atingindo seus objetivos. Além disso, o período pandêmico (2020-2021) teve uma grande influência em relação aos baixos rendimentos obtidos. Logo, existe uma necessidade urgente de se estabelecer políticas públicas voltadas para a educação básica em todos os segmentos que desta fazem parte. A educação precisa ser prioridade e vista como um investimento a longo prazo, a fim de se buscar e desenvolver Ciência e Tecnologia de ponta.

PALAVRAS-CHAVE: Alfabetização científica; biologia; ciências da natureza e química.

ASSESSMENT OF THE LEVEL OF SCIENTIFIC LITERACY IN NATURE SCIENCES FOR HIGH SCHOOL STUDENTS FROM THE PUBLIC EDUCATION NETWORK

ABSTRACT: Brazil is one of the worst countries in the world in terms of international assessments in

there as of linguistics, mathematics and natural sciences. Traditional education occupies the spaces of a large portion of basic education institutions, whether public or private. Therefore, when evaluating the scientific literacy (CA) process in the natural sciences, it is known that the problem goes beyond the discussion regarding the use of digital tools and technologies, laboratory classes, technical visits or field classes. In this sense, the present work aimed to evaluate the efficiency of CA in questions that involve knowledge of chemistry, biology and their interfaces, with in a context in which the student is inserted. The results obtained showed that in 4/5 questions evaluated, the students presented a performance below 60%, indicating that the AC process is not being effective and the skills and competences provided for in the BNCC are not reaching their objectives. In addition, the pandemic period (2020-2021) had a great influence on the low yields obtained. Therefore, is and urgent need to establish public policies aimed at basic education in all segments that are part of it. Education needs to be a priority and seen as a long-term investment in order to seek and develop cutting-edge Science and Technology.

KEYWORDS: Scientific literacy; biology; natural sciences and chemistry.

1 | INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

A Pandemia do COVID-19 assolou todo o mundo e deixou rastros de consequências desastrosas em todos os setores da sociedade. Pessoas perderam amigos e familiares, muitos sofreram e sofrem com as sequelas deixadas, milhares de pessoas ficaram desempregadas que retirou o sustento de seus familiares, a economia mundial começou a se desmoronar e o mundo todo desabou. Neste cenário, o Brasil demorou a entender a gravidade e a calamidade pública frente à situação que chegou ao país e foi por muito tempo negligenciado pelos representantes do poder executivo no âmbito municipal, estadual e federal trazendo à tona a fragilidade da educação em termos de conhecimento científico, no qual prevaleceu o negacionismo por grande parte da sociedade (FILHO; VASCONCELOS; FILHO, 2022; GRAVINA; MUNK, 2019; OLIVEIRA, 2020; TAKENAMI; PALÁCIO; OLIVEIRA, 2021).

Neste contexto, o sistema educacional brasileiro expôs todas as suas fragilidades frente à necessidade de se inovar e migrar para o ensino a distância e/ou remoto. Diante disso, prefeitos e governadores “abandonaram” a educação, não oferecendo nenhum recurso a fim de garantir aparatos tecnológicos e formação para que o professor pudesse trabalhar da melhor forma possível. Por outro lado, os alunos ficaram a mercê do *lobby* político, na qual não se importava com o bem estar da comunidade escolar, mas sim com o interesse de grupos empresariais que auxiliaram na disseminação de *fake news*, procedimentos pseudocientíficos e o negacionismo da Pandemia do COVID-19. Os alunos que são provenientes de um sistema educacional tradicionalista, na qual o conhecimento está centrado no professor, se viu diante de um desafio de estudar sem nenhuma supervisão e sem os recursos tecnológicos que poderiam auxiliar a minimizar as consequências da Pandemia na qualidade da educação brasileira (BRANCO et al., 2018; LEMOS et al., 2021;

MATA; GRIGOLETO; LOUSADA, 2020; ROCHA et al., 2022).

No contexto da pandemia, o domínio e compreensão dos conhecimentos técnico-científico provenientes das áreas de biologia e química foi de fundamental importância para auxiliar tanto no entendimento das medidas preventivas, quanto no entendimento do micro-organismo transmissor do COVID-19. Além disso, dentro do período pandêmico as questões ambientais no cenário brasileiro estavam em plena discussão em relação a possíveis rompimentos de barreiras, inúmeros deslizamentos de terra que destruíram centenas de casas e patrimônio público, desmatamento na região amazônica, o aumento do número de garimpos de ouro ilegais e os riscos toxicológicos resultantes do mercúrio no ambiente. Logo, a Alfabetização Científica (AC) pode ser considerada como a forma de expressão do desenvolvimento das competências e habilidades argumentativas que permitem ao estudante realizar questionamentos em relação à importância da ciência e da tecnologia no contexto em que se insere (AMARAL; ROSA; LOCATELLI, 2019; BEDIN et al., 2019; BRANCO et al., 2020; CABRAL, 2021; PANIAGUA; SOARES; SANTOS, 2021).

Em recente levantamento realizado na literatura, foram encontrados vários trabalhos que procuraram tratar a AC sob diferentes pontos de vista, entre os quais: *i*) utilização de jogos didáticos como ferramentas auxiliares (SILVA et al., 2019); *ii*) avaliação dos diferentes níveis representacionais existentes em um livro didático de química (SIQUEIRA; ARAÚJO; FREITAS, 2020; LEAL; BALDAQUIM, 2021); *iii*) estudos investigativos sobre determinado tema (VILAÇA; BERTINI, 2022); *iv*) utilização do lúdico por meio de histórias em quadrinhos (LEMONS et al., 2021); *v*) oficinas de textos para o ensino de biologia (GRAVINA; MUNK, 2019) dentre outros. No entanto, não foi reportado nenhum trabalho na literatura que avaliasse o nível de AC para alunos do 1º e 3º ano do ensino médio por meio de questionário com questões objetivas dentro de um contexto, a partir da temática: o homem e o meio ambiente.

Diante disso, este trabalho pretendeu contribuir para o preenchimento de uma lacuna em relação à análise de AC por meio de questões objetivas e contextualizadas a partir do contexto no qual o aluno se encontra inserido. Apresentar um diagnóstico de como as habilidades e competências está ou não sendo efetiva no processo de ensino-aprendizagem de biologia, química e em suas interdisciplinaridades. Logo, este trabalho teve por objetivo mensurar o nível de AC de alunos do 1º e 3º ano do ensino médio em relação ao ensino de ciências da natureza a partir de questões objetivas, apresentando um diagnóstico em relação aos resultados obtidos e que, posteriormente, possam ser utilizados para rever os planos de ensino e a reestruturação do projeto político pedagógico da escola.

2 | METODOLOGIA

O presente trabalho é proveniente de um projeto de pesquisa que foi aprovado pelo do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) com seres humanos da Universidade Federal do

Triângulo Mineiro (UFTM), 5.070.784 sob o número 5.070.784 conforme a Resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde. Esta pesquisa foi conduzida por meio da aplicação de questionários *online* utilizando, *Google forms* no período de 10/11 a 10/12/2021 em função do período pandêmico que assolava o país até o final do ano de 2021, na qual as atividades escolares se encontravam no formato remoto. Para tanto, os *links* foram colocados na plataforma do *Google Classroom* na turma de primeiro e terceiro ano do ensino médio, sob responsabilidade de um professor regente. Por sua vez, este foi responsável por explicar, esclarecer o objetivo da pesquisa e motivar os alunos a participarem de forma livre, espontânea e voluntária.

O público-alvo da pesquisa foram alunos do 1º e 3º ano do ensino médio de uma escola estadual no município de Unaí (Noroeste de Minas Gerais), duas escolas estaduais localizadas no município de Patrocínio (região do Alto Paranaíba) e de um *campus* do Instituto Federal do Triângulo Mineiro (IFTM) localizado na cidade de Uberlândia, na região do Triângulo Mineiro. Após o encerramento do período de participação na pesquisa, as questões passaram por um processo de tratamento de dados, e foram expressos em porcentagem na forma de gráfico de barras e os resultados foram expressos em termos percentuais em gráficos em forma de colunas, conforme será apresentado nos resultados e discussões.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

As questões foram elaboradas dentro do contexto da Pandemia do COVID-19, na qual toda a sociedade estava submetida até o final do ano de 2021, enquanto outras questões estavam inseridas dentro de qualquer contexto dos 89 alunos participantes.

As respostas dos alunos foram expressas em termos percentuais e apresentadas de forma gráfica, sendo que cada um deles possuem três barras, a saber: *i*) outras alternativas: compreende todas as opções erradas da questão, que são simbolizadas pela barra azul; *ii*) resposta correta: compreende a barra verde, na qual o eixo x destaca o nome da alternativa correta e; *iii*) não sei/não estudei: compreende a barra vermelha, na qual os alunos afirmam não saberem ou não terem estudado.

A primeira pergunta objetivava verificar o conhecimento dos alunos em relação ao conceito de micro-organismos em um contexto bastante presente e comum no cotidiano do aluno. A pergunta era “Ao comer uma goiaba, você se depara com uma larva, o famoso ‘bicho da goiaba’. De onde este “bicho” pode ter surgido?” As alternativas indicadas pelos alunos podem ser visualizadas no gráfico da Figura 1.

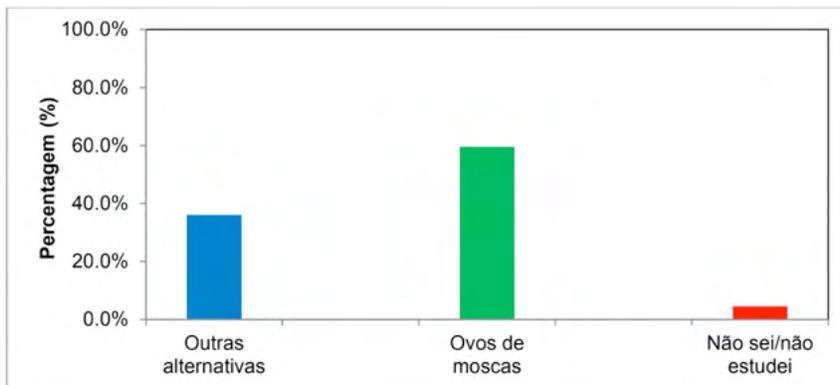


Figura 1: Valores percentuais das alternativas marcadas pelos alunos em relação à pergunta: “Ao comer uma goiaba, você se depara com uma larva, o famoso ‘bicho da goiaba’. De onde este “bicho” pode ter surgido?”

Fonte: Os autores (2022).

Os resultados obtidos pela Figura 1 podem ser desmembrados, com o intuito de melhorar a compreensão das informações contidas na questão. A opção “outras alternativas” representou 36% das respostas dos alunos que foi constituída pelo somatório percentuais das alternativas: a) da própria goiaba (22,5%); b) de larvas que subiram no pé de goiaba e adentraram no fruto (4,5%) e; c) larvas de outros animais, que penetraram o fruto pela ação da natureza (9%). Por outro lado, 59,5% dos alunos acertaram a questão ao marcar a alternativa da letra d que possui a seguinte sentença: “ovos depositados pelas moscas, que se eclodem dentro do fruto gerando as larvas”. Por fim, a opção “não sei/não estudei” representou 4,5% do total de alunos entrevistados. Além disso, o percentual de alunos que erraram e/ou marcaram não sei/não estudei são, majoritariamente, alunos do primeiro ano do ensino médio que possui um déficit de aprendizagem em relação ao 7º ano do ensino fundamental II, na qual a biologia divide espaço com química e física e é chamada de ciências naturais ou da natureza.

A segunda pergunta estabelecia uma correlação com a primeira, mas com o objetivo de verificar se o aluno tinha conhecimento técnico-científico para distinguir um fruto de um pseudofruto e qual a sua principal finalidade. Para tanto, foi elaborada a seguinte pergunta:

Os resultados obtidos nesta questão foram expressos no gráfico da Figura 2.

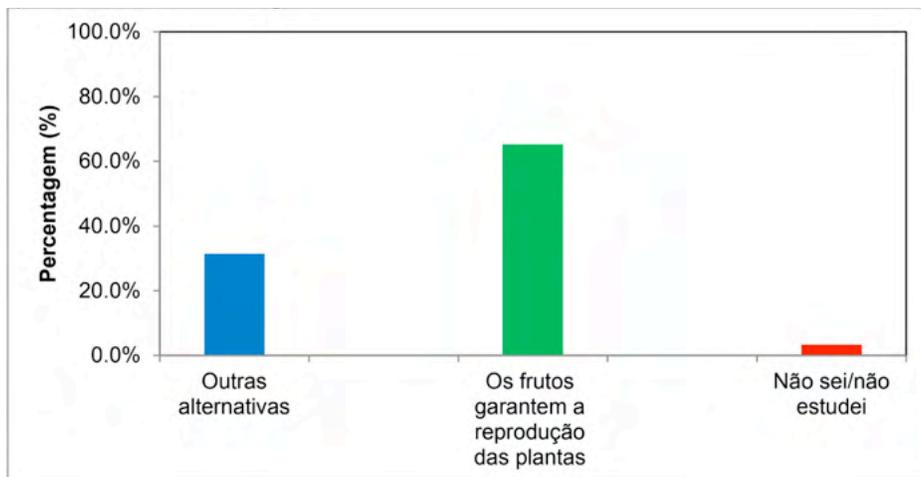


Figura 2: Valores percentuais das alternativas marcadas pelos alunos em relação à pergunta “No cotidiano é muito comum as pessoas fazerem confusão ou até mesmo não entenderem o conceito de fruto, visto que este precisa apresentar uma semente (ovário maduro fecundado) e envolto pelo pericarpo (parte suculenta ou seca em volta da semente). Neste sentido, muitos não reconhecem que banana, maçã, caju e morango não são frutos, mas pseudofrutos enquanto tomate, quiabo, chuchu e outros são frutos. Os frutos surgiram para garantir a nossa alimentação e possui um papel importante para a planta. Dentre as alternativas a seguir qual apresenta a finalidade biológica dessa estrutura?”

Fonte: Os autores (2022).

Os resultados apresentados sugerem que mais da metade dos participantes da pesquisa (65,2%) apresentam domínio dos conceitos técnico-científicos que envolveram esta questão, que é a afirmativa: “Os frutos são responsáveis por garantir a reprodução das plantas, carregando dentro de si a estrutura que contém o embrião recém formado das plantas chamada de semente”. Os que marcaram “outras alternativas” representam 31,4% dos participantes, que se distribuíram em somente duas das três alternativas, que foram: “Os frutos são responsáveis por atrair polinizadores”; “Os frutos, além de protegerem a semente, garantem a propagação das espécies”, obtendo os percentuais de 5,6% e 25,8%, respectivamente. Já a afirmativa “Os frutos atuam na dispersão dos grãos de pólen” não foi marcada por nenhum participante. Por fim, a opção “Não sei/não estudei” representou somente 3,4% do total de participantes.

Ao se analisar as duas alternativas, pode-se inferir que os participantes apresentam uma noção em relação a conceituação e definição de fruto, visto que as alternativas apresentam uma resposta parcial e/ou correlacionado ao assunto abordado. Os participantes que marcaram estas alternativas eram, majoritariamente, alunos que estavam finalizando o primeiro ano do ensino médio e com déficit de aprendizagem a partir do 8º ano do ensino fundamental, o que pode ter contribuído de forma direta pela falta dos conceitos técnico-científicos, ou seja, déficit no processo de AC.

A terceira questão do questionário foi destinada a abordagem com uma temática

diferente das duas anteriores. Neste sentido, a pergunta procurava averiguar se o aluno possuía conhecimentos técnico-científicos em relação ao conhecimento e identificação clara sobre ações antrópicas e/ou naturais e como estas influenciam na qualidade e bem estar do ambiente. A pergunta tinha a seguinte sentença:

Ao analisar a pergunta, ressalta-se que a mesma tem a intenção de saber qual das atividades listadas não é resultante da ação do homem com o meio ambiente. Os resultados foram quantificados e expressos conforme a Figura 3.

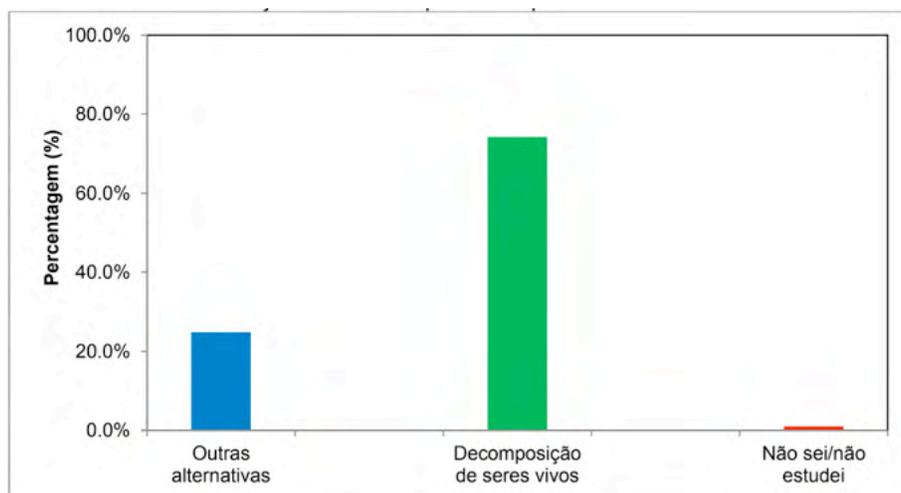


Figura 3: Valores percentuais das alternativas marcadas pelos alunos em relação à pergunta: “Sabemos que o ser humano promove diversas alterações no ambiente em que vive devido às atividades que desenvolvem e que estas mudanças são perceptíveis aos nossos sentidos. **NÃO** se constitui em alteração do ambiente provocado pelo Homem.”

Fonte: Os autores (2022).

Os resultados obtidos evidenciam que 74,2% dos alunos assinalaram a alternativa “A decomposição de seres vivos” que é a resposta correta. Logo, este resultado permite inferir que quase $\frac{3}{4}$ dos entrevistados são alfabetizados cientificamente em relação aos conceitos técnico-científicos necessários para identificar, claramente o que é ou não ações antrópicas que degradam a qualidade do meio ambiente. Por outro lado, 24,8% dos participantes assinalaram alternativas incorretas que foram divididas nas seguintes afirmativas: “construção de cidades” que representou 7,9%; “A poluição causada por indústrias” que foi de 9,0% e; a afirmativa “O desmatamento” que se constituiu em 7,9% do total de participantes. Por último, 1% dos participantes assinalaram a alternativa “Não sei/não estudei”. Os resultados percentuais tanto dos que erraram (24,8%), quanto dos que disseram não saber/não estudaram (1%) podem estar associado a vários fatores entre os quais: 1) a interpretação equivocada do texto em função de se colocar a expressão “NÃO” que tinha a propriedade de inverter o sentido da pergunta e que causa confusão ou induz

ao erro, em função de tais perguntas não fazerem parte do processo avaliativo do aluno ao longo de sua formação escolar; *ii*) a falta de conhecimento em relação a distinção entre atividade natural ou ocasionado pelo homem em relação ao meio ambiente, que neste caso é de se preocupar em função de ser um conhecimento que é ensinado em séries bem anterior ao oitavo ano e que precisa ser trabalhado de forma inter e intradisciplinar entre a área de ciências da natureza e as de ciências humanas.

A quarta questão a ser apresentada trazia parte da carta do Cacique Seattle no ano de 1855 ao presidente dos Estados Unidos da América (Francis Pierce).

Após a carta foram apontadas algumas ações antrópicas que podem estar contribuindo para a redução da qualidade do meio ambiente, no qual o aluno deveria escolher uma das afirmativas, os resultados foram expressos pela Figura 4.

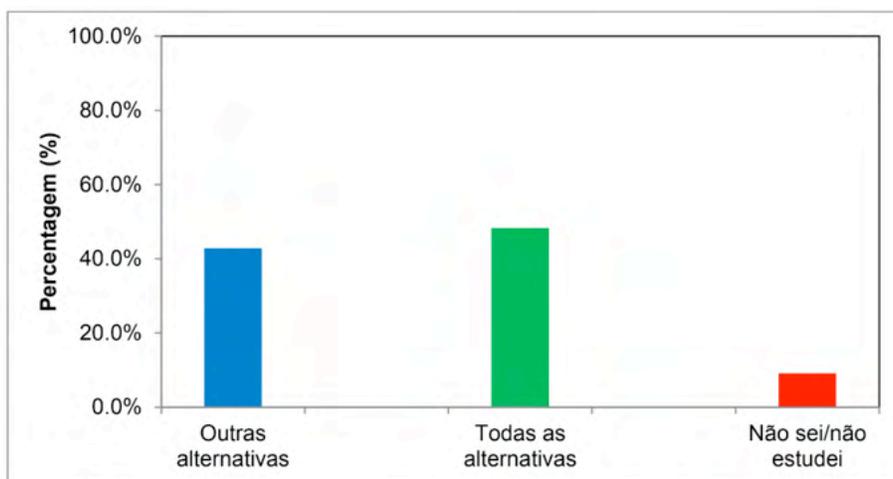


Figura 4: Valores percentuais das alternativas marcadas pelos alunos em relação à pergunta: “O chefe indígena americano, Seathl, em sua famosa resposta ao presidente dos Estados Unidos (EUA) em relação à oferta de comprar as terras de seu povo, discorre a respeito dos sentimentos e cuidados que o homem branco deveria ter com suas terras em caso de aceitar a proposta de compra pelo chefe maior dos EUA que ao final diz “Nunca esqueças como era a terra quando dela tomaste posse. Conserva-a para teus filhos e ame-a como Deus ama a todos. Uma coisa sabemos: o nosso Deus é o mesmo Deus. Nem mesmo o homem branco pode evitar nosso destino comum. O Homem, procurando tornar a sua vida mais “confortável”, vem destruindo e contaminando tudo a sua volta, sem se preocupar com os efeitos desastrosos posteriores. Esses efeitos podem ser causados por: I. Maior produção de gases que contribuem para o efeito estufa; II. Destruição da camada de ozônio; III. Uso excessivo de pesticidas na produção de alimentos e; IV. “Desmatamento e queimadas.”

Fonte: Os autores (2022).

Os resultados obtidos apontam que 48,3% dos alunos marcaram a alternativa “todas as alternativas estão corretas”. Entretanto, as demais alternativas representaram 42,7% que podem ser separadas da seguinte forma: a sentença “I, II e III apenas” representou 15,7% das respostas. Já a afirmativa “II e III apenas” correspondeu a 9% e a sentença “I

e IV apenas” representa 18% dos participantes. Por fim, a opção “Não sei/não estudei” foram 9% do total de alunos. Diante disso, ao se somar todas as alternativas, exceção a correta, correspondem a 51,7% de todos os alunos participantes da pesquisa e que gera uma enorme preocupação, uma vez que são conceitos trabalhados no ensino de ciências desde o 5º ano do ensino fundamental II e mesmo considerando que ambas as séries os alunos foram afetados por dois anos em função da pandemia, não é justificável somente por este fato. Existe um grave problema no processo de aprendizagem dos conceitos técnico-científicos em relação às habilidades e competências que norteiam o ensino de ciências da natureza para o ensino fundamental II.

A quinta e última pergunta faz referência ao contexto da qualidade da água potável que chega à residência das pessoas, após o processo de tratamento da água, em especial a desinfecção da água para eliminar possíveis organismos com propriedades patogênicas, utilizando-se o gás cloro (Cl_2) ou o sal hipoclorito de sódio que gera o ânion hipoclorito (ClO^-). Neste contexto, foi elaborada e aplicada. Os resultados obtidos podem ser apresentados na Figura 5, sendo que a barra “outras alternativas” representa as opções consideradas erradas na questão.

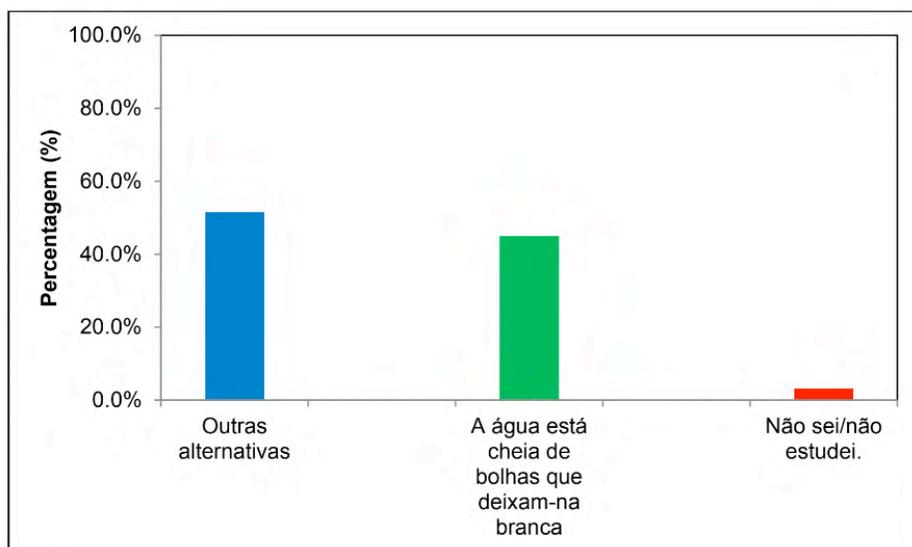


Figura 5: Valores percentuais das alternativas marcadas pelos alunos em relação à pergunta: “Em uma estação de tratamento de água (ETA) a água proveniente de mananciais e rios passam por etapas de tratamento antes de ser distribuída a população para o seu consumo. Dentre as várias etapas existe o processo de desinfecção (eliminação de micro-organismos com potencial capacidade patogênica (causador de doença), que consiste na adição de cloro. Entretanto, existe uma percepção popular de que a água pode chegar com “excesso” de cloro e ser perceptível aos nossos sentidos. Diante disso, como você percebe este ‘excesso de cloro?’”

Fonte: Os autores (2022).

A alternativa correta “Ao abrir à torneira a água está cheia de bolhas que a deixam branca” foram marcadas por 45% dos alunos participantes. Outras alternativas representaram 51,7% das alternativas marcadas pelos participantes da pesquisa, que pode ser dividido nas afirmativas “A água apresenta um odor (cheiro) de cloro; Alteração no gosto da água e; Não se observa nada, visto que o cloro não está em excesso e este não possui gosto ou cheiro.” um valor superior (51,7%) em relação a resposta correta (45%). A afirmativa “A água apresenta um odor (cheiro) de cloro” representou 23,6%; Já a sentença “Alteração no gosto da água” foi de 13,5%; e a alternativa “Não se observa nada, visto que o cloro não está em excesso e este não possui gosto ou cheiro” com 14,6% e; 3,3% dos participantes alegaram não saber e/ou não ter estudado o assunto.

4 | CONCLUSÕES

Os resultados apresentados e discutidos nas cinco questões do questionário evidenciaram um problema antigo e já quase crônico no sistema educacional brasileiro que é confirmada em avaliações nacionais e internacionais, sendo que em ciências naturais o Brasil aparece entre os últimos colocados do ranking. Ao se analisar os resultados das questões, somente na terceira questão foi possível obter um percentual acima de 70% de acerto, o que deixa evidente que as habilidades e as competências definidas nas diretrizes da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) para o ensino de ciências da natureza tanto para o ensino fundamental II, quanto para o médio não estão sendo efetivas no processo de ensino-aprendizagem na área de química e biologia. Estes resultados demonstram que as instituições de ensino precisam rever seus projetos políticos pedagógicos e contextualizar o conhecimento a partir do contexto social em que se insere o aluno. Além disso, não pode se desprezar o efeito negativo da pandemia no processo de formação do estudante, no qual muitos não puderam ter acesso as ferramentas e tecnologias disponíveis durante o período em que o ensino foi à distância e/ou remoto.

REFERÊNCIAS

AMARAL, Z.; ROSA, C. T. W.; LOCATELLI, A. Educação em ciências/química e alfabetização científica na perspectiva da formação cidadã: características e tendências das pesquisas nacionais. **Revista do Programa de Doutorado da Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática**, v. 7, n. 3, p. 297-324, 2019. <http://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/reamecp>

BEDIN, F. C. et al. Abordagem CTS como promotora da alfabetização científica: concepções de um grupo de licenciandos em química. **Scientia Naturalis**, v. 1, n. 4, p. 1-12, 2019. <http://revistas.ufac.br/revista/index.php/SciNa>

BRANCO, A. B. G. et al. Alfabetização e letramento científico na BNCC e os desafios para uma educação científica e tecnológica. **Revista Valore**, v. 3, p. 702-713, 2018.

BRANCO, A. B. G. et al. O letramento científico na BNCC: possíveis desafios para sua prática. **Revista Contemporânea de Educação**, v. 15, n. 33, p. 197-215, 2020.

CABRAL, W. C. Alfabetização científica e letramento científico: caminhos possíveis para o ensino de ciências. **Revista de Educação, Ciências e Matemática**, v.11 n.3, p. 1-16, 2021.

FILHO, J. R. A. S.; VASCONCELOS, A. K. P.; FILHO, V. T. N. A alfabetização científica e tecnológica e o combate a disseminação de notícias falsas na pandemia do SARS-CoV-2. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 1, p.1-15, 2022.<http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i1.24339>

GRAVINA, M. G. P. MUNK, M. Dinâmicas de oficinas de textos em biologia: Ferramentas para a alfabetização científica em tempos de Fake News. **Experiências em Ensino de Ciências**, v.14, n.3, p. 612-620, 2019.

LEAL, L. P. V.; BALDAQUIM, M. J. A promoção da alfabetização científica prática avaliada por meio dos níveis representacionais em um livro didático de química. **Scientia Naturalis**, v. 3, n. 4, p. 1931-1946, 2021. <http://revistas.ufac.br/revista/index.php/SciNat>

LEMOS, P. B. S. et al. A utilização de histórias em quadrinhos (HQs) no ensino remoto emergencial de ciências da natureza. **Enciclopédia Biosfera**, v. 18, n. 38, p. 2-24, 2021. http://dx.doi.org/10.18677/EnciBio_2021D1

MATA, M. L.; GRIGOLETO, M. C.; LOUSADA, M. Dimensões da competência em informação: reflexões frente aos movimentos de infodemia e desinformação na pandemia da Covid-19. **Liinc em Revista**, v. 16, n. 2, p.1-15, 2020.<https://doi.org/10.18617/liinc.v16i2.5340>

OLIVEIRA, T. M. Como enfrentar a desinformação científica? Desafios sociais, políticos e jurídicos intensificados no contexto da pandemia. **Liinc em Revista**, v. 16, n. 2, p.1-23, 2020.<https://doi.org/10.18617/liinc.v16i2.5374>

PANIAGUA, C. E. S.; SOARES, A. S. M.; SANTOS, V. O. A percepção da alfabetização e do letramento científico nas ciências da natureza por alunos da educação básica, superior e professores no exercício da docência. **Brazilian Journal of Development**, v.7, n.12, p 110217-110236, 2021. <https://doi.org/10.34117/bjdv7n12-013>

ROCHA, R. C. M. et al. Oficina Dialógica on-line: elementos para o ensino em Ciências utilizando ferramentas de transmissão ao vivo durante a pandemia de COVID-19. **Revista Ensino de Ciências e Matemática**, v. 13, n. 1, p. 1-16, 2022

SILVA, I. V. et al. Desenvolvimento de jogos didáticos auxiliares em práticas transdisciplinares e da alfabetização científica no ensino das ciências da natureza. **Revista Insignare Scientia**, v. 2, n. 4, p. 349-363, 2019.

SIQUEIRA, R. M.; ARAÚJO, F. S.; FREITAS, G. M. C. Alfabetização científica no ensino de química na educação de jovens e adultos: analisando um livro didático. **ENCITEC - Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista**, v. 11, n. 3, p. 20-41, 2021. <http://dx.doi.org/10.31512/encitec.v11i3.44>

SOUSA, F. J. F.; CAVALCANTE, L. V. S.; DEL PINO, J. C. Alfabetização científica e/ou letramento científico: reflexões sobre o Ensino de Ciências. **Revista Educar Mais**, v.5, n.5, p. 1299-1312, 2021. <https://doi.org/10.15536/reducarmais.5.2021.2528>

TAKENAMI, I.; PALÁCIO, M. A. V.; OLIVEIRA, R. S. O. COVID-19 & Ciência: O valor do conhecimento em tempos de pandemia. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 5, p.1-11, 2021. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i5.15120>

VILAÇA, A. P. V.; BERTINI, L. M. O ensino investigativo para a promoção da alfabetização científica: um estudo do estado da arte. **Ensino em Perspectivas**, v. 3, n. 1, p. 1-18, 2022. <https://revistas.uece.br/index.php/ensinoemperspectivas/>

UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DE FUNÇÕES EM UM CURSO DE QUÍMICA: UM OLHAR PARA AS FUNÇÕES EXPONENCIAIS E LOGARÍTMICAS

Data de aceite: 01/06/2022

Data de submissão: 04/05/2022

Guilherme Gonçalves Costa

Universidade Estadual de Campinas
(UNICAMP), Instituto de Química
Campinas - SP

<http://lattes.cnpq.br/3190476279465063>

Érica Regina Filletti

Universidade Estadual Paulista (UNESP),
Instituto de Química
Araraquara -SP

<http://lattes.cnpq.br/9684427777093476>

Sidineia Barrozo

Universidade Estadual Paulista (UNESP),
Instituto de Química
Araraquara - SP

<http://lattes.cnpq.br/2775869273146874>

RESUMO: Este trabalho consistiu em propor e avaliar atividades diferenciadas para o ensino de funções exponenciais e logarítmicas a uma turma de Cálculo Diferencial e Integral I de um curso de Bacharelado em Química de uma universidade pública paulista. As atividades contemplaram uma sequência didática composta por atividades teóricas e computacionais, que visaram auxiliar a compreensão conceitual de tais funções, utilizando-se de problemas contextualizados tanto no cotidiano dos estudantes como no próprio curso de Química. Os princípios norteadores do trabalho foram os da Engenharia Didática (ED), sendo que as atividades foram avaliadas

pelos estudantes por meio de um questionário elaborado em forma de escala de Likert. Os padrões de resposta permitiram concluir que as atividades desenvolvidas impactaram positivamente os estudantes, estimulando-os à curiosidade matemática e química.

PALAVRAS-CHAVE: Ensino de Química e de Matemática. Cálculo Diferencial e Integral. Sequência Didática. Engenharia Didática. Contextualização.

A PROPOSAL FOR THE TEACHING OF FUNCTIONS IN A CHEMISTRY COURSE: INSIGHTS INTO THE EXPONENTIAL AND LOGARITHMIC FUNCTION

ABSTRACT: This work consisted of proposing and evaluating distinguished activities for the teaching of exponential and logarithmic functions to a group of students enrolled in Differential and Integral Calculus I of a Chemistry course from a São Paulo State public university. The activities covered a didactic sequence composed of theoretical and computational activities, which aimed to aid the conceptual comprehension of such functions by using contextualized problems both in the students' daily routines and the Chemistry course itself. The driving principles of the present work were those of the Didactic Engineering (DE), given that the activities were evaluated by the students through a questionnaire that was prepared in the form of a Likert scale. The answering patterns allowed concluding that the developed activities impacted positively the students, motivating them towards mathematical and chemical curiosity.

KEYWORDS: Mathematics and Chemistry

1 | INTRODUÇÃO

De modo geral, podemos dizer que a Matemática, no âmbito das disciplinas que compõem o bloco STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics*), dialoga naturalmente com as demais por ser uma ferramenta ou linguagem com a qual estas se expressam e cuja evolução teórica possibilita a solução de um rol de problemas e a predição de resultados. No entanto, ao ingressar em cursos superiores destas áreas, os estudantes frequentemente não têm dimensão da importância da Matemática para a sua formação (COOK; KENNEDY; McGUIRE, 2013) ou apresentam dificuldades nos seus primeiros contatos com o rigor matemático exigido em disciplinas basilares do nível superior, como as do Cálculo Diferencial e Integral (NORTVEDT; SIQVELAND, 2019), quando não se enquadram em ambas as situações.

Nesse sentido, um desafio que persiste para os professores dos anos iniciais, particularmente ao ensinar as disciplinas de Cálculo, é o de motivar os educandos para o estudo, deparando-se com perguntas reconhecidamente típicas da práxis docente: Para que precisamos estudar isso? Onde vamos usar isso em nosso curso? Esse panorama vem orientando pesquisadores da Educação Matemática a buscar estratégias diversificadas no ensino da disciplina, como o uso de metodologias ativas e a contextualização (CAMARENA, 2017; PAVANELO, 2017; WEIR, 2019).

Notamos que um fato comum dentre os ingressantes no nível superior na área de Ciências Exatas é a dificuldade relacionada ao entendimento de funções e, em especial, as exponenciais e logarítmicas (DAS; GEORGE; WARNBERG, 2020). É notável que os conhecimentos matemáticos que possuem estão frequentemente relacionados ao tópico de equações, de modo que o conceito de variação, próprio das funções, é muitas vezes escasso e comprometido. Diversos trabalhos têm abordado estas questões, como documentou amplamente Magarinus (2013) e, com o intuito de dar alguma contribuição nesta área, em especial ao ensino das funções exponenciais e logarítmicas, Costa (2016) propôs uma sequência didática de atividades que envolveram um conjunto de problemas relacionados ao cotidiano de estudantes do Ensino Médio, cujas soluções passavam pela modelagem matemática, recursos algébricos e o uso de *softwares* dinâmicos como o GeoGebra e o LibreOffice Calc, com o objetivo de estimular o interesse pelo estudo dessas funções, o raciocínio dedutivo e o uso de recursos computacionais focados em simulações, habilidades que são essenciais no mundo contemporâneo. A sequência é flexível e pode ser adaptada à realidade de cada nível escolar ou curso. Assim, Barrozo, Costa e Capelato (2017) propuseram uma adaptação dessa sequência didática para a disciplina Economia Matemática I de um curso de Ciências Econômicas de uma universidade pública paulista,

cujos resultados mostraram uma sequência com potencial motivador e que proporcionou a compreensão de conceitos considerados abstratos pelos estudantes, tornando-os palpáveis, visíveis e, portanto, mais compreensíveis. Evidenciou, também, que as facilidades que os estudantes apresentaram com o uso de recursos computacionais se contrastaram com as dificuldades em relação a conteúdos matemáticos básicos e à escrita matemática.

Seguindo nesta mesma linha, porém buscando aprofundar a investigação, propomos uma readaptação dessa sequência didática para ser aplicada aos estudantes da disciplina Cálculo Diferencial e Integral I de um curso de Bacharelado em Química de uma Universidade pública paulista, introduzindo atividades inerentes à realidade daqueles estudantes, que incluíram a preparação financeira para a aposentadoria, posto o cenário nacional de discussão da reforma da previdência à época, e atividades relacionadas à Cinética Química, que são descritas por equações diferenciais, cujas soluções são funções exponenciais. Os resultados desse estudo são descritos neste trabalho, cujo objetivo foi o de investigar, declarativamente, a influência dessas atividades na compreensão conceitual das funções exponenciais e logarítmicas, assim como o potencial motivador das mesmas para o estudo de disciplinas de Matemática em cursos relacionados ao bloco STEAM, como a Química, no presente caso.

2 | REFERENCIAL TEÓRICO

Este trabalho teve como princípio norteador os referenciais teórico-metodológicos da Engenharia Didática (ED) (ARTIGUE, 1988), por se tratar de uma metodologia de pesquisa que procura aliar aspectos teóricos da pesquisa com a prática em sala de aula, envolvendo a elaboração, aplicação e análise de sequências de ensino que são definidas dentro de uma estrutura bem organizada. Assim, propõe quatro etapas sequenciais, a saber: (1) análises preliminares; (2) concepção e análise *a priori*; (3) experimentação; e (4) análise *a posteriori* e validação. Nesta sequência, a primeira etapa compreende quatro dimensões: (D1) análise epistemológica dos conteúdos no plano de ensino; (D2) compreensão dos estudantes e suas dificuldades; (D3) contexto no qual se estabelecerá a realização didática; e (D4) objetivos da pesquisa. Na segunda etapa deve-se definir as variáveis de comando que estão envolvidas no processo, as quais são classificadas em variáveis macrodidáticas (MD), relacionadas à organização geral, e variáveis microdidáticas (mD), que dizem respeito a uma seção ou fase do trabalho. Os dois níveis das variáveis de comando inter-relacionam-se no sentido de que a factibilidade de cada micronível influencia o desenho da sequência como um todo, constituindo o macronível (BUTY; TIBERGHEN; LE MARÉCHAL, 2004). A terceira etapa é caracterizada pela intervenção educacional – a experimentação *per se*, por meio da aplicação das atividades, seguida da análise dos resultados obtidos no processo investigativo. Na análise *a posteriori* e validação, a quarta etapa, todas as informações obtidas ao longo da investigação são levadas em consideração por meio dos

instrumentos pertinentes. Em um último momento, as análises *a priori* e *a posteriori* são confrontadas e as hipóteses da investigação são validadas. Na ED, a validação é interna, possibilitando que o trabalho seja realizado com um número reduzido de estudantes, o que foi determinante para a escolha do método do estudo em tela.

Pela sua característica, a ED indica um procedimento a ser seguido para a realização de uma sequência didática, possibilitando ao pesquisador a escolha da metodologia de ensino a ser adotada. Artigue (1994, *apud* KNEUBIL; PIETROCOLA, 2017) propõe que o planejamento de uma sequência didática leve em consideração a resolução de problemas, o que foi aliado à contextualização no presente trabalho, sugerindo o diálogo entre o conteúdo e um contexto que faça sentido para o estudante, (re)significando o seu aprendizado e motivando-o para o mesmo. Destarte, a contextualização da Matemática nas Ciências e, portanto, na Química, visa à contribuição para que o educando se desenvolva na sociedade de forma racional, crítica, analítica e científica (CAMARENA, 2017). Nessa esteira, para os fins deste trabalho, nos alinhamos a duas fontes de contexto sugeridas pela autora: (1) as situações da vida cotidiana, por meio da articulação entre a Matemática e as necessidades dos diferentes espaços sociais; e (2) a vinculação entre as disciplinas dos estudantes.

Na esfera do Ensino Básico, ao tratar da área das Ciências da Natureza e suas Tecnologias, o texto mais recente da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) advoga a respeito da importância de se ir além do aprendizado conceitual, definindo

[...] competências e habilidades que permitem a ampliação e a sistematização das aprendizagens essenciais desenvolvidas no Ensino Fundamental no que se refere: aos conhecimentos conceituais da área; à contextualização social, cultural, ambiental e histórica desses conhecimentos; aos processos e práticas de investigação e às linguagens das Ciências da Natureza [...] (BRASIL, 2019, p. 547, grifos nossos).

Em tempo, o documento complementa que

A contextualização social, histórica e cultural da ciência e da tecnologia é fundamental para que elas sejam compreendidas como empreendimentos humanos e sociais. Na BNCC, portanto, propõe-se também discutir o papel do conhecimento científico e tecnológico na organização social, nas questões ambientais, na saúde humana e na formação cultural [...] (BRASIL, 2019, p. 549).

Em postura de congruência com a BNCC, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+) recomendam o uso da contextualização, desta vez no ensino da Matemática.

Destacam que

Aprender Matemática de uma forma contextualizada, integrada e relacionada a outros conhecimentos traz em si o desenvolvimento de competências e habilidades que são essencialmente formadoras, à medida que instrumentalizam e estruturam o pensamento do aluno, capacitando-o para compreender e interpretar situações, para se apropriar de linguagens específicas, argumentar, analisar e avaliar, tirar conclusões próprias, tomar decisões, generalizar e para muitas outras ações necessárias à sua formação

(BRASIL, 2002, p. 111, grifos nossos).

Observamos, portanto, a contextualização comumente situada num espaço de estreita relação com a interdisciplinaridade, uma vez que a maioria dos fenômenos ou situações não ocorre de forma isolada, mas permeia a pluridimensionalidade dos saberes e conhecimentos. E neste sentido, o Currículo de Matemática do Estado de São Paulo (2020) estabelece que

A contextualização dos conteúdos com o cotidiano dos alunos é uma importante estratégia para a promoção de uma aprendizagem significativa, como demonstram as teorias interacionistas de Jean Piaget (1896-1980) e Lev Vygotsky (1896-1934), ao enfatizarem que a interação entre o organismo e o meio onde está inserido, na aquisição do conhecimento, é uma importante base para valorizar a busca de contextos significativos nos processos de ensino e aprendizagem. (SÃO PAULO, 2020, p. 133).

Pensamos que a riqueza oferecida pela abordagem da contextualização, como destacam os trechos acima, pode ser transposta à educação de nível superior, guardando-se as devidas especificidades. Cabe destacar que concordamos com Magarinus (2013, p. 26) ao apontar que é necessário cuidado para “[...] não reduzir a contextualização do ensino a uma única referência, ou então acreditar que todos os conteúdos matemáticos devem estar presentes no cotidiano do aluno ou ter uma aplicação prática”. Do mesmo modo, é preciso atentar para que a proposição de problemas contextualizados não seja um fim no processo de ensino e aprendizagem, mas sim um meio para estimular os estudantes a se debruçarem sobre os tópicos abordados em sala, estendidos aos aspectos teóricos e gerais, da forma com que os conteúdos exijam.

3 | METODOLOGIA

O trabalho constitui-se em um estudo de caso desenvolvido com uma turma de Cálculo Diferencial e Integral I de um curso de Bacharelado em Química de uma Universidade pública paulista, curso oferecido em período integral. A disciplina contempla 06 horas/aula semanais, encontra-se no primeiro semestre do curso e, deste modo, recebe matrículas de ingressantes e reincidentes na disciplina.

Seguindo os referenciais teórico-metodológicos da ED, as análises preliminares partiram das vivências e experiências didático-pedagógicas anteriores dos autores, corroboradas pelas constatações de Costa (2016) acerca das dificuldades que os estudantes ingressantes em cursos da área de Ciências Exatas possuem em relação aos conteúdos de Matemática do Ensino Básico, particularmente das disciplinas de Cálculo Diferencial e Integral I e II (HASHEMI; ABU; KASHEFI; RAHIMI, 2014), bem como o desconhecimento das funções exponenciais e logarítmicas, a escassez de experiências com o uso de raciocínio lógico dedutivo e a dificuldade na tessitura de vinculações entre a Matemática e outras disciplinas do curso, como as da área de Química, por exemplo.

A partir daí, aprofundamos a dimensão epistemológica D1, estudando os principais conceitos da Matemática e da Química pertinentes às atividades propostas, com ênfase em funções exponenciais e logarítmicas e na Cinética Química. No que tange ao D2, obtivemos um breve perfil do grupo de estudantes acompanhado ao longo deste trabalho: a turma era composta por 67 alunos, dos quais 53 eram ingressantes e 14 eram reincidentes. Dentre os estudantes matriculados, 43 identificavam-se com o gênero masculino e 24 com o feminino. As idades variavam entre 17 e 28 anos. Para a análise preliminar de D3, procedemos com uma pesquisa documental nos PCN+, no Currículo do Estado de São Paulo, na ementa da disciplina de Cálculo Diferencial e Integral I, cujos tópicos envolviam o estudo de funções, limites e continuidade, derivação e integração de funções reais de uma variável real, e na bibliografia básica sugerida para a disciplina. Em último momento desta etapa, definimos em D4 o objetivo do trabalho, que visava à elaboração de atividades diferenciadas a serem desenvolvidas em sala de aula e no laboratório didático de informática, dentro de uma temática ampla que abarcasse conceitos atuais e cotidianos dos estudantes, além de, naturalmente, os conteúdos da disciplina Cálculo Diferencial e Integral I, valendo-nos atividades estas que se valiam da modelagem matemática, da lógica dedutiva e de *softwares* dinâmicos. E, por fim, investigar o potencial motivador destas atividades para o estudo da disciplina no contexto da Química, bem como para a compreensão dos conceitos matemáticos envolvidos.

A partir das observações da primeira etapa, elegemos as variáveis MD e mD, as quais listamos no Quadro 1.

Variáveis MD	Variáveis mD
(1) Articulação teoria-prática	(1) Percepção das funções exponenciais e logarítmicas no cotidiano
(2) Uso de diferentes ambientes de ensino	(2) Observação de padrões
(3) Aplicação de recursos tecnológicos na aprendizagem	(3) Compreensão de modelos matemáticos
(4) Valorização da tomada de decisão coletiva e da discussão de resultados	(4) Manipulação algébrica de funções
(5) Reconhecimento do processo criativo	(5) Uso de ferramentas gráficas
(6) Fomento da transição entre os conceitos e a formalização matemática e química	(6) Construção e uso de uma planilha eletrônica
	(7) Comparação de diferentes recursos
	(8) Interpretação de dados matemáticos e químicos no contexto do Cálculo
	(9) Uso da modelagem para previsão e inferência de dados
	(10) Inter-relação das cinco sequências didáticas

Quadro 1 – Variáveis macrodidáticas (MD) e microdidáticas (mD) elencadas no trabalho.

Fonte: A própria pesquisa.

Além das variáveis de comando, nesta etapa produzimos cinco atividades a serem desenvolvidas pelos estudantes: duas teóricas associadas ao cotidiano deles, duas computacionais e uma teórica associada à Cinética Química, sempre envolvendo funções exponenciais e logarítmicas. As duas primeiras atividades teóricas foram adaptadas do trabalho de Barrozo, Costa e Capelato (2017) e compreenderam problemas que exigiam modelagem matemática para sua solução, seguindo uma ordem crescente de complexidade que culminava em funções exponenciais (diretas) e logarítmicas (inversas). Considerando que à época da aplicação das atividades o país vinha discutindo a reforma da previdência, optamos por dar ênfase aos problemas que envolviam uma programação financeira para complementar a aposentadoria, com depósitos mensais e saques após determinada idade. As atividades computacionais foram previstas para trabalhar as propriedades de tais funções, gerando gráficos dinâmicos com o uso do software GeoGebra e planilhas construídas no LibreOffice Calc para a simulação das variáveis envolvidas (juros, valores depositados, tempo, saques etc.) e permitir inferências. A última atividade foi desenhada para ser realizada no final do semestre, após a aprendizagem de derivadas e integrais, visando a conectar todos os conceitos abordados na disciplina ao contexto do curso de Química. As cinco atividades deste trabalho e suas soluções podem ser conferidas em detalhe em Costa (2017).

Na terceira etapa colocamos em prática o dispositivo construído, sendo que as atividades teóricas (Atividades 1, 3 e 5) foram realizadas em sala de aula, no horário normal da disciplina e compreendiam a resolução de problemas propostos, cujos objetivos eram introduzir a modelagem matemática no ensino de funções, realizar previsões e inferência de dados por meio desses modelos, trabalhar funções inversas e contextualizar os conteúdos da disciplina de Cálculo Diferencial e Integral I à realidade dos estudantes e ao curso que frequentavam, oferecendo a oportunidade de compreenderem as aplicações das funções exponenciais e logarítmicas na formação de um profissional da Química e cidadão crítico. As atividades foram realizadas em duplas livremente organizadas, acompanhadas pelo docente da disciplina e pelo autor das atividades, que auxiliavam na interpretação, na elaboração do raciocínio, esclareciam dúvidas, retomavam tópicos do Ensino Básico, quando necessário, e estimulavam o uso do pensamento lógico e dedutivo. As atividades computacionais (Atividades 2 e 4) foram realizadas no laboratório didático de informática e tiveram por objetivo a compreensão do comportamento e propriedades das funções estudadas por meio de gráficos dinâmicos, da construção de planilhas de dados envolvendo os problemas propostos, do uso desses modelos para a previsão e inferência de dados e o contraste entre as funções exponenciais e potências, frequentemente confundidas entre si. As atividades foram novamente desenvolvidas em duplas, a fim de estimular as discussões e o trabalho em equipe.

Após a realização de cada atividade procedia-se à etapa de análise *a posteriori* e validação, com o objetivo de se confrontar os objetivos do trabalho com os resultados

da experimentação, visando ao aprimoramento deste. Para isso, previmos uma questão avaliativa ao fim de cada atividade, composta por cinco perguntas cujas respostas seguiam uma escala de Likert, variando de 1 (nem um pouco) a 5 (com certeza).

4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Em cada atividade proposta, procuramos explorar aspectos interpretativos, algébricos, gráficos e formativos. Assim, na primeira atividade percebemos, de início, dificuldades de interpretação de texto, de transposição do problema para a linguagem matemática e com as manipulações algébricas necessárias para se obter a solução mais simples possível, visando à sua exploração gráfica e computacional. Desse modo, a teoria foi retomada e o Problema 1 foi resolvido na lousa pelo autor do trabalho, sempre interagindo com a turma a fim de se construir o pensamento dedutivo necessário para a solução dos problemas, a identificação de padrões e as simplificações algébricas necessárias. A partir daí, os Problemas 2 e 3 foram facilmente solucionados pelos estudantes. Estes, contudo, apresentaram maior dificuldade com os Problemas 4 e 5, de complexidade crescente.

Os problemas tratavam do crescimento exponencial do número de partes em que um papel de origami se dividia (Problema 1), do decaimento exponencial de uma população de bactérias (Problema 2), da aplicação de uma quantidade fixa a juros compostos (Problema 3), da introdução de depósitos fixos mensais no problema 3 (Problema 4) e da retirada de uma quantia fixa após um determinado tempo, quando se parava de fazer depósitos (aposentadoria, Problema 5). As principais dificuldades detectadas nos problemas 4 e 5 estavam relacionadas à percepção de padrões que levavam a uma Progressão Geométrica (PG) e ao cálculo de sua soma, tópicos do Ensino Básico que foram retomados em aula e, com isso, os estudantes conseguiram solucionar o problema proposto. Notemos que todos os problemas tinham como solução uma função exponencial, justificando a necessidade de estudá-las matematicamente, ou seja, a definição, propriedades, caracterização etc., extrapolando da contextualização para a formalização teórica, o que também foi feito em sala de aula.

A última questão indagava a respeito das autopercepções dos estudantes, era de cunho conceitual e formativo e foi apresentada no formato de escala de Likert, como mencionado anteriormente. Ela almejava investigar a influência da atividade na compreensão conceitual do tema e foi respondida por 28 estudantes. Os percentuais relativos de respostas aos itens de *a* e *e* da Atividade 1 são apresentados na Tabela 1. Os procedimentos para a obtenção desses percentuais são idênticos para as demais atividades, de modo que, daqui por diante, apresentaremos os valores de maior interesse objetivamente no corpo de texto.

	a	b	c	d	e
1	0	0	0	0	0
2	0	7,1	10,7	7,1	0
3	28,6	17,9	35,7	28,6	10,7
4	46,4	28,6	32,1	21,4	25
5	21,4	46,4	21,4	39,3	64,3
NR*	3,6	0	0	3,6	0
Total	100%	100%	100%	100%	100%

Tabela 1 – Percentuais de respostas para a questão 6 da Atividade 1, para os itens de a a e, podendo variar entre 1 (nem um pouco) e 5 (com certeza). *NR = Não Respondeu.

Fonte: A própria pesquisa.

Observamos, neste caso, a quase totalidade das respostas nas faixas entre 3 e 5, indicando que a atividade influenciou positivamente na aprendizagem das funções exponenciais. É notável ainda que as faixas 4 e 5 respondem por, no mínimo, 53,5% (item c) das respostas, chegando a 89,3% no item e, relativo à contribuição da atividade para a melhor compreensão dos conceitos e das propriedades das funções exponenciais. Observamos também que o item c, de menor percentual, refere-se à previsão do comportamento geral de uma função exponencial em uma situação-problema do cotidiano, que é uma questão complexa para uma primeira abordagem com estudantes ingressantes. O somatório de escores neste caso pode variar de 140 a 700, em que 140 representa a insatisfação total com a atividade e 700 representa o extremo oposto. O somatório dos escores para esta atividade foi de 558, representando um percentual de satisfação de 74,6%.

Na segunda atividade, após a familiarização com o *software* GeoGebra, os estudantes construíram os gráficos das funções obtidas na primeira atividade, fazendo uso do recurso de controle deslizante para simular as mais diversas situações e, a partir delas, deduzir as propriedades da função exponencial. A Figura 1 exhibe a solução do item 2 d) desta atividade.

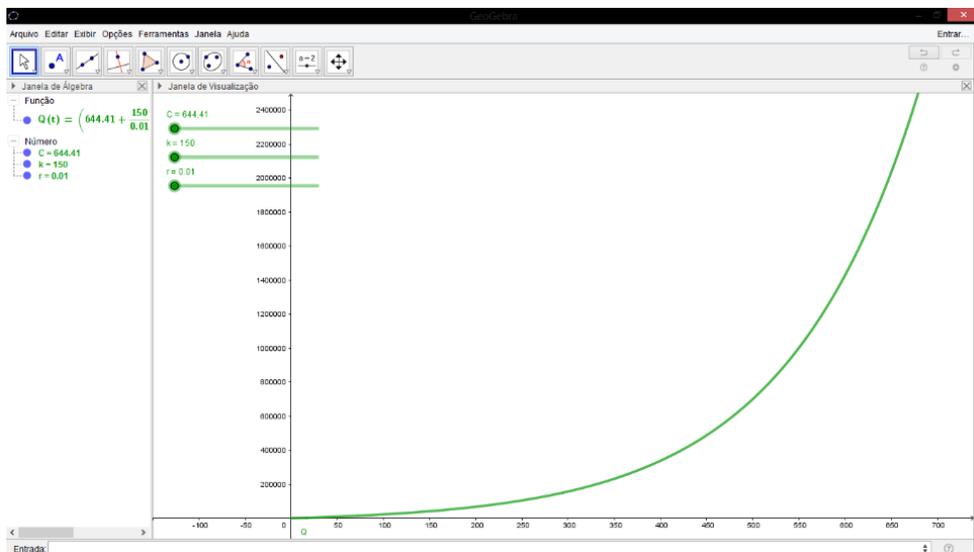


Figura 1 – Curva $Q(t) = \left(C + \frac{k}{r}\right) \cdot (1+r)^t - \frac{k}{r}$, com controles deslizantes para o capital inicial C , o depósito fixo k e a taxa de juros r .

Fonte: Elaborada com o *software* GeoGebra, a partir dos valores propostos pelo Exercício 2 d) da Atividade 2.

Esta atividade previu também a construção de uma planilha eletrônica no LibreOffice Calc, visando à simulação das variáveis envolvidas no problema e a inferir resultados futuros. Buscamos, desta forma, que os educandos fossem capazes de assimilar a importância deste tipo de atividade para suas próprias vidas ao planejar uma previdência pessoal, bem como comparar diferentes métodos de abordagem do problema, neste caso, comparando os resultados da planilha com os modelos gráficos obtidos pelo GeoGebra. A Figura 2 mostra um exemplo da planilha desenvolvida.

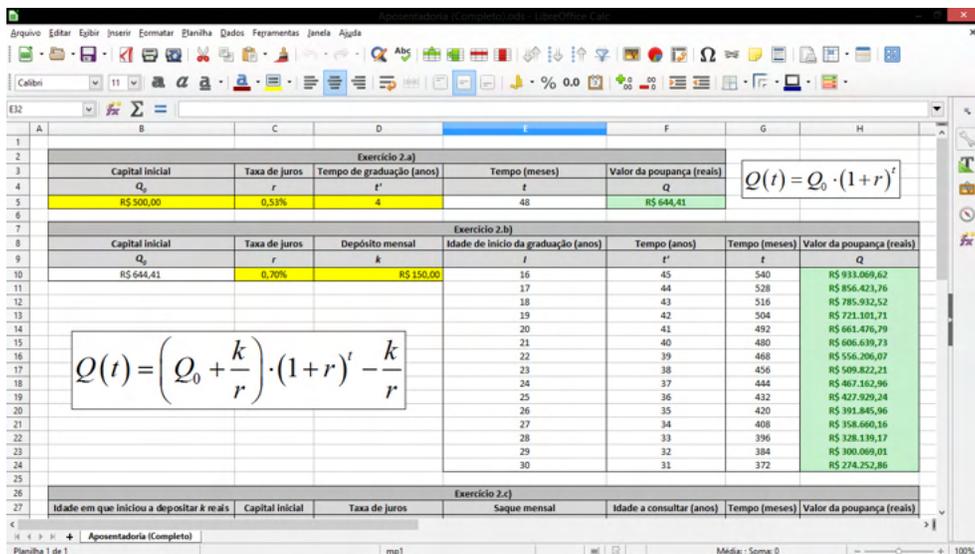


Figura 2 – Planilha eletrônica construída pelos estudantes ao término do item 2 b).

Fonte: Elaborada com uso do *software* LibreOffice Calc.

Nesta atividade, 34 alunos responderam a avaliação proposta, com somatório de escores podendo variar de 170 a 850, em que, novamente, 170 representa a insatisfação total com a atividade e 850 representa o caso contrário. O somatório dos escores, neste caso, foi de 689, representando um percentual de satisfação de 76,3%, um pouco maior do que o da primeira atividade. O procedimento de obtenção deste valor foi análogo ao adotado para a construção da Tabela 1. Observamos percentuais mais altos nas faixas 4 e 5 desta atividade em relação à anterior, que foi teórica, evidenciando que os estudantes do recorte estudado se sentiam mais confortáveis com o uso de recursos computacionais do que com a formalização algébrica.

As Atividades 3 e 4 foram complementares às Atividades 1 e 2, apresentando problemas inversos, como, por exemplo, determinar o tempo necessário para se obter determinada quantia, que demandava o conhecimento de funções inversas (no caso, as logarítmicas), que foram devidamente trabalhadas nas aulas. As questões de cunho avaliativo foram as mesmas abordadas nas Atividades 1 e 2, respectivamente, apenas readequando-se a terminologia. Na escala de Likert aplicada à Atividade 3, foram obtidas 37 respostas, com somatório de escores podendo variar de 185 a 925. O somatório dos escores para a Atividade 3 foi de 756, um percentual de satisfação de 77,2%, novamente superior ao percentual da segunda atividade. Este aumento pode ser atribuído à crescente de satisfação ao longo do desenvolvimento das atividades, à familiarização da turma com as mesmas e ao interesse pelo tema, uma vez que muitas das grandezas químicas e físicas são definidas por logaritmos.

No que se refere à Atividade 4, esta foi avaliada por apenas 11 estudantes. Em diálogo com a turma, verificamos que a ausência dos demais ocorreu devido a provas e atividades extracurriculares que ocorreram na mesma semana em que a atividade foi realizada. A atividade teve somatório de escores podendo variar entre 55 e 275, com somatório dos escores totalizando 230, equivalente a um percentual de satisfação de 79,5%, sendo 2,3% superior ao percentual da Atividade 3. Isso pode ser atribuído ao fato de que somente os estudantes mais assíduos e/ou interessados pela disciplina participaram da atividade.

Em contrapartida, durante a aplicação da Atividade 5, a turma mostrou-se mais disposta e animada, possivelmente pelo fato de o conteúdo abordado estar inserido no contexto da Química, mais especificamente a Cinética Química. Participaram desta avaliação 42 alunos, sendo a atividade com maior número de estudantes presentes. O somatório de escores neste caso poderia variar de 210 a 1050, sendo que o somatório dos escores foi de 848, representando um percentual de satisfação de 76,0%. Neste caso, notamos que poucos estudantes apontaram escore 5 para os itens b e d (4,8% e 7,1%, respectivamente) que envolviam interpretações complexas de reações químicas e de difícil assimilação para um estudante do primeiro semestre do curso. Isso indica que tais questões demandam um tempo maior para a sua compreensão e necessitam aprimoramento para reaplicações futuras.

A análise do processo e dos dados obtidos ao longo da aplicação da sequência didática possibilita algumas reflexões. De imediato, a verificação dos percentuais de satisfação permite inferir que, ao menos em nível de autopercepção declarativa, as atividades propostas demonstraram potencial motivador para os estudantes ao adotarmos uma estratégia mais deslocada no sentido da contextualização e do uso de recursos tecnológicos, em alinhamento às propostas de Camarena (2017) para um ensino contextualizado. No que diz respeito às variáveis MD e mD definidas na análise *a priori* e, portanto, previamente à elaboração das atividades, era de interesse a sua maior contemplação possível no desenrolar das atividades. Nessa esteira, a contemplação das variáveis mD associadas aos microníveis do desenho experimental da sequência didática é crucial para a conseqüente contemplação no macronível, representado pelas variáveis MD. Ao confrontar as variáveis mD e MD do Quadro 1 com as autopercepções declaradas pelos educandos ao longo das cinco atividades, foi possível construir o Quadro 2, apresentado a seguir.

Variáveis	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
mD	1b,c 3b,c 5a,b	1c,d,e 3c,d,e 5b,c,d,e	1a 2b,c 4b,c	1d,e 3d,e 5d,e	2a,b,e 4a,b,e	2c,d,e 4c,d,e	2a,b,c,d,e 4a,b,c,d,e	1c 2b,c 3c 4b,c 5b	1c, 2d 3c, 4d 5c	T
MD	T	2a,b,c 4a,b,c	2a,b,c,d,e 4a,b,c,d,e	N	1b, 2d 3b, 4d 5b,c,d	5a,b,d				

Quadro 2 – Relação entre as variáveis macrodidáticas (MD) e microdidáticas (mD) e as autopercepções declarativas dos estudantes nas escalas de Likert, em que T = Todos os itens e N = Não foi avaliado por Likert.

Fonte: A própria pesquisa.

O Quadro 2 sintetiza a interpretação feita a respeito da contemplação das variáveis mD e MD definidas na análise *a priori* nas atividades propostas na sequência didática. No quadro consideramos, a título de exemplo, que a variável mD de número (1), “percepção das funções exponenciais e logarítmicas no cotidiano”, foi contemplada pelos itens *b* e *c* da escala de Likert da Atividade 1. A única variável não confrontada foi a variável MD de número (4), “valorização da tomada de decisão coletiva e da discussão de resultados”, por se tratar de uma variável de ordem interativa das relações estudante-estudante e estudante-professor ao longo da sequência, mais atrelada ao espaço de dinamicidade e trocas e/ou interações rápidas da sala de aula. Para Artigue (1988), é no confronto das análises *a priori* e *a posteriori* que se estabelece o coração da validação interna da ED, e a obtenção de elevados percentuais de satisfação associados às variáveis mD constroem validade científica entre si, em um processo que também constrói validade para as variáveis MD, por serem componentes dos microníveis que, por sua vez, desenham o macronível (BUTY; TIBERGHEN; LE MARÉCHAL, 2004).

5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os percentuais de satisfação dos estudantes com as atividades realizadas no tocante à compreensão de conceitos, a adoção de recursos gráficos e de simulação compuseram uma média de 76,7% entre as cinco atividades, evidenciando que a estratégia foi considerada bastante positiva. Desse modo, concluímos que as atividades com uma abordagem voltada à contextualização imprimiram impacto benéfico ao recorte de estudantes considerado no estudo. A experimentação em sala reforça o elo de indissociabilidade entre práxis docente e pesquisa, e a validação na ED, podendo ser realizada durante a aplicação da sequência didática, confere maior factibilidade e flexibilização acerca de eventuais alterações nas atividades propostas, dado o ambiente de elevada dinamicidade que se constitui o espaço da sala de aula. Ressaltamos aqui a importância de se orientarem pesquisas deste teor para que encorajemos, junto dos educandos, a superação de uma interfacialidade por

vezes tida como inexistente entre as disciplinas, em *modus operandi* compartimentalizado, e, por outro lado, possa-se ampliar ainda mais os espaços para discussão de propostas que ensejam a contextualização no Ensino de Ciências e Matemática.

REFERÊNCIAS

ARTIGUE, Michèle. Ingénierie didactique. **Recherches en didactique des Mathématiques**, v. 9, n. 3, p. 281-308, 1988. Disponível em: <https://revue-rdm.com/1988/ingenierie-didactique-2/>. Acesso em: 07 mar. 2022.

ARTIGUE, Michèle. Didactical engineering as a framework for the conception of teaching products. In: Biehler, R. E. A. **Didactics of Mathematics as a Scientific Discipline**. The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1994. p. 27 – 39.

BARROZO, Sidineia; COSTA, Matheus Moreira; CAPELATO, Erika. Proposta de uma Sequência Didática para o Ensino da Função Exponencial. In: **Congreso Iberoamericano de Educación Matemática (8th)**, 2017, Madri. Libro de Actas... Andújar (Jaén) España: Federación Española de Sociedades de Profesores de Matemáticas, 2017. v6. p. 390-400. Disponível em: <http://funes.uniandes.edu.co/19992/1/Barrozo2017Proposta.pdf>. Acesso em: 07 mar. 2022.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. **PCN+ Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Brasília: Semtec/ MEC, 2002. 144 p. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>. Acesso em: 07 mar. 2022.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Base Nacional Comum Curricular: Educação é a base**. Brasília, DF: MEC/SEB, 2019. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_-versaofinal_site.pdf. Acesso em: 07 mar. 2022.

BUTY, Christian; TIBERGHIE, Andrée; LE MARÉCHAL, Jean-François. Learning hypotheses and an associated tool to design and to analyse teaching–learning sequences. **International Journal of Science Education**, v. 26, n. 5, p. 579-604, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/09500690310001614735>. Acesso em: 07 mar. 2022.

CAMARENA, Patricia Gallardo. Didáctica de la matemática en contexto. **Educación Matemática Pesquisa**, São Paulo, v. 19, n. 2, p. 1-26, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.23925/1983-3156.2017v19i2p1-26>. Acesso em: 07 mar. 2022.

COOK, Elzbieta; KENNEDY, Eugene; MCGUIRE, Sandra Yancy. Effect of teaching metacognitive learning strategies on performance in General Chemistry courses. **Journal of Chemical Education**, v. 90, n. 8, p. 961-967, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/ed300686h>. Acesso em: 07 mar. 2022.

COSTA, Guilherme Gonçalves. **O ensino de funções exponenciais e logarítmicas**: explorando a Cinética Química e situações cotidianas. 2017. 143 f. Araraquara: Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso de Bacharelado em Química) – Instituto de Química, Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2017. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/203849>. Acesso em: 07 mar. 2022.

COSTA, Matheus Moreira. **O ensino das funções exponenciais**: uma proposta alternativa por meio de contextualização, modelagem matemática e recursos tecnológicos. 2016. 113 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2016. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/143450>. Acesso em: 07 mar. 2022.

DAS, Tushar; GEORGE, Whitney; WARNBERG, Nathan. Directionality of the Equals Sign: A Case Study Using Logarithmic Properties. **PRIMUS**, v. 30, n. 4, p. 447-457, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/10511970.2019.1608486>. Acesso em: 07 mar. 2022.

HASHEMI, Nourooz; ABU, Mohd Salleh; KASHEFI, Hamidreza; RAHIMI, Khadijeh. Undergraduate students' difficulties in conceptual understanding of derivation. **Procedia Social and Behavioral Sciences**, Nicosia, v. 143, p. 358-366, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.07.495>. Acesso em: 07 mar. 2022.

KNEUBIL, Fabiana Botelho; PIETROCOLA, Maurício. A Pesquisa Baseada em Design: Visão Geral e Contribuições para o Ensino de Ciências. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 22, n. 2, p. 01-16, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2017v22n2p01>. Acesso em: 07 mar. 2022.

MAGARINUS, Renata. **Uma proposta para o ensino de funções através da utilização de objetos de aprendizagem**. 2013. 99 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/10933/MAGARINUS%2C%20RENATA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 07 mar. 2022.

NORTVEDT, Guri Anne.; SIQVELAND, Arvid. Are beginning calculus and engineering students adequately prepared for higher education? An assessment of students' basic mathematical knowledge. **International Journal of Mathematical Education in Science and Technology**, v. 50, n. 3, p. 325-343, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/0020739X.2018.1501826>. Acesso em: 07 mar. 2022.

PAVANELO, Elisângela; LIMA, Renan. Sala de Aula Invertida: a análise de uma experiência na disciplina de Cálculo I. **Bolema**, Rio Claro (SP), v. 31, n. 58, p. 739-759, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1980-4415v31n58a11>. Acesso em: 07 mar. 2022.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria da Educação. **Currículo Paulista**: Etapa Ensino Médio. São Paulo, SP: SEESP, 2020. Disponível em: <https://efape.educacao.sp.gov.br/curriculopaulista/>. Acesso em: 07 mar. 2022.

WEIR, Rachel J. Rethinking Precalculus and Calculus: a learner-centered approach. **PRIMUS**, p. 1-44, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/10511970.2019.1686669>. Acesso em: 07 mar. 2022.

COLEÇÕES DE INSTRUMENTOS DIDÁCTICOS ANTIGOS DE FÍSICA E QUÍMICA – RESSONÂNCIAS DE UM ENSINO MÉDIO DEMONSTRATIVO-EXPERIMENTAL EM PORTUGAL

Data de aceite: 01/06/2022

Data de submissão: 10/05/2022

Isabel Malaquias

Departamento de Física, CIDTFF
Universidade de Aveiro, Aveiro
ORCID: 0000-0002-3179-0282

RESUMO A existência de colecções de instrumentos didácticos antigos de Física e Química despertaram o nosso interesse pelo seu estudo, não só pela beleza de alguns exemplares, mas também porque se constituem como uma memória do desenvolvimento do ensino das ciências físicas no ensino médio/secundário em Portugal. Em simultâneo, revelam o entrecruzar de saberes e sua circulação num espaço europeu alargado, tendo permitido que, no intervalo de um século, a institucionalização do ensino público se processasse no nosso país. Essa circulação e apropriação, hoje objecto de investigação, têm vindo a enriquecer os estudos sobre as práticas e ensino científico, apontando o interesse da preservação da memória de uma cultura material da escola. Apresentam-se alguns aspectos de interesse.

PALAVRAS-CHAVE: Instrumentos didácticos antigos, Física e Química, circulação de saberes, ensino secundário, Portugal.

COLLECTIONS OF ANCIENT PHYSICS AND CHEMISTRY TEACHING INSTRUMENTS - RESONANCES OF A DEMONSTRATIVE-EXPERIMENTAL HIGH SCHOOL IN PORTUGAL

ABSTRACT: The existence of collections of old didactic instruments of Physics and Chemistry aroused our interest in their study, not only for the beauty of some examples, but also because they constitute a memory of the development of the physical sciences teaching in secondary education in Portugal. At the same time, they reveal the intertwining of knowledge and its circulation in an enlarged European space, having allowed, in the span of a century, the institutionalization of public science education to take place in our country. This circulation and appropriation, currently the object of investigation, has been enriching the studies on scientific practices and teaching, pointing out the interest of preserving the memory of a material culture of the school. Some aspects of interest are presented.

KEYWORDS: Old didactic instruments, Physics and Chemistry, circulation of knowledge, secondary education, Portugal.

INTRODUÇÃO

O surgimento das escolas de ensino médio (liceus) começou em Portugal, poucos anos após várias ocorrências políticas (invasões napoleónicas, independência do Brasil e guerra civil). Em 1836, o governo instituiu o sistema de ensino médio trazendo novidades importantes como o estudo de línguas modernas e um

curso de ciências experimentais de Física, Química e História Natural. Essa modernização implicou a criação de um liceu em todas as capitais de distrito. Isso significou o surgimento de vinte e uma novas escolas em Portugal e ilhas, que tiveram níveis de implementação diferentes. Ao longo do século XIX existiram diferentes tipos de dificuldades na efectivação e desenvolvimento das novas áreas. Os estudos científicos iniciaram-se em 1855, e também a produção de um primeiro livro de texto de apoio surge na altura (Figura 1).

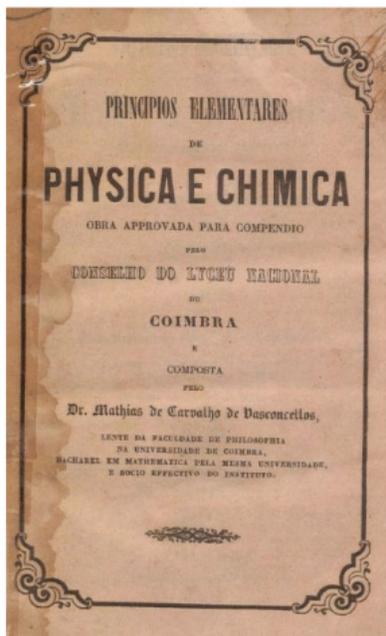


Fig. 1 – Capa do manual de *Física, Química e Introdução à História Natural dos Três Reinos*, publicado pelo Dr Mathias de Carvalho de Vasconcelos professor da Faculdade de Filosofia Natural da Universidade de Coimbra, em 1854.

UMA CULTURA MATERIAL ESCOLAR

O sentido de modernização decorrente da introdução do ensino do curso de Física, Química e História Natural implicou a atenção a um conjunto diversificado de aspectos identificadores da nova cultura escolar, como a existência de espaços específicos para a prática de um ensino demonstrativo-experimental, professores capacitados, instrumentos didáticos, manuais de ensino, diferentes circulações e apropriações. Recorde-se que os catálogos de instrumentos didáticos apresentavam gravuras que circularam pelos diferentes países, na época, que foram também objecto de apropriação para diferentes manuais escolares, onde se reconhecia a identidade específica dessas gravuras. Os catálogos não anunciavam apenas instrumentos, mas informavam ainda sobre mobiliário para a montagem dos laboratórios, de Física ou de Química ou de gabinetes de História Natural,

numa aculturação de procedimentos replicáveis em diferentes locais e normalizadora da função de realizar um ensino-aprendizagem científico de cariz experimental, potenciando e requerendo a existência de professores e demonstradores com “prática de experiências escolares”. A influência da língua francesa, como língua franca, foi dominante durante o século XIX e início do século XX, quer em catálogos de fabricantes de instrumentos, quer em manuais escolares, mas regista-se a influência progressiva e igualmente marcante das casas de instrumentação alemãs, que disseminaram ampla e internacionalmente os seus instrumentos e produtos.

De destacar, por outro lado, que o surgimento do sistema de ensino médio, com raízes setecentistas, que apresentavam muitos aspectos em comum, moldaram a escola secundária que Anderson reclama de “instituição reconhecidamente europeia” que “se tornou realidade à medida que o século XIX avançava”, não sem que se tenham registado diferenças significativas no tempo e no modo. Caracterizavam-na o ser uma “instituição pública, laica, administrada pelo estado ou por autoridades locais”(ANDERSON, 2014; MALAQUIAS 2018).

O ensino médio português do último quartel do século XIX, sofreu grande influência das correntes de ensino germânicas, incluindo o estudo da língua alemã, embora a tradição francesa se evidenciasse nos manuais escolares (de Química e de Física) e também nos equipamentos.

O primeiro Liceu, em Portugal, foi implementado em Coimbra, aproveitando espaços existentes e beneficiando da proximidade com a universidade, enquanto que o primeiro edifício construído de raiz como liceu, surgiu em Aveiro, em 1860, obviando a diferentes críticas que se foram avolumando relativamente ao inapropriado de várias das instalações escolhidas desde o início do século, correspondentes a edifícios inicialmente pertença de congregações religiosas, entretanto banidas.

Na imagem observa-se o laboratório de química do liceu de Aveiro por volta de 1905 (Figura 2) (TAVARES 1937) e, de data posterior, um outro laboratório (da escola de Leiria).

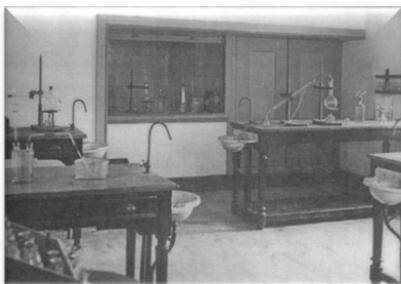


Fig 2. Laboratório de química do Liceu de Aveiro.

Fig 3. Professor José Júlio Henriques realizando experiências de química.

Onde o professor José Júlio Henriques ensinou durante alguns anos (Figura 3) (SANTOS 1911). A legenda original da imagem chama a atenção para a bancada de trabalho que era de origem alemã da firma (LEYBOLD'S NACHFOLGER >1905, p. IV) fundada em 1863, em Colônia (Köln).

Esta e outras empresas foram modelizando o ambiente escolar, dando-lhe um aspecto reconhecível em qualquer parte do mundo. A montagem de laboratórios para apoio da parte experimental da Física e da Química requereram atenções diversas. Apresenta-se aqui o plano de criação de um laboratório de química (SANTOS 1911), onde se detalham dimensões, arejamento, visualização das bancadas dos alunos pelo professor, alguns equipamentos base e localização da hotte, em acordo com o exemplar existente no Ateneu de Bruxelas, considerado modelar; na foto ao lado, observa-se uma hotte igual à do Ateneu e ainda dois exemplares diferentes de gasómetro, de Regnault e de vidro.

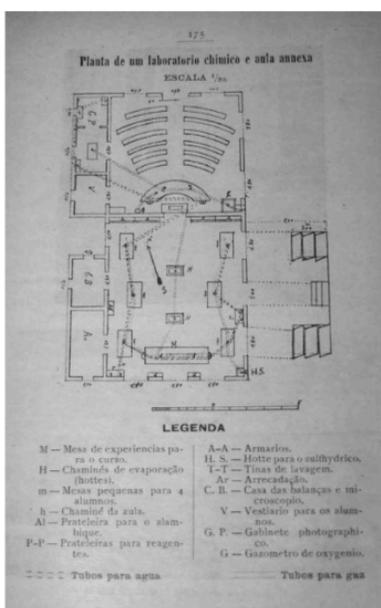


Fig. 4 - Plano para um laboratório químico (SANTOS 1911).

Fig. 5 - Modelo de hotte adoptado na “aula de chimica do Lyceu de Leiria” (SANTOS 1911).

Os catálogos de época, de várias casas europeias de instrumentos didáticos _ francesas: Salleron, Massiot, Ducretet, Les Fils D'Emile Deyrolle, Maison Paul Rousseau & Cie; alemãs: Max Kohl, Leybold Nachfolger, E. Zimmermann; mas também americanas: Welsch, ...; portuguesas_, circularam e anunciavam tudo o que podiam fornecer para além de mobiliário e instrumentos – livros, produtos químicos, entre outros, vejam-se, a título de exemplo, os pontos X e XI dos anúncios prévios deste catálogo de (LEREBOURS ET SECRETAN 1853).



VII. Pour éviter les *contrefaçons*, on fera bien, quand les commandes se feront par intermédiaires, d'exiger que tous les *instruments* portent la marque ou le poinçon *Lerebours et Secretan*. Les opticiens de la province et de l'étranger qui ne voudraient pas que nos noms figurassent sur nos appareils, devront dans leur demande en faire une *recommandation expresse*.

VIII. On est prié d'affranchir les lettres quand on ne demande que des renseignements.

IX. Tous les instruments nouveaux sont accompagnés d'instructions.

X. Outre les articles du présent Catalogue, nous nous chargeons de fournir tout ce qui est nécessaire pour les cours de physique et de chimie : livres, produits chimiques, minéraux, préparations d'histoire naturelle, etc., etc.

XI. On est prié d'indiquer si les envois doivent être faits par petite ou grande vitesse.

INSTRUMENTOS EXEMPLARES

A modernização do ensino das ciências, pesem embora diferentes e importantes críticas conhecidas, não esteve completamente alienada de influências que se desenhavam no exterior, nomeadamente em relação a compêndios, descrições que acompanhavam os instrumentos, reagentes, estampas, projecções, estabelecendo-se intermediários úteis/privilegiados a estas novas propostas. A vertente experimental do ensino da Física e Química ganhou renovado ímpeto com a obrigatoriedade lectiva e avaliação das práticas laboratoriais, que ocorreu, a nível nacional, a partir de 1914 (MALAQUIAS, 2018). A importância da actualização dos programas, da formação dos professores e das reflexões críticas sobre o ensino, quer oficiais quer veiculadas por alguma imprensa de vertente educativa, foram aperfeiçoando, nas primeiras décadas do século XX, o que se idealizara como ensino experimental, assunto ainda hoje objecto de investigação educativa.

O levantamento e investigação sobre os instrumentos didácticos antigos nas escolas secundárias mais antigas, que temos vindo a fazer, permitem a percepção da existência de um valioso património científico, que urge estudar e proteger (MALAQUIAS 2008, 2013; LACERDA 2006; TURNER 1993).

Ao visitar alguns acervos dessas escolas deparamo-nos com exemplares de instrumentos, invulgares e de certa beleza, como sejam, para a mesa do professor, de um belo exemplar de balança hidrostática (Figuras 6 e 7), mas também de balanças de precisão para os exercícios de manipulação pelos alunos, com a sua detalhada descrição (Figura 8).



3825. **Lecture Table Balance.** A universally useful balance for the lecture table, for ordinary weighing, specific gravity work and hydrostatic work in general. Can also be used in the physical laboratory to demonstrate the laws of the lever. Capacity, 5 kilograms; sensibility, 100 milligrams. Provided with two pairs of pans with lever

Fig. 6 - Gravura de balança hidrostática e sua descrição.

In (CENTRAL SCIENTIFIC Co 1912, p. 296).



Fig. 7 - Exemplar de balança hidrostática - Projecto POCI/CED/60998/2004 - (MALAQUIAS 2008).

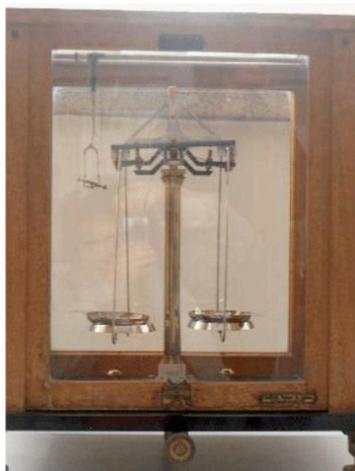


Fig. 8 - Exemplar de balança analítica Sartorius - Projecto POCI/CED/60998/2004 - descrita em (CENTRAL SCIENTIFIC Co. 1912 p. 289).

Uma máquina pneumática de dois corpos (Figura 9), estudada na parte lectiva de Física, descrita em (NOBRE, 1904, pp. 113-115), e a sua utilização nas aulas de química para “produzir uma destilação a frio”, seguindo o texto das



Fig. 9 - Máquina pneumática de dois corpos - Projecto POCI/CED/60998/2004 - <baudafisica.web.ua.pt> e gravura respectiva in (LEYBOLD'S NACHFOLGER >1905 p. 54).

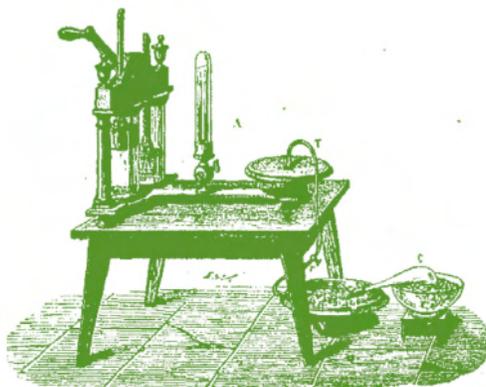


Fig. 104. — Appareil pour opérer une distillation à froid.

A machine pneumatique.
T tuyau en plomb communiquant avec le récipient B.
B récipient rempli d'un mélange de chlorure de calcium et de glace.
C cornue contenant le liquide qui doit distiller, et entourée de glace.
r robinet servant à intercepter la communication entre la machine pneumatique et l'appareil distillatoire.

Fig. 10 - Gravura ilustrativa de uso da máquina pneumática. In (MALAGUTI 1858-60).

aulas química de (MALAGUTI 1858-60) (Figura 10), que foram usadas no ensino português.

Para o estudo do calor, uma monumental máquina de Joule (aqui sem os contrapesos de pedra), da firma Max Kohl (Figura 11), que permitia o estudo demonstrativo do equivalente

mecânico da caloria, a que se juntaram diferentes calorímetros para determinações experimentais, mais precisas, por exemplo, de calores específicos e calores latentes.



Fig. 11 - Máquina de Joule - Projecto POCI/CED/60998/2004 (MALAQUIAS 2008).



Fig. 12 - Máquina de Carré - Projecto POCI/CED/60998/2004 (MALAQUIAS 2008).

Produzir gelo em laboratório constituiu uma novidade a que o dispositivo intitulado 'máquina de Carré' (Figura 12) deu suporte. A sua utilização em laboratório não foi exclusiva. A máquina de gelo de Ferdinand Carré (1859) encontrou um mercado interessado, particularmente nos Estados Unidos da América do Norte. O comércio de gelo artificial incentivou a produção de máquinas e a instalação de indústrias produtoras deste tipo de gelo.

A utilização do espectroscópio, tipo Bunsen-Kirchhoff, (Figura 13) ilustrava-se, por exemplo, nesta gravura de catálogo, onde se revela a importância da lâmpada de iluminação. Um exemplar que encontramos desta lâmpada possuía uma chaminé da firma alemã "Schott & Gen" de Jena, que pertenceu a Friedrich Otto Schott que estudou com Abbe, o qual estava associado com Carl Zeiss. Evidencia-se aqui a riqueza de informações que podem emanar do estudo de um dado instrumento ou dispositivo experimental, neste caso peças de cultura material de um ensino científico de nível médio.



Fig. 13 - Espectroscópios tipo Bunsen-Kirchhoff, de prisma e para química (MALAQUIAS 2008) e ilustração da sua utilização.

Entre os temas modernos que são introduzidos nos currículos oficiais de Física e de Química nas escolas secundárias (e também superiores) portuguesas, no período compreendido entre o final dos anos trinta e os anos setenta do século XX, encontra-se a introdução das radiações electromagnéticas e corpusculares, tanto a nível teórico como de demonstração. As descargas em gases rarefeitos constituíram momentos de grande interesse lectivo, ilustrados nos manuais escolares (Figura 14) e vivenciadas através de exemplares ainda hoje presentes em muitas colecções, registando-se, contudo, que a experiência sensorial imediata podia não corresponder à percepção final dos fenómenos ocorridos. São disso exemplo as ampolas de raios catódicos e as ampolas de raios X (Figura 15).

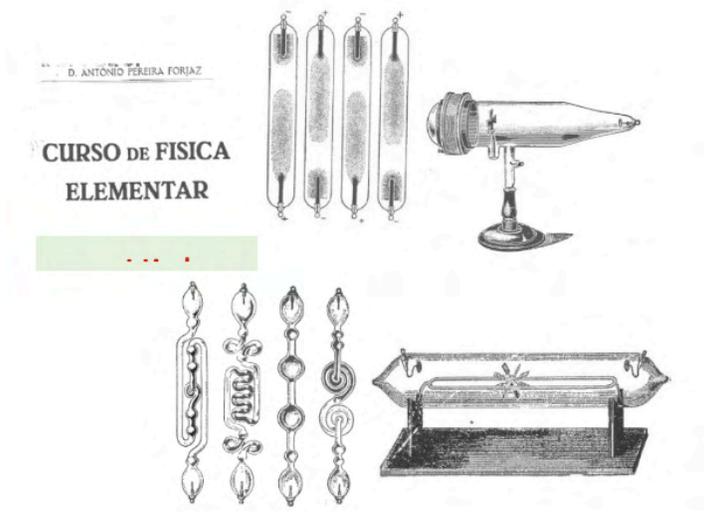


Fig. 14 - Capa do manual de FORJAZ (1937) com ilustrações de descargas em ampolas de gases rarefeitos e raios catódicos.

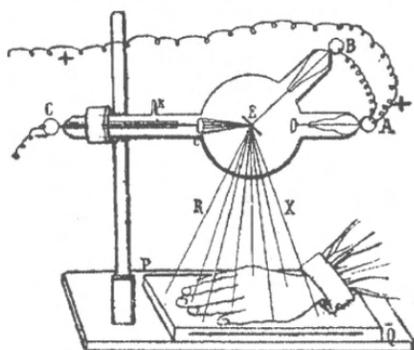


Fig. 15 - Desenho da utilização de uma ampola de raios X (FORJAZ 1937).

Alguns professores portugueses, de ensino secundário, tiveram, no período compreendido entre o final do século XIX e o início do século XX, a oportunidade de serem bolsheiros no estrangeiro para se modernizarem nas práticas de ensino da Física e da Química. Na vizinha Espanha, a Junta de Ampliación de Estudios teve também vários bolsheiros que, entre outros países, visitaram Portugal, ao tempo da implantação da República, para realizarem relatórios técnicos sobre os avanços das propostas educativas republicanas em Portugal (MALAQUIAS 2018).

NOTAS FINAIS

A introdução do ensino médio de vertente científica (Física, Química, Ciências Naturais), em Portugal, implicou diferentes requisitos: espaços, manuais e instrumentos

didáticos (de demonstração/experimentação), professores com competências específicas.

Os instrumentos didáticos constituem uma característica da cultura escolar, e da cultura científica mais geral, pelo papel que desempenham no processo de estudo da natureza e dando também suporte ao entendimento de como é que se desenvolveram as práticas científicas e de como evoluíram os próprios instrumentos.

O ensino de cariz experimental suscitou a necessidade de produzir e vender instrumentos, evidenciando-se percursos de circulação e apropriação em que se incluíram também como actores os manuais escolares, portugueses e franceses, os catálogos de instrumentos e, claro, os próprios instrumentos, como parte característica da cultura científica. Referimo-nos, em particular, aos instrumentos de ensino da Física e Química.

Os instrumentos didáticos antigos de Física e Química dão testemunho do desenvolvimento da ciência que o percurso histórico foi enriquecendo. Em alguns casos, acompanharam de perto o desenvolvimento de alguns conceitos científicos e/ou técnicas de medida.

Em muitos casos, constinuum a deter o potencial de facilitadores da aprendizagem de alunos e de curiosos sobre a ciência, na medida em que não são as caixas negras que instrumentos mais recentes evidenciam, e constituem uma memória importante da cultura escolar, para além do possível valor patrimonial.

Para a moderna historiografia da ciência e do ensino científico, os instrumentos constituem uma preciosa fonte de trabalho.

REFERÊNCIAS

ANDERSON, R. (2004). The Idea of the Secondary School in Nineteenth-century Europe, **Paedagogica Historica**, 40:1-2, pp.93-106.

CENTRAL SCIENTIFIC Co. (1912). **Catalog Physical & Chemical Apparatus**. Chicago, U.S.A..

FORJAZ, D. A. P. (1937). **Curso de Física Elementar**. Lisboa: Sá da Costa.

LACERDA, J. (2006). Instrumentos científicos como fonte para a história da ciência: uma história possível. **Revista Histórica**, nº 13, Ano 2 – Agosto, pp.1-9.

LEREBOURS ET SECRETAN (1853). **Catalogue et Prix des Instruments d'Optique, de Physique, de Chymie, de Mathématiques, d'Astronomie et de Marine**. Remarques Essentielles. Paris, s/p.

LEYBOLD'S NACHFOLGER, E. (>1905). **Catalogue of Physical apparatus (With Instructions for Use)**. Cologne (Germany).

Malaguti, F. (1858-60) **Leçons élémentaires de chimie**. 2.ème ed. Paris.

MALAGUTIAS, I. (2018). Percursos de circulação e apropriação. Os instrumentos didáticos, veículos da renovação de uma educação científica moderna nos liceus portugueses. In Dolores Ruiz-Berdún (ed), **Ciencia y Técnica en la Universidad – Trabajos de Historia de las Ciencias y de las Técnicas**, Volumen I, pp.377-386. Alcalá de Henares: Universidad de Alcalá 2018 Servicio de Publicaciones.

MALAQUIAS, I. (2013). Aspectos materiais da cultura científica - instrumentos didáticos de Física e Química. In Mariana Valente; Jorge Croce Rivera (coords.) **Culturas experimentais**, Lisboa: Ed. Caleidoscópio.

MALAQUIAS, I. (coord.) (2008). **Baú da Física e Química**. Aveiro: Universidade de Aveiro.

NOBRE, F. R. (1904). **Lições de Physica em Harmonia com os programas da IV e V classe do Curso Geral dos Lyceus**. 5ª. ed. Porto: Typografia a vapor de José da Silva Mendonça, pp. 113-115.

SANTOS J. A. C. (1911), **Problemas resolvidos e Manipulações de Chimica**, Vol.II, Lisboa:Typ. Cooperativa Militar.

TAVARES J. P. (1937), **História do Liceu de Aveiro**, F. Foz.

TURNER, A. J. (1993). Interpreting the history of scientific instruments. In ANDERSON, R. G. W, BENNETT, J. A., RYAN, W. F. (eds.) **Making Instruments Count. Essays on Historical Scientific Instruments presented to Gerard L. Turner**. Vermont: Variorum.

ELETROQUÍMICA – UMA REVISÃO DE CONCEITOS BÁSICOS

Data de aceite: 01/06/2022

Data de submissão: 26/04/2020

Leila Cottet

Universidade Federal de Santa Catarina –
UFSC - Departamento de Química
Florianópolis – Santa Catarina
<http://lattes.cnpq.br/7434501249236233>

Patrícia Appelt

Universidade Estadual do Centro-Oeste –
UNICENTRO - Departamento de Química
Guarapuava – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/4129085508718659>

David Lucas Zegolan Marcondes

Universidade Tecnológica Federal do Paraná -
UTFPR Departamento de Química
Campo Mourão – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/7894347840051077>

RESUMO: As reações conhecidas como oxidação-redução, as quais envolvem a transferência de elétrons são a base de processos importantíssimos usados no nosso dia-a-dia, como por exemplo, o funcionamento das pilhas e baterias. Sendo assim, este capítulo apresenta uma breve abordagem a respeito da eletroquímica, o estudo das relações entre a eletricidade e as suas reações químicas redox, a espontaneidade dessas reações, os tipos de células eletroquímicas mais conhecidas, bem como o funcionamento dessas, e por fim, algumas equações essenciais nesse campo.

PALAVRAS-CHAVE: Eletroquímica, células

galvânicas e eletrolíticas.

ABSTRACT: Chemical reactions known as oxidation-reduction (redox), which involve the transfer of electrons between two atoms, are the basis of very important processes present in our daily lives, such as the functioning of cells and batteries. Therefore, this chapter presents a brief approach to electrochemistry, the study of how electricity and redox chemical reactions are related, as well as the spontaneity of these reactions, the most known types of electrochemical cells, their functioning and some essential equations in this area.

KEYWORDS: Electrochemistry, galvanic and electrolytic cells.

1 | INTRODUÇÃO

Normalmente, os estudantes consideram a área de Físico-Química difícil, complexa e maçante. Isso pode ser justificado pela falta de compreensão do conteúdo inicial, pois no caso da eletroquímica, subárea da Físico-Química, é um campo multidisciplinar e que envolve na maioria das vezes tecnologias avançadas (Kempler, 2021).

De acordo com Brown (2016, p.894), “a eletroquímica é o estudo das relações entre a eletricidade e as reações químicas, abrangendo o estudo de processos espontâneos e não espontâneos”.

Assim, o primeiro questionamento básico que podemos fazer nos dias atuais quando

abordamos o conteúdo de eletroquímica é: - Você sabe de onde vem a energia proveniente da bateria do seu laptop ou do smartphone? Ou: -Você sabe explicar como a energia elétrica é produzida? Ou ainda: - Você sabe como podemos calcular/operar o potencial obtido de uma célula galvânica ou célula eletrolítica? Qual é a diferença entre uma pilha e uma bateria? Todas essas perguntas serão discutidas ao longo desse capítulo.

Considerando que a eletroquímica é uma área promissora e de grande interesse para o desenvolvimento de novos materiais, nesse capítulo vamos discutir sucintamente alguns fundamentos básicos e essenciais para a compreensão desses sistemas eletroquímicos. Dentre esses, destacamos as reações de transferência de elétrons, denominadas reações de oxidação-redução, os sistemas que podem representar essas reações, as células galvânicas e células eletrolítica, como ocorre a produção de energia elétrica a partir das reações redox, bem como essa energia é armazenada em pilhas e baterias.

2 I REAÇÕES REDOX E CÉLULAS ELETROQUÍMICAS

Pilhas e baterias são produtos tecnológicos que tem revolucionado a nossa sociedade (Bochi, 2000). A possibilidade de armazenar energia e utilizá-la sem a necessidade de estar ligado a fios tem gerado uma revolução tecnológica. Para que isso seja possível reações de oxidação-redução ou também chamadas de reações redox são utilizadas. Mas o que são essas reações e quais são suas características?

Segundo Skoog (2008, p.464), “em uma reação de oxidação-redução, os elétrons são transferidos de um reagente para outro”. Por exemplo, a oxidação de íons ferro (II) por íons cério (IV). A reação procede pela transferência de um elétron do Fe^{2+} para o Ce^{4+} , para então formar íons Ce^{3+} e Fe^{3+} , conforme mostra a equação 1.



Uma substância que tem grande afinidade por elétrons, é dita como agente oxidante (ou oxidante), como o Ce^{4+} , sendo um receptor de elétrons. Quando uma substância doa facilmente elétrons, ou seja, doador de elétrons, a mesma é denominada agente redutor (ou redutor), como o Fe^{2+} (Skoog *et al*, 2008). Além disso, podemos representar as reações dividindo em duas semiequações (semirreações), as quais demonstram a substância que perde elétrons e qual ganha elétrons, a soma de duas semi-reações resulta na equação global (exemplo da eq. 1) (Skoog *et al*, 2008) (Harris, 2011).

Como observamos, nas reações acima ocorre necessariamente uma variação no número de elétrons de oxidação (NOX) dos elementos químicos envolvidos.

As reações redox podem ser efetuadas de duas maneiras, sendo fisicamente muito diferentes. A primeira é quando o oxidante e o redutor são colocados em contato direto, por exemplo as Figuras 1a e 1b.

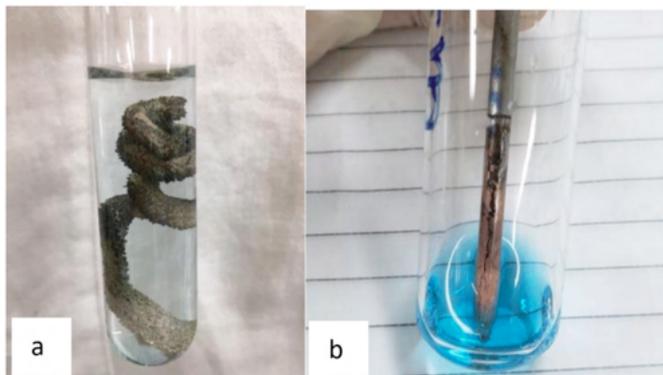
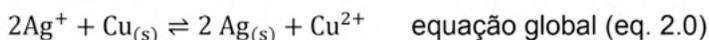
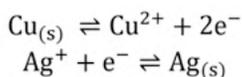


Figura 1 – Reações de oxidação-redução. a) Fio de cobre em solução de AgNO_3 . b) Metal ferro em solução de CuSO_4 .

Fonte: Elaborado pelos autores, 2022.

Na figura 1a, um pedaço de fio de cobre é imerso em uma solução de nitrato de prata ($\text{AgNO}_3 - 0,2 \text{ mol L}^{-1}$), os íons prata migram para o metal e são reduzidos, consequentemente o cobre é oxidado. Ocorre a deposição de prata sobre o cobre, esse experimento é conhecido como “*silver tree*” ou árvore de prata. A seguir são apresentadas as semi-reações e a equação global da Figura 1a.



Na figura 1b, um prego (ferro) foi imerso em uma solução de sulfato de cobre ($\text{CuSO}_4 - 0,1 \text{ mol L}^{-1}$), os íons de cobre migram para o metal ferro e são reduzidos, já o ferro é oxidado. Conseguimos ver nitidamente o prego tendo coloração vermelha ou “cobreada”, característica do cobre, confirmando a transferência de elétrons de forma simples e rápida. De forma similar também podemos representar a equação global e as semi-reações.

A segunda maneira de demonstrar as reações redox é quando temos o oxidante e o redutor fisicamente separados um do outro, assim a reação é desenvolvida em uma célula eletroquímica, como no exemplo apresentado na Figura 2.



Figura 2 – Célula eletroquímica (Pilha de Daniell).

Fonte: Elaborado pelos autores, 2022.

A Figura 2, representa uma célula eletroquímica, comumente conhecido como Pilha de Daniell (Feltre,1996), devido a separação dos reagentes essa célula é denominada galvânica (ou pilha voltaica). Segundo Skoog (2006, p.470), “a pilha de Daniel foi uma das primeiras células galvânicas a encontrar ampla aplicação prática, por meados século XIX forneceu energia para os sistemas de comunicação telegráficos”.

O funcionamento desse sistema consiste em dois metais sólidos (nesse caso Zn e Cu) conectados por um circuito externo chamados de eletrodos. No eletrodo denominado ânodo ocorre a oxidação, placa de zinco metálico, no eletrodo denominado cátodo, ocorre a redução, sendo a placa de cobre metálico. Os eletrólitos são formados por soluções de sulfato de cobre e sulfato de zinco. Além disso, temos a ponte salina, um tubo em formato de U preenchido com solução de KCl (em alta concentração - pode ser outro eletrólito desde que não afete a reação da célula) com algodão nas extremidades, que permitem a difusão dos íons. Assim, a condução de eletricidade de uma solução eletrolítica para a outra ocorre pela migração de íons K^+ para uma direção e íons Cl^- para outra. Sendo assim, a função da ponte salina é evitar o contato direto entre os metais, permitir a migração de íons e manter a neutralidade elétrica das soluções (Brown, p.904, 2016). No próximo tópico iremos detalhar mais esse sistema. Cabe destacar que na pilha de Daniell os resultados são satisfatórios para equipamentos que exigem baixas correntes elétricas (Bochi, 2000).

Embora a montagem mostrada na Figura 2 seja mais difícil do que a Figura 1a e 1b, as reações redox ocorridas têm o mesmo princípio de transferência de elétrons (Skoog *et al*, 2008). Contudo, na Figura 2, a redução do $Cu^{2+}_{(aq)}$ pode ocorrer apenas através do fluxo de elétrons por um circuito externo, ou seja, um fio que conecta as tiras de Zn e de Cu. E

os elétrons fluem por um fio e íons se movem em uma solução constituem, ambos, uma corrente elétrica. Esse fluxo de carga elétrica pode ser usado para realizar trabalho elétrico (Brown, p,902, 2016).

As células eletroquímicas podem ser classificadas em função da espontaneidade do processo de transferência de elétrons. Na Figura 2, temos a pilha de Daniell, a mesma usa uma reação química dita espontânea para gerar eletricidade.

Dessa maneira, quando o processo redox é espontâneo a célula eletroquímica é denominada de célula galvânica/ voltaica e quando o processo é não espontâneo temos então uma célula eletrolítica. Em uma célula galvânica um processo redox espontâneo gera uma corrente elétrica, enquanto em uma célula eletrolítica uma corrente elétrica externa conduz uma reação não espontânea (MAHAN, 1993) Concluimos que o funcionamento destas células é oposto uma em relação à outra. Esquematizando as reações redox de acordo com sua espontaneidade, temos:

Galvânica → espontânea

Eletrolítica → não espontânea

Resumidamente, temos a energia química sendo transformada em energia elétrica (Hioka *et al*; 2000); e energia elétrica sendo transformada em energia química.

3 | CÉLULA GALVÂNICA

Segundo Brown (2016, p.902), “toda a energia liberada em uma reação redox espontânea pode ser usada para realizar trabalho elétrico, e essa atividade é realizada por uma célula galvânica (voltaica)”.

Uma célula galvânica é formada por dois condutores (eletrodos), como já foi destacado acima. Entre as celas é necessário que o fluxo de elétrons não seja interrompido, para isso é necessário o uso de uma ponte salina conectando as duas celas. No esquema da Figura 3 o eletrodo de cobre está imerso em uma solução de sulfato de cobre (CuSO_4) e o eletrodo de zinco está em uma solução de sulfato de zinco (ZnSO_4).

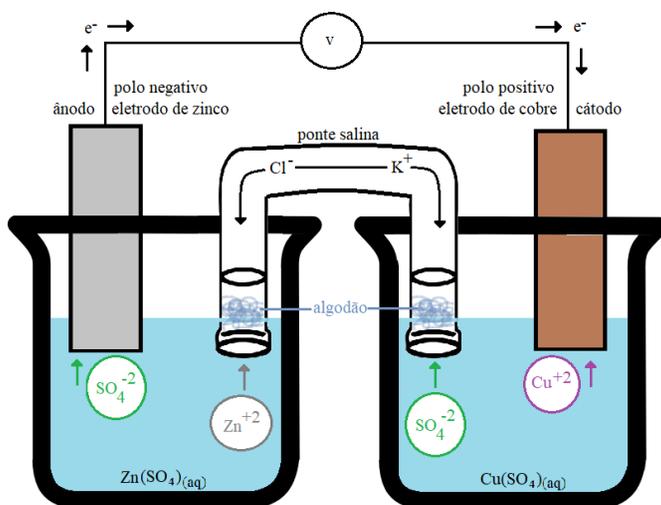
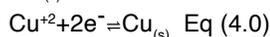
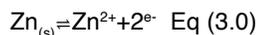


Figura 3. Célula galvânica.

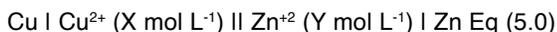
Fonte: Os autores.

As semi-reações que ocorrem nesse sistema são:



O eletrodo de zinco sofre oxidação (perde elétrons) mudando seu estado de oxidação. Conforme os elétrons saem do eletrodo uma carga positiva vai sendo formada em sua superfície. Esta carga superficial positiva faz os íons de sulfato (SO_4^{-2}) e de hidrogenosulfato (HSO_4^-) serem atraídos para perto do eletrodo (REFERENCIA). Com esta passagem de íons na solução o eletrodo de zinco começa a perder massa para a solução e o eletrodo de cobre começa a ganhar massa.

Uma notação utilizada para representar as células galvânicas é apresentada a seguir



De acordo com Skoog (2007, p. 471), “Por convenção, uma linha vertical simples indica um limite entre fases, ou interface, na qual o potencial se desenvolve. A linha vertical dupla representa dois limites, um em cada extremidade da ponte salina”.

Nesta representação da esquerda para a direita, temos: eletrodo de cobre (oxidação), com interface com o eletrolítico de Cu^{+2} ; ponte salina (linha vertical dupla); eletrólito de prata (Zn^{+2}) com interface de Zn (redução). Para finalizar as letras X e Y que representam as concentrações dos eletrólitos Cu^{+2} e Zn^{+2} , respectivamente. O ânodo sempre fica a esquerda e o cátodo à direita.

Em uma célula galvânica como a exemplificada na Figura 13, podemos calcular o potencial de uma célula, o qual é a diferença entre dois potenciais de meia-célula ou de um

eletrodo. Conforme Skoog (2008, p.475), “o potencial pode ser calculado como o eletrodo da direita (E_{direita}), o outro associado com a semi-reação do eletrodo da esquerda (E_{esquerda}), de acordo com a IUPAC, enquanto o potencial de junção líquida for desprezível ou não haja junção líquida, podemos escrever o potencial da célula $E_{\text{célula}}$ como”:

$$E_{\text{célula}} = E_{\text{direita}} - E_{\text{esquerda}} \quad \text{Eq (6.0)}$$

Uma célula galvânica tem a capacidade de armazenar energia, como exemplo temos as pilhas e baterias que tem células galvânicas ligadas em série.

4 | CÉLULA ELETROLÍTICA

Célula galvânicas sofrem reações redox de forma espontânea gerando energia. Porém, uma reação inversa pode ocorrer. Este processo é chamado de eletrólise e ocorre a partir de uma célula eletrolítica onde energia elétrica é aplicada na reação.

O arranjo básico de uma célula eletroquímica é diferente de uma célula galvânica, pois apenas um eletrólito é utilizado, as pressões e concentrações também são diferentes das condições padrão. A Figura 4, apresenta um exemplo de uma célula eletrolítica.

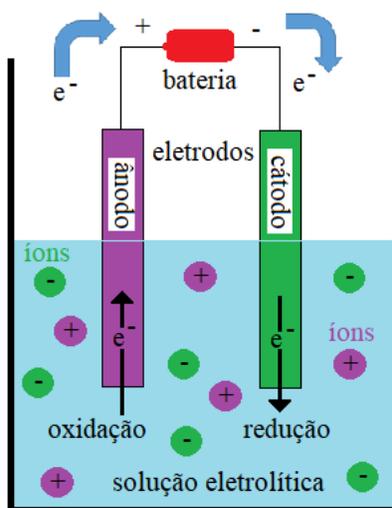


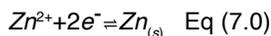
Figura 3. Célula eletrolítica.

Fonte: Os autores.

Na Figura 4, note que a representação do ânodo e do cátodo em uma célula eletrolítica é igual ao de uma galvânica. O ânodo à esquerda e o cátodo à direita. Para quantificar a energia produzida em uma célula eletrolítica, pode-se utilizar as leis de Michael Faraday estabeleceu as leis de Faraday para a eletrólise, onde: a quantidade de substância produzida pela eletrólise é proporcional à quantidade de eletricidade utilizada para realizá-

la; e, para certa quantidade de eletricidade utilizada, a quantidade de substância produzida é proporcional à sua massa equivalente. Para seguir estas relações utiliza-se a unidade Faraday (F), que equivale a 1 mol de elétrons. Como exemplo, temos:

Na semi-reação do zinco, 2 elétrons são usados para reduzir 1 molécula de zinco. Assim, para reduzir 1 mol de Zn^{2+} são necessários 2 mols de elétrons, ou seja, 2 faradays.

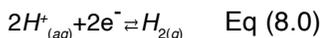


Fique atento: 1 Faraday equivale a $9,6487 \times 10^4$ coulomb (C), a unidade convencional de corrente elétrica é o ampère (A), que equivale a 1 C por segundo ($1A = 1C \cdot s^{-1}$).

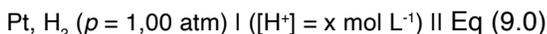
5 I POTENCIAL DE ELETRODO

Mas como calculamos a quantidade de energia produzida em uma pilha? Para calcular a quantidade de energia ou o potencial desta pilha é necessário conhecer o potencial do eletrodo.

O eletrodo utilizado como referência em reações da eletroquímica é o eletrodo padrão de hidrogênio (EPH). Este eletrodo é constituído por um pedaço de metal recoberto de platina (que não participa da reação) que é imerso em uma solução com íons hidrogênio (H^+) com uma concentração conhecida. A semirreação que ocorre no EPH é:



Que pode ser representada assim:



Assim, o EPH possui uma pressão de 1 atmosfera no eletrodo e os íons H^+ a uma concentração de $x \text{ mol L}^{-1}$ no eletrólito.

“Por convenção, o potencial do eletrodo padrão de hidrogênio é definido como tendo um valor de 0,000 V sob todas as temperaturas. Como consequência, qualquer potencial desenvolvido em uma célula galvânica consistindo de em um eletrodo padrão de hidrogênio e algum outro eletrodo é atribuído inteiramente ao outro eletrodo”. (SKOOG, 2007, p 477).

Mas quais são os potenciais dos outros eletrodos? Para medirmos o potencial de outro eletrodo, como por exemplo, o de zinco, colocaremos ele dentro de uma solução contendo íons Zn^{+2} e ligaremos a um EPH (referência). E, com a ajuda de um voltímetro podemos medir a diferença de potencial entre o eletrodo de cobre o eletrodo de zinco. Conforme o cálculo abaixo:

$$E_{\text{célula}} = E_{\text{direita}} - E_{\text{esquerda}} = E_{Zn} - E_{EPH} = -0,763 \text{ V} - 0,00 \text{ V} = -0,763 \text{ V Eq (10.0)}$$

Se o eletrodo fosse de cobre teríamos o seguinte cálculo:

$$E_{\text{célula}} = E_{\text{direita}} - E_{\text{esquerda}} = E_{Cu} - E_{EPH} = 0,337 \text{ V} - 0,00 \text{ V} = 0,337 \text{ V Eq (11.0)}$$

Sempre lembrando que o potencial do eletrodo de hidrogênio (EPH) é sempre 0,00 V.

Observe que o potencial do EPH é zero, porém ele não vai reduzir todos os

outros elementos. Assim, temos eletrodos que serão reduzidos pelo EPH e outros que irão ser oxidados. Desta forma conclui-se que: “Em uma célula eletrolítica a reação não é espontânea de modo que precisamos fornecer energia para que ela ocorra assim o valor do potencial calculado é negativo” (SKOOG, 2007, p 486).

O valor do potencial de uma célula galvânica é positivo, pois trata-se de uma reação espontânea. Como exemplo de cálculo observe a reação entre o eletrodo de cobre e o de zinco:

$$E_{\text{célula}} = E_{\text{Cu}} - E_{\text{Zn}} = 0,337 - (-0,763) = +1,100 \text{ V Eq (12.0)}$$

Observe que na reação entre cobre e zinco o valor máximo de potencial que pode ser alcançado é de 1,100 V, com a seguinte célula: (Zn | Zn²⁺ (X mol L⁻¹) || Cu²⁺ (Y mol L⁻¹) | Cu). Uma das principais aplicações práticas da medida de potencial por eletrodos e a medida de pH, assim como análises químicas eletroanalíticas como a voltametria ou potenciômetro.

Para saber mais a respeito de medidas de potencial elétrico em medidas práticas, sugere-se a seguinte leitura: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3106225/mod_resource/content/3/apostila-eletoqu%C3%ADmica-neiva-2017-sem_os_anexos-v2.pdf Página 46.

6 | A EQUAÇÃO DE NERNST

Mas quanto tempo o funcionamento de uma pilha dura? Para medirmos a voltagem de uma pilha utilizamos a equação de Nernst. Esta equação relaciona a concentração dos eletrólitos ao potencial da célula. Considere uma reação reversível:



Onde as letras maiúsculas são as espécies participantes e as letras minúsculas estão relacionadas à estequiometria de cada espécie. A equação de Nernst é:

$$E = E^0 - \frac{RT}{nF} \ln \frac{(C)^c \cdot (D)^d}{(A)^a \cdot (B)^b} \quad \text{Eq (14.0)}$$

Onde:

E⁰ – o potencial padrão do eletrodo, o qual é característico de cada semirreação;

R – a constante ideal dos gases (8,314 J K⁻¹ mol⁻¹);

T – a temperatura em K;

n – o número de elétrons que aparecem na semirreação balanceada para o processo;

F – o Faraday;

ln – logaritmo natural = 2,303 log.

Na equação de Faraday os reagentes vão no divisor e os produtos no dividendo.

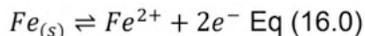
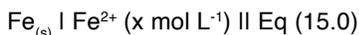
Se o valor de R for substituído na equação, e o ln for substituído por log, em temperatura fixa de 25 °C, temos:

$$E = E^0 - \frac{0,0592}{n} \log \frac{(C)^c \cdot (D)^d}{(A)^a \cdot (B)^b} \text{ Eq (15.0)}$$

Considerando três situações distintas para a equação de Nernst, temos o seguinte:

A. Célula com eletrodo de um metal envolvido na reação.

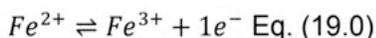
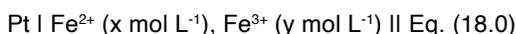
Exemplo: Eletrodo feito de ferro (Fe) em solução de Fe^{2+} e com a equação de Nernst como mostrado abaixo:



$$E = E^0 - \frac{0,0592}{n} \log \frac{[Fe^{2+}]}{1} \text{ Eq (17.0)}$$

Ao reagente de ferro sólido é dado o valor 1 (concentração constante igual a 1).

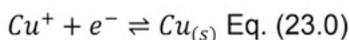
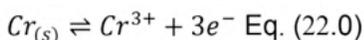
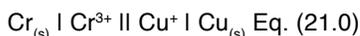
B. Eletrodo feito de um metal inerte e a semi-reação ocorre no eletrólito. Exemplo: metal inerte (platina) e eletrólito de ferro e equação de Nernst como descrita abaixo:



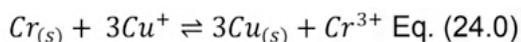
$$E = E^0 - \frac{0,0592}{n} \log \frac{[Fe^{3+}]}{[Fe^{2+}]} \text{ Eq. (20.0)}$$

Note que a concentração de Fe^{2+} é utilizada como reagente, pois o eletrodo de platina não participa da reação.

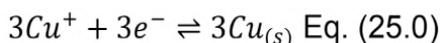
C. Célula que envolve a transferência de mais de 1 elétron, com as seguintes semirreações:



Equação balanceada:



Assim a semirreação do cobre (Cu) fica:



Note que o potencial de uma semicélula é sempre o mesmo, independentemente do número de mols utilizado. Veja:

$$E = E^0 - \frac{0,0592}{3} \log \frac{[Cu_{(s)}]^3}{[Cu^+]^3}$$

$$E = E^0 - \frac{0,0592}{3} \log \left(\frac{[Cu_{(s)}]}{[Cu^+]} \right)^3 \text{ Eq. (26.0)}$$

Então, aplica-se o logaritmo:

$$E = E^0 - \frac{0,0592}{3} 3 \log \frac{[Cu_{(s)}]}{[Cu^+]} \text{ Eq. (27.0)}$$

E simplifica-se a equação:

$$E = E^0 - \frac{0,0592}{1} \log \frac{[Cu_{(s)}]}{[Cu^+]} \text{ Eq. (28.0)}$$

Assim, é possível concluir que o cobre será consumido 3 vezes mais rapidamente e a célula terá um tempo de duração maior. A única diferença é que, nessa situação, o cobre (Cu) será consumido 3 vezes mais rapidamente e a célula terá um tempo de utilização menor.

Como exemplo vamos calcular o potencial gerado pela seguinte pilha:

Pt | Sn²⁺ (0,23 mol L⁻¹), Sn⁴⁺ (0,02 mol L⁻¹) || Co²⁺ (0,41 mol L⁻¹), Co³⁺ (0,05 mol L⁻¹) | Pt Eq. (29.0)

A definição de potencial da pilha nos dá:

$$E_{célula} = E_{Co} - E_{Sn} \text{ Eq. (30.0)}$$

Utilizando a equação de Nernst e o potencial padrão de eletrodo (E⁰) temos para cada semirreação o potencial padrão da semicélula.

Calculando para o estanho (Sn):

$$\begin{aligned} E_{Sn} &= E_{Sn}^0 - \frac{0,0592}{1} \log \frac{0,02}{0,23} \\ E_{Sn} &= -0,13 - \left(\frac{0,0592}{1} x - 1,06 \right) \text{ Eq. (31.0)} \\ E_{Sn} &= -0,13 + 0,06 \\ E_{Sn} &= -0,07 V \end{aligned}$$

Calculando para o cobalto:

$$\begin{aligned} E_{Co} &= E_{Co}^0 - \frac{0,0592}{1} \log \frac{0,41}{0,05} \\ E_{Co} &= 1,82 - \left(\frac{0,0592}{1} x 0,914 \right) \text{ Eq. (32.0)} \\ E_{Co} &= 1,82 - 0,05 \\ E_{Co} &= 1,77 V \end{aligned}$$

Calculando o potencial máximo da célula:

$$E_{célula} = 1,77 V - (-0,07 V) = 1,84 V \text{ Eq. 30}$$

Assim, podemos definir o potencial padrão de um eletrodo (E⁰). O potencial é definido assim quando o quociente das concentrações é igual à unidade. Os valores de potencial padrão para as reações é dado para cada semirreação. Na tabela 1 é apresentada a tabela com potenciais padrão de redução:

Meia-reação	E ⁰ /V
Li ⁺ (aq) + e ⁻ → Li (s)	-3,05
K ⁺ (aq) + e ⁻ → K (s)	-2,93
Ba ²⁺ (aq) + 2e ⁻ → Ba (s)	-2,90
Sr ²⁺ (aq) + 2e ⁻ → Sr (s)	-2,89
Ca ²⁺ (aq) + 2e ⁻ → Ca (s)	-2,87
Na ⁺ (aq) + e ⁻ → Na (s)	-2,71
Mg ²⁺ (aq) + 2e ⁻ → Mg (s)	-2,37
Be ²⁺ (aq) + 2e ⁻ → Be (s)	-1,85
Al ³⁺ (aq) + 3e ⁻ → Al (s)	-1,66
Mn ²⁺ (aq) + 2e ⁻ → Mn (s)	-1,18
2H ₂ O + 2e ⁻ → H ₂ (g) + 2OH ⁻ (aq)	-0,83
Zn ²⁺ (aq) + 2e ⁻ → Zn (s)	-0,76
Cr ³⁺ (aq) + 3e ⁻ → Cr (s)	-0,74
Fe ²⁺ (aq) + 2e ⁻ → Fe (s)	-0,44
Cd ²⁺ (aq) + 2e ⁻ → Cd (s)	-0,40
PbSO ₄ (s) + 2e ⁻ → Pb (s) + SO ₄ ²⁻ (aq)	-0,31
Co ²⁺ (aq) + 2e ⁻ → Co (s)	-0,28
Ni ²⁺ (aq) + 2e ⁻ → Ni (s)	-0,25
Sn ²⁺ (aq) + 2e ⁻ → Sn (s)	-0,14
Pb ²⁺ (aq) + 2e ⁻ → Pb (s)	-0,13
2H⁺ (aq) + 2e⁻ → H₂ (g)	0,00
Sn ⁴⁺ (aq) + 2e ⁻ → Sn ²⁺ (aq)	+0,13
Cu ²⁺ (aq) + e ⁻ → Cu ⁺ (aq)	+0,15
SO ₄ ²⁻ (aq) + 4H ⁺ (aq) + 2e ⁻ → SO ₂ (g) + 2H ₂ O	+0,20
AgCl (s) + e ⁻ → Ag (s) + Cl ⁻ (aq)	+0,22
Cu ²⁺ (aq) + 2e ⁻ → Cu (s)	+0,34
O ₂ (g) + 2H ₂ O + 4e ⁻ → 4OH ⁻ (aq)	+0,40
I ₂ (s) + 2e ⁻ → 2I ⁻ (aq)	+0,53
MnO ₄ ⁻ (aq) + 2H ₂ O + 3e ⁻ → MnO ₂ (s) + 4OH ⁻ (aq)	+0,59
O ₂ (g) + 2H ⁺ (aq) + 2e ⁻ → H ₂ O ₂ (aq)	+0,68
Fe ³⁺ (aq) + e ⁻ → Fe ²⁺ (aq)	+0,77
Ag ⁺ (aq) + e ⁻ → Ag (s)	+0,80
Hg ₂ ²⁺ (aq) + 2e ⁻ → 2Hg (l)	+0,85
2Hg ²⁺ (aq) + 2e ⁻ → Hg ₂ ²⁺ (aq)	+0,92
NO ₃ ⁻ (aq) + 4H ⁺ (aq) + 3e ⁻ → NO (g) + 2H ₂ O	+0,96
Br ₂ (l) + 2e ⁻ → 2Br ⁻ (aq)	+1,07
O ₂ (g) + 4H ⁺ (aq) + 4e ⁻ → 2H ₂ O	+1,23
MnO ₂ (s) + 4H ⁺ (aq) + 2e ⁻ → Mn ²⁺ (aq) + 2H ₂ O	+1,23
Cr ₂ O ₇ ²⁻ (aq) + 14H ⁺ (aq) + 6e ⁻ → Cr ³⁺ (aq) + 7H ₂ O	+1,33
Cl ₂ (g) + 2e ⁻ → 2Cl ⁻ (aq)	+1,36
Au ³⁺ (aq) + 3e ⁻ → Au (s)	+1,50
MnO ₄ ⁻ (aq) + 8H ⁺ (aq) + 5e ⁻ → Mn ²⁺ (aq) + H ₂ O	+1,51
Ce ⁴⁺ (aq) + e ⁻ → Ce ³⁺ (aq)	+1,61
H ₂ O ₂ (aq) + 2H ⁺ (aq) + 2e ⁻ → 2H ₂ O	+1,77
Co ³⁺ (aq) + e ⁻ → Co ²⁺ (aq)	+1,82
O ₃ (g) + 2H ⁺ (aq) + 2e ⁻ → O ₂ (g) + H ₂ O	+2,07
F ₂ (g) + 2e ⁻ → 2F ⁻ (aq)	+2,87

Tabela 1. Tabela de potenciais de redução padrão.

Fonte: TABELA de potencial padrão de redução. Universidade Federal do Rio de Janeiro. <http://www.dqi.iq.ufrj.br/tabela_de_potenciais.pdf>.

7 | APLICAÇÕES DA ELETROQUÍMICA

Uma das principais aplicações de células galvânicas são nas pilhas e baterias, visto que são ligadas em série nestes dispositivos. Nas pilhas as células primárias são utilizadas, sendo que uma célula primária é formada por um sistema selado que não pode ser recarregado. Um exemplo de célula primária foi a pilha de Leclanché, que é uma pilha cilíndrica (seca) utilizadas no nosso dia a dia. O invólucro da pilha é de zinco (ânodo) com cobertura de papel (barreira porosa). O cátodo fica no centro da pilha e é formado um cilindro de carbono. O eletrólito é uma pasta úmida de cloreto de amônio, óxido de manganês (IV), grânulos de carbono e uma carga inerte (amido).

Processos espontâneos de eletroquímica também são amplamente encontrados na natureza. Como por exemplo, quando o Ferro é oxidado pela presença de água e de oxigênio. O Fe (II) é oxidado a Fe (III), criando o que conhecemos como ferrugem. Assim, a ferrugem é o óxido de ferro hidratado ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$). O processo de ferrugem é um processo espontâneo e muitas vezes danifica as superfícies metálicas.

As células galvânicas também são amplamente utilizadas para o recobrimento de superfícies, como em camadas de sacrifício. Um destes processos é chamado de galvanização e é utilizado evitar que a superfície de um metal oxide. O processo de galvanização consiste em depositar zinco sobre uma estrutura de outro metal, conservando assim a superfície do metal recoberto.

8 | CONCLUSÕES

Este capítulo apresentou uma breve revisão a respeito dos conceitos básicos de eletroquímica, como células galvânicas e células eletrolíticas, cálculos de potencial e equações essenciais como a equação Nernst. Por fim, exemplos de aplicações tecnológicas foram mostrados além da indicação de bibliografias confiáveis para um aprofundamento no tema.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Universidade Estadual do Centro-Oeste e a Universidade Estadual de Maringá.

REFERÊNCIAS

ATKINS, P. **Princípios de química**: questionando a vida moderna e o meio ambiente. 3. ed. Porto Alegre: Bookman 2006.

BOCCHI, N.; FERRACIN, L. C.; BIAGGIO, S. R. **Pilhas e Baterias: Funcionamento e Impacto Ambiental**. Química Nova Na Escola N° 11, maio 2000.

BROWN, T. L.; LEMAY, H. E. JR.; BURSTEN, B. E.; Murphy, C. J.; WOODWARD, P. M.; STOLTZFUS, M. W. **Química: A ciência Central** / Tradução Eloiza Lopes, Tiago Jonas, Sonia Midori Yamamoto 13 ed- São Paulo: Person Education do Brasil, 2016.

FELTRE, R. **Química**. 4a ed. São Paulo: Editora Moderna, 1996. v. 2, p. 329-338.

HARRIS, Daniel C., **Análise química quantitativa**. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

HIOKA, N.; MAIONCHI, F.; RUBIO, D.A.R.; GOTO, P.A. e FERREIRA, O.P. Pilhas modificadas empregadas no acendimento de lâmpadas. **Química Nova na Escola**, n. 8, p. 35, 1998.

HIOKA, N.; SANTIN, O. F.; MENEZES, A. J. de; YONEHARA, F. S.; BERGAMASKI, K.; PEREIRA, R. V. **Pilhas de Cu/MG – Construídas com materiais de fácil obtenção**. Experimentação no Ensino de Química. *Química Nova Na Escola* N° 11, maio 2000.

KEMPLER, P. A.; BOETTCHER S.W.; ARDO S. **Reinvigorating electrochemistry**. *Education Science* 24, 102481, May 21, 2021.

MHAN, B. e MYERS, R.J. **Química: um curso universitário**. 4a ed. São Paulo 1993. RUSSEL, J. B. **Química geral**. 2. ed. São Paulo: Makron Books, 2008. v. 1.

SKOOG, D. A; WEST, D. M; HOLLER, F. J.; STANLEY, R. C. **Fundamentos da química analítica**. São Paulo: Thomson, 2008.

TABELA de potencial padrão de redução. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.dqi.iq.ufrj.br/tabela_de_potenciais.pdf> Acesso em: 11 de abril de 2022.

<https://portalseer.ufba.br/index.php/anaiseneq2012/article/download/7710/5650> Acesso em: 17 abril 2022.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA DOS ALCALOIDES DO GÊNERO *OCOTEA* E SUAS ATIVIDADES BIOLÓGICAS PUBLICADOS NO PERÍODO DE 2007-2021

Data de aceite: 01/06/2022

Data de submissão: 24/03/2022

Joana Darc Rodrigues Moura

Universidade Federal do Piauí – UFPI
Teresina – Piauí
<http://lattes.cnpq.br/7592657384498470>

Márcia Denise Alves Veras

Universidade Federal do Piauí – UFPI
Teresina – Piauí
<http://lattes.cnpq.br/4015119626954069>

Rodrigo Ferreira Santiago

Universidade Federal do Piauí – UFPI
Teresina – Piauí
<http://lattes.cnpq.br/9217526625989472>

Gerardo Magela Vieira Júnior

Universidade Federal do Piauí – UFPI
Teresina – Piauí
<http://lattes.cnpq.br/8484684765493808>

Mariana Helena Chaves

Universidade Federal do Piauí – UFPI
Teresina – Piauí
<http://lattes.cnpq.br/9975336655023605>

RESUMO: O gênero *Ocotea* é o maior da família Lauraceae, é constituído por cerca de 350 espécies, sendo a maioria encontrada nas Américas tropicais e subtropicais. Esta revisão teve como objetivo atualizar e ampliar o período pesquisado em outras revisões sobre a ocorrência dos alcaloides e suas propriedades biológicas relatados em espécies do gênero. Verificando-

se a ocorrência de 58 destes metabólitos, sendo 49 aporfínicos, 7 benzilisoquinólicos, um proaporfínico e um morfinânico. Dentre esses alcaloides 34 são biologicamente ativos.

PALAVRAS-CHAVE: Lauraceae, *Ocotea*, Alcaloides.

BIBLIOGRAPHIC REVIEW OF ALKALOIDS OF THE GENUS *OCOTEA* AND THEIR BIOLOGICAL ACTIVITIES PUBLISHED IN THE PERIOD 2007-2021

ABSTRACT: The genus *Ocotea* is the largest of the Lauraceae family, it consists of about 350 species, most of which are found in tropical and subtropical Americas. This review aimed to update and extend the period researched in other reviews on the occurrence of alkaloids and their biological properties reported in species of the genus. The occurrence of 58 of these metabolites was verified, being 49 aporphine, 7 benzyloquinoline, one proaporphine and one morphin. Among these alkaloids, 34 are biologically active.

KEYWORDS: Lauraceae, *Ocotea*, Alkaloids.

1 | INTRODUÇÃO

As plantas medicinais são utilizadas pelo homem muito antes do surgimento da escrita (BARATA, 2005). Mesmo a medicina moderna estando bem desenvolvida em boa parte do mundo, a OMS reconhece que a maior parte da população dos países em desenvolvimento depende da medicina tradicional, onde 80% desta população usam práticas tradicionais para

cuidados básicos de saúde e 85% utilizam plantas ou preparações a partir delas (BRASIL, 2006).

Entre os metabólitos secundários presentes em diversas plantas medicinais, existem compostos pertencentes as classes dos alcaloides, flavonoides, terpenoides, entre outros, que apresentam efeitos biológicos benéficos para o tratamento de uma infinidade de doenças. Algumas propriedades como antioxidantes, anti-inflamatória, antimicrobiana, anticâncer, entre outras têm sido relatadas para estes metabólitos e presume-se que a maioria das plantas no Brasil, possuem potencial biológico para a prevenção e o tratamento de doenças (LORENZI; MATOS, 2002).

A família Lauraceae, possui aproximadamente 3000 espécies e 52 gêneros, apresenta distribuição pantropical, sendo encontrada nos continentes africano, asiático, americano e na Austrália (VAN DER WERFF; RICHTER, 1996). Esta família destaca-se por sua importância nas indústrias farmacêutica, alimentícia e madeireira (JUDD et al., 1999). No Brasil ocorrem 23 gêneros e 434 espécies, dos quais 18 gêneros e 125 espécies foram relatados na região Nordeste (QUINET et al., 2012). As espécies desta família são predominantemente árvores ou arbustos, geralmente aromáticas (SOUZA; LORENZI, 2008).

O gênero *Ocotea* é constituído por cerca de 350 espécies sendo a maioria encontrada na América tropical e subtropical. Na medicina popular algumas espécies deste gênero são utilizadas no tratamento de infecções, úlceras, dor de cabeça, febre, tosse e cólicas menstruais (TELES, 2012).

Estudos sobre o gênero *Ocotea* revelaram seu potencial químico e biológico, incluindo atividades antioxidante (BRUNI et al., 2004), anti-inflamatória (ZSCHOCKE et al., 2000), antibacteriana, antifúngica (SOUZA et al., 2004) e antimalárica. Vários constituintes químicos têm sido relatados em espécies deste gênero como alcalóides, flavonóides, lignanas e terpenoides (LIU et al., 2015), como também, óleos essenciais, constituídos de monoterpenos, sesquiterpenos e fenilpropanóides.

Estudos realizados com o óleo essencial extraído dos frutos de *O. quixos* mostraram a ocorrência de cerca de 40 compostos, sendo o principal, o *trans*-cinamaldeído, que demonstrou atividade antioxidante, ação antibacteriana contra *Enterococcus faecalis* e *Staphylococcus aureus*, entre outras. Muitos alcalóides aporfínicos encontrados no gênero *Ocotea* apresentam bioatividade, como a nantenina que é um bloqueador de contração muscular, liberando Ca^{2+} ; dicentrina é inibidora da topoisomerase II e coclaurina que tem ação anti-HIV (ZANIN; LORDELLO, 2007).

Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo realizar uma revisão bibliográfica para verificar a ocorrência de alcalóides no gênero *Ocotea* publicados no período de 2007 a 2021, como também, as atividades farmacológicas desses alcalóides.



Figura 1: Fotos da espécie *Ocotea brachybotrya*.

Fonte: Ruth Raquel Soares de Farias.

2 | METODOLOGIA

A revisão bibliográfica dos alcaloides do gênero *Ocotea* e suas atividades biológicas publicados no período de 2007 a 2021 foi realizada a partir da análise de periódicos pesquisados nas plataformas, Web of Science, Google Acadêmico e Periódicos CAPES. Foram utilizadas na pesquisa as palavras-chave Lauraceae, *Ocotea* e “biological activity” combinado com “alkaloids” ou *Ocotea*, como também, atividade biológica combinado com alcaloide ou *Ocotea*.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

O gênero *Ocotea* é rico em alcaloides, compostos de caráter básico ocorrendo na maioria das vezes em plantas, porém também podem ser encontrados em animais, microrganismos, particularmente marinhos (DI STASI, 2002). Na literatura encontram-se dois artigos de revisão bibliográfica, um sobre os alcaloides aporfinoídeos do gênero *Ocotea* abrangendo o período de 1964 a 2006 (ZANIN; LORDELLO, 2007) e o outro sobre a fitoquímica e atividades biológicas deste gênero no período de 2000 a 2016 (SALLEH; AHMAD, 2017).

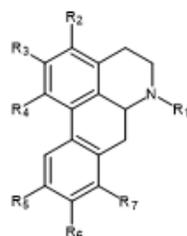
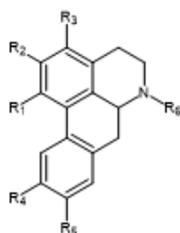
Com o intuito de atualizar e ampliar o período pesquisado sobre a ocorrência dos alcaloides do gênero *Ocotea*, foi realizada uma revisão bibliográfica dos artigos publicados no período de 2007 a 2021, verificando-se a ocorrência de 56 destes metabólitos (Tabela 1 e Figura 2), classificados nos grupos aporfínicos (1-49), benzilisoquinolínicos (50-56), proaporfínico (57) e morfínico (58) (Figura 3).

Espécie	Alcaloides	Referência
<i>O. puberula</i> <i>O. macrophylla</i> <i>O. acutifolia</i> <i>O. discolor</i>	(+)-Dicentrina (1)	MONTRUCCHIO et al., 2012 COY; CUCA; SEFKOW, 2009 GARCEZ et al., 2011; GUTERRES et al., 2013; ALBARRACÍN et al., 2017
<i>O. acutifolia</i> <i>O. discolor</i>	(+)-Ocoteína (33)	GARCEZ et al., 2011; GUTERRES et al., 2013; ALBARRACÍN et al., 2017
<i>O. acutifolia</i>	(+)-6S-Ocoteína N-óxido (36)	GARCEZ et al., 2011; GUTERRES et al., 2013
<i>O. acutifolia</i>	(+)-Leucoxina (34)	GARCEZ et al., 2011; GUTERRES et al., 2013
<i>O. acutifolia</i>	(+)-Norocoxilonina (35)	GARCEZ et al., 2011
<i>O. acutifolia</i>	(+)-Talicminina (38)	GARCEZ et al., 2011; GUTERRES et al., 2013
<i>O. acutifolia</i> <i>O. macrophylla</i>	(+)-Neolitsina (2)	GARCEZ et al., 2011; GUTERRES et al., 2013 COY; CUCA; SEFKOW, 2009
<i>O. macrophylla</i>	S-3-metoxi-nordomesticina (39)	PABON; CUCA, 2010
<i>O. macrophylla</i>	S-N-etoxicarbonil-3-metoxi-nordomesticina (40)	PABON; CUCA, 2010
<i>O. macrophylla</i>	S-N-formil-3-metoxi-nordomesticina (41)	PABON; CUCA, 2010
<i>O. macrophylla</i>	S-N-metoxicarbonil-3-metoxi-nordomesticina (42)	PABON; CUCA, 2010
<i>O. macrophylla</i>	Desidronantenina (3)	COY; CUCA; SEFKOW, 2009
<i>O. macrophylla</i> <i>O. Spixiana</i>	(+)-Nantenina (4)	COY; CUCA; SEFKOW, 2009 CONCEIÇÃO et al., 2020
<i>O. macrophylla</i>	(+)-N-acetil-nornantenina (5)	COY; CUCA; SEFKOW, 2009
<i>O. macrophylla</i>	(+)-Cassidina (6)	COY; CUCA; SEFKOW, 2009
<i>O. macrophylla</i>	Didehidrocoteína (7)	COY; CUCA; SEFKOW, 2009
<i>O. acutifolia</i>	(+)-6S-Dicentrina N-óxido (37)	GARCEZ et al., 2011
<i>O. acutifolia</i>	(+)-Oxocilonina (8)	GARCEZ et al., 2011
<i>O. acutifolia</i>	(+)-O-Metilcassifilina (9)	GARCEZ et al., 2011
<i>O. acutifolia</i>	(+)-Nordicentrina (10)	GARCEZ et al., 2011

<i>O. acutifolia</i>	(+)-Thalicsimidina (11)	GARCEZ et al., 2011
<i>O. acutifolia</i>	(+)-Isodomeesticina (12)	GARCEZ et al., 2011
<i>O. acutifolia</i>	(+)-Predicentrina (13)	GARCEZ et al., 2011
<i>O. acutifolia</i>	(+)- <i>N</i> -Metilaurotetanina (14)	GARCEZ et al., 2011
<i>O. Spixiana</i> <i>O. lancifolia</i>	Reticulina (50)	FOURNET et al., 2007 CONCEIÇÃO et al., 2020
<i>O. Spixiana</i>	Magnocurarina (51)	CONCEIÇÃO et al., 2020
<i>O. Spixiana</i>	Arnepavina (52)	CONCEIÇÃO et al., 2020
<i>O. Spixiana</i> <i>O. lancifolia</i>	Cocclaurina (53)	CONCEIÇÃO et al., 2020 FOURNET et al., 2007
<i>O. Spixiana</i>	Boldina (15)	CONCEIÇÃO et al., 2020
<i>O. Spixiana</i>	Corytuberina (16)	CONCEIÇÃO et al., 2020
<i>O. Spixiana</i>	<i>N</i> -metil predicentrina (17)	CONCEIÇÃO et al., 2020
<i>O. Spixiana</i>	Xantoplanina (18)	CONCEIÇÃO et al., 2020
<i>O. Spixiana</i>	Glaucina (19)	CONCEIÇÃO et al., 2020
<i>O. Spixiana</i>	<i>N</i> -Metil boldina (20)	CONCEIÇÃO et al., 2020
<i>O. Spixiana</i>	Predicentrina (21)	CONCEIÇÃO et al., 2020
<i>O. Spixiana</i>	Isocoridina (22)	CONCEIÇÃO et al., 2020
<i>O. Spixiana</i>	<i>N</i> -Metil glaucina (23)	CONCEIÇÃO et al., 2020
<i>O. Spixiana</i>	<i>N</i> -Metil isodomeesticina (24)	CONCEIÇÃO et al., 2020
<i>O. Spixiana</i>	Isodomeesticina (25)	CONCEIÇÃO et al., 2020
<i>O. Spixiana</i>	<i>N</i> -Metil Nantenina (26)	CONCEIÇÃO et al., 2020
<i>O. discolor</i>	Ocoxilonina (43)	ALBARRACÍN et al., 2017
<i>O. discolor</i>	1,2-metilendioxi-3,10,11-trimetoxiaporfina (44)	ALBARRACÍN et al., 2017

<i>O. puberula</i>	Dicentrinona (45)	BARBOSA et al., 2020
<i>O. caudata</i>	S-(+)-9-O-desmetilnorpreocoteína (27)	ARCHILA; SUAREZ, 2018
<i>O. paranapiacabensis</i>	6,7-Dihidroxi-1-(4'-hidroxibenzil)-2,2- <i>N,N</i> -dimetil-1,2,3,4-tetrahidroisoquinolina (54)	FREITAS et al., 2020
<i>O. paranapiacabensis</i>	7-hidroxi-1-(4'-hidroxibenzil)-6-metoxi-2,2- <i>N,N</i> -dimetil-1,2,3,4-tetra-hidroisoquinolina (55)	FREITAS et al., 2020
<i>O. lancifolia</i>	(-)- <i>N</i> -Meticloclaurina (56)	FOURNET et al., 2007
<i>O. lancifolia</i>	Glaziovina (57)	FOURNET et al., 2007
<i>O. lancifolia</i>	(-)-Caaverina (32)	FOURNET et al., 2007
<i>O. lancifolia</i>	(+)-Laurotetanina (28)	FOURNET et al., 2007
<i>O. lancifolia</i>	(+)-Nordomesticina (46)	FOURNET et al., 2007
<i>O. lancifolia</i>	(+)-Norisoboldina (29)	FOURNET et al., 2007
<i>O. lancifolia</i>	(+)-Corituberina (30)	FOURNET et al., 2007
<i>O. lancifolia</i>	(+)-Domesticina (47)	FOURNET et al., 2007
<i>O. lancifolia</i>	(+)-Isoboldina (31)	FOURNET et al., 2007
<i>O. lancifolia</i>	(S)-Pallidina (58)	FOURNET et al., 2007
<i>Ocotea puberula</i>	Dicentrina- β - <i>N</i> -óxido (48)	BARBOSA et al., 2021
<i>Ocotea diospyrifolia</i>	Diopirifolina (49)	SILVA et al., 2021

Tabela 1: Alcaloides isolados em espécies do gênero *Ocotea* entre os anos 2007 a 2021.



1 $R_1 = R_2 = \text{OCH}_2\text{O}$; $R_3 = \text{H}$; $R_4 = R_5 = \text{OCH}_3$; $R_6 = \text{CH}_3$

8 $R_1 = \text{CH}_3$; $R_2 = R_5 = R_6 = \text{OCH}_3$; $R_3 = R_4 = \text{OCH}_2\text{O}$; $R_7 = \text{OH}$

2 $R_1 = R_2 = \text{OCH}_2\text{O}$; $R_3 = \text{H}$; $R_4 = R_5 = \text{OCH}_2\text{O}$; $R_6 = \text{CH}_3$

9 $R_1 = R_7 = \text{H}$; $R_2 = R_5 = R_6 = \text{OCH}_3$; $R_3 = R_4 = \text{OCH}_2$

3 $R_1 = R_2 = \text{OCH}_3$; $R_3 = \text{H}$; $R_4 = R_5 = \text{OCH}_2\text{O}$; $R_6 = \text{CH}_3$

10 $R_1 = R_2 = R_7 = \text{H}$; $R_3 = R_4 = \text{OCH}_2\text{O}$; $R_5 = R_6 = \text{OCH}_3$

4 $R_1 = R_2 = \text{OCH}_3$; $R_3 = \text{H}$; $R_4 = R_5 = \text{OCH}_2\text{O}$; $R_6 = \text{CH}_3$

11 $R_1 = \text{CH}_3$; $R_2 = R_3 = R_4 = R_5 = R_6 = \text{OCH}_3$; $R_7 = \text{H}$

5 $R_1 = R_2 = \text{OCH}_3$; $R_3 = \text{H}$; $R_4 = R_5 = \text{OCH}_2\text{O}$; $R_6 = \text{COCH}_3$

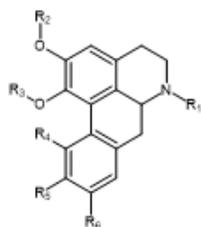
12 $R_1 = R_2 = R_7 = \text{H}$; $R_3 = \text{OH}$; $R_4 = \text{OCH}_3$; $R_5 = R_6 = \text{OCH}_2\text{O}$

6 $R_1 = R_2 = \text{OCH}_2\text{O}$; $R_3 = \text{OCH}_3$; $R_4 = R_5 = \text{OCH}_3$; $R_6 = \text{H}$

13 $R_1 = \text{CH}_3$; $R_2 = R_7 = \text{H}$; $R_3 = \text{OH}$; $R_4 = R_5 = R_6 = \text{OCH}_3$

7 $R_1 = R_2 = \text{OCH}_2\text{O}$; $R_3 = \text{OCH}_3$; $R_4 = R_5 = \text{OCH}_3$; $R_6 = \text{CH}_3$

14 $R_1 = \text{CH}_3$; $R_2 = R_7 = \text{H}$; $R_3 = R_4 = R_5 = \text{OCH}_3$; $R_6 = \text{OH}$



15 $R_1 = \text{CH}_3$; $R_2 = \text{H}$; $R_3 = \text{CH}_3$; $R_4 = \text{H}$; $R_5 = \text{OCH}_3$; $R_6 = \text{OH}$

16 $R_1 = \text{CH}_3$; $R_2 = \text{CH}_3$; $R_3 = \text{H}$; $R_4 = \text{OH}$; $R_5 = \text{OCH}_3$; $R_6 = \text{H}$

17 $R_1 = (\text{CH}_3)_2$; $R_2 = \text{H}$; $R_3 = \text{CH}_3$; $R_4 = \text{H}$; $R_5 = \text{OCH}_3$; $R_6 = \text{OCH}_3$

18 $R_1 = (\text{CH}_3)_2$; $R_2 = \text{CH}_3$; $R_3 = \text{CH}_3$; $R_4 = \text{H}$; $R_5 = \text{OCH}_3$; $R_6 = \text{OH}$

19 $R_1 = \text{CH}_3$; $R_2 = \text{CH}_3$; $R_3 = \text{CH}_3$; $R_4 = \text{H}$; $R_5 = \text{OCH}_3$; $R_6 = \text{OCH}_3$

20 $R_1 = (\text{CH}_3)_2$; $R_2 = \text{H}$; $R_3 = \text{CH}_3$; $R_4 = \text{H}$; $R_5 = \text{OCH}_3$; $R_6 = \text{OH}$

21 $R_1 = \text{CH}_3$; $R_2 = \text{H}$; $R_3 = \text{CH}_3$; $R_4 = \text{H}$; $R_5 = \text{OCH}_3$; $R_6 = \text{OCH}_3$

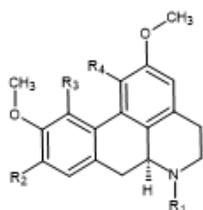
22 $R_1 = \text{CH}_3$; $R_2 = \text{CH}_3$; $R_3 = \text{CH}_3$; $R_4 = \text{OH}$; $R_5 = \text{OCH}_3$; $R_6 = \text{H}$

23 $R_1 = (\text{CH}_3)_2$; $R_2 = \text{CH}_3$; $R_3 = \text{CH}_3$; $R_4 = \text{H}$; $R_5 = \text{OCH}_3$; $R_6 = \text{OCH}_3$

24 $R_1 = (\text{CH}_3)_2$; $R_2 = \text{H}$; $R_3 = \text{CH}_3$; $R_4 = \text{H}$; $R_5 = R_6 = -\text{OCH}_2\text{O}-$

25 $R_1 = \text{CH}_3$; $R_2 = \text{H}$; $R_3 = \text{CH}_3$; $R_4 = \text{H}$; $R_5 = R_6 = -\text{OCH}_2\text{O}-$

26 $R_1 = (\text{CH}_3)_2$; $R_2 = \text{CH}_3$; $R_3 = \text{CH}_3$; $R_4 = \text{H}$; $R_5 = R_6 = -\text{OCH}_2\text{O}-$

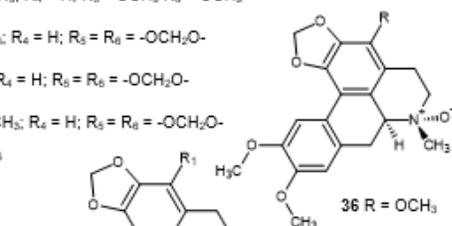
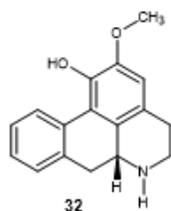
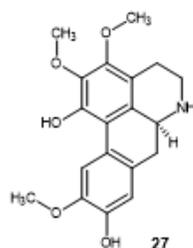


28 $R_1 = R_3 = \text{H}$; $R_2 = \text{OH}$; $R_4 = \text{OCH}_3$

29 $R_1 = R_3 = \text{H}$; $R_2 = R_4 = \text{OH}$

30 $R_1 = \text{CH}_3$; $R_2 = \text{H}$; $R_3 = R_4 = \text{OH}$

31 $R_1 = \text{CH}_3$; $R_2 = R_4 = \text{OH}$; $R_3 = \text{H}$



33 $R_1 = \text{OCH}_3$; $R_2 = \text{H}$; $R_3 = \text{CH}_3$

34 $R_1 = \text{H}$; $R_2 = \text{OH}$; $R_3 = \text{CH}_3$

35 $R_1 = \text{OCH}_3$; $R_2 = \text{OH}$; $R_3 = \text{H}$

Figura 2: Fórmulas estruturais dos alcaloides isolados em espécies do gênero *Ocotea* publicados no período de 2007 a 2021.

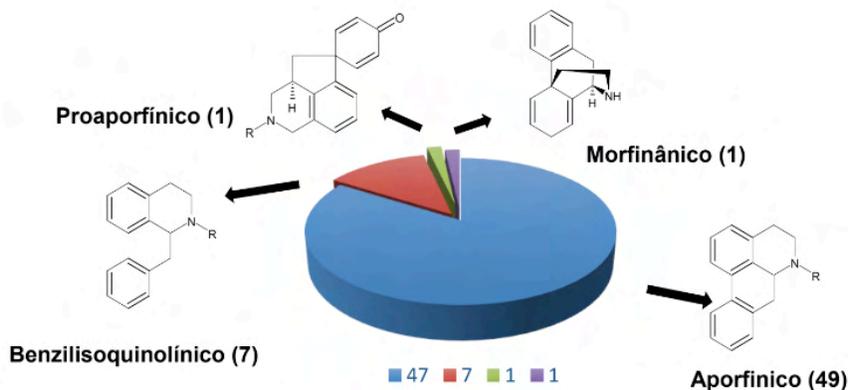


Figura 3: Número e classes de alcaloides do gênero *Ocotea* publicados nos anos de 2007 a 2021.

Um total de 34 alcaloides do gênero *Ocotea* publicados no período de 2007 a 2021, são biologicamente ativos.

A atividade antifúngica foi a mais frequente sendo relatada para 8 alcaloides (**1**, **10**, **32**, **34**, **35**, **36**, **38** e **58**) e a ocorrência destes metabolitos foi relatada em cinco espécies (*O. puberula*, *O. macrophylla*, *O. acutifolia*, *O. discolor*, *O. lancifolia*) (MORTEZA-SEMNANI et al., 2003; SILVA, 2010; PUVANENDRAN et al., 2008). Os alcaloides (+)-dicentrina (**1**), (+)-ocoteína (**33**) e (+)-tallicminina (**38**) apresentam atividades citotóxica e genotóxica em células somáticas de asas de *Drosophila melanogaster*. Os compostos **1**, **33** e **38**, obtidos de *O. acutifolia*, apresentam atividade citotóxica frente a células B16-F10, Hep-2 e 786-0, respectivamente (WRIGHT et al., 2000; SILVA, 2010). *S-N*-etoxicarbonil-3-metoxi-nor (**40**), *S-N*-formil-3-metoxi-nordomesticina (**41**), *S-N*-metoxicarbonil-3-metoxi-nordomesticina (**42**) e desidronantenina (**3**), isolados de *O. macrophylla*, apresentam atividade anti-inflamatória inibidora de COX2 e COX1 *in vitro*, como também inibem a agregação de plaquetas (BARRERA; SUÁREZ, 2009; PABON; CUCA, 2010).

Reticulina (**50**), coclaurina (**53**) e diopirifolina (**49**) isoladas em *O. diospyrifolia*, *O. odorífera* e *O. diospyrifolia*, respectivamente, também apresentam atividade anti-inflamatória inibindo as vias da COX e LOX, em ensaios *in vivo* (SILVA et al., 2021; SILVA, 2019; ALCÂNTARA, 2018).

Os alcaloides (-)-caaverina (**32**), (+)-domesticina (**47**) e (+)-nordomesticina (**46**) isolados em *O. lancifolia* apresentam atividade antitumoral frente a linhagem celular HepG2 e atividade antileishmania frente aos parasitas *Leishmania brasiliensis*, *L. amazonenses* e *L. donavani* (FOURNET et al., 2007). (+)-*N*-Metilaurótetana (**14**), (+)-isodomesticina (**12**) e (+)-nantenina (**4**) também apresentam atividade antileishmania, inibindo o crescimento do parasita *Leishmania mexicana* (CORREA et al., 2006). Enquanto dicentrina- β -*N*-óxido (**48**) isolado em *O. puberula* apresenta atividade antiprotozoária (BARBOSA et al., 2021).

Três alcaloides possuem atividade antipoliiovirus, a glaucina (**19**), (+)-isoboldina (**31**) e (+)-*N*-metilaurtetanina (**14**) (STIGLIANI et al., 1998), enquanto (+)-predicentrina (**13**) apresenta atividade antiagregante plaquetária e atividade tripanocida inibindo o crescimento de *Trypanosoma cruzi* (WU et al., 1998; MORELLO et al., 1994).

O alcaloide dicentrinona (**45**) possui atividade antiparasitária contra formas tripomastigotas de *Trypanosoma cruzi* (BARBOSA et al., 2020). Boldina (**15**) apresenta atividade larvicida (CONCEIÇÃO et al., 2020). O alcaloide 6,7-dihidroxi-1-(4'-hidroxibenzil)-2,2-*N,N*-dimetil-1,2,3,4-tetrahidroisoquinolina (**54**) isolado de *O. paranapiacabensis* apresenta potencial anti-envelhecimento (FREITAS et al., 2020), já o alcaloide glaziovina (**57**) tem efeito anti-úlceras em camundongos (CHAUMONTET; CAPT; GOLD-AUBERT, 1978).

O alcaloide (+)-neolitsina (**2**) apresenta atividade citotóxica (SILVA, 2010), enquanto ocoxilonina (**43**) e 1,2-metilendioxi-3,10,11-trimetoxiaporfina (**44**), isolados de *O. discolor* possuem atividade antituberculose (ALBARRACÍN et al., 2017).

4 | CONCLUSÃO

A revisão bibliográfica mostrou a ocorrência de 58 alcaloides no gênero *Ocotea*, publicados no período de 2007 a 2021, sendo 49 aporfínicos (**1-49**), 7 benzilisoquinolínico (**50-56**), 1 proarporfínico (**57**) e 1 morfínico (**58**), destes 34 são biologicamente ativos. Este gênero é rico em metabólitos secundários, com atividades farmacológicas atribuídas aos alcaloides e lignanas, despertando o interesse pelo estudo fitoquímico de espécies ainda não estudadas. A revisão bibliográfica contribuiu para atualizar e ampliar o período pesquisado sobre a ocorrência dos alcaloides no gênero.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, INCTBioNat (406126/2018-6 e 465637/2014-0) e CAPES pelo apoio financeiro e bolsas de M. H. Chaves (CNPq: 302470/2018-2), M. D. A. Veras e J. D. R. Moura.

REFERÊNCIAS

ALBARRACÍN, L. T.; PATIÑO, O. J.; GUZMAN, J. D.; BEGUM, N.; MCHUGH, T.; CUCA, L. E.; ÁVILA, M. C. Alcaloides aporfínicos con actividad antituberculosa aislados de *Ocotea discolor* Kunth (Lauraceae). *Revista Colombiana de Química*. v. 46, n. 3, p. 22-27, 2017.

ALCÂNTARA, B. G. V. **Metabolômica e Fitoquímica de espécies Lauraceae e avaliação da inibição das principais vias inflamatórias por seus extratos e substâncias purificadas**. 2018. 72f. Dissertação (Mestrado em Química). Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, 2018.

ARCHILA, E. G.; SUÁREZ, L. E. C. Phytochemical study of leaves of *Ocotea caudata* from Colombia. **Natural Product Research**, v. 32, n. 2, p. 195-201, 2018.

BARRERA, E. D. C.; SUÁREZ, L. E. C. Aporphine Alkaloids from Leaves of *Ocotea macrophylla* (Kunth) (Lauraceae) from Colombia. **Biochemistry Systems Ecology**, v. 37, n. 4, p. 522-524, 2009.

BARATA, L. E. S. Empirismo e ciência: fonte de novos fitomedicamentos. **Ciência e Cultura**, v. 57, n. 4, p. 4-5, 2005.

BARBOSA, H.; DA SILVA, R. L. C. G.; COSTA-SILVA, T. A.; TEMPONE, A. G.; ANTAR, G. M.; LAGO, J. H. G.; CASELI, L. Interaction of dicentrinone, an antitrypanosomal aporphine alkaloid isolated from *Ocotea puberula* (Lauraceae), in cell membrane models at the air-water interface. **Bioorganic Chemistry**, v. 101, p. 103978, 2020.

BARBOSA, H.; COSTA-SILVA, T. A.; CONSERVA, G. A. A.; ARAUJO, A. J.; LORDELLO, A. L. L.; ANTAR, G. M.; AMARAL, M.; SOARES, M. G.; TEMPONE, A. G.; LAGO, J. H. G. Aporphine Alkaloids from *Ocotea puberula* with Anti-Trypanosoma Cruzi Potential—Activity of Dicentrine- β -N-Oxide in the Plasma Membrane Electric Potentials. **Chemistry & Biodiversity**, v. 18, n. 4, p. e2001022, 2021.

BRASIL. Ministério da Saúde. Política nacional de plantas medicinais e fitoterápicos/Ministério da Saúde, Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos, Departamento de Assistência Farmacêutica. Brasília, 2006. 60p

BRUNI, R.; MEDICI, A.; ANDREOTTI, E.; FANTIN, C.; MUZZOLI, M.; DEHESA, M.; ROMAGNOLI, C.; SACCHETTI, G. Chemical composition and biological activities of Ishpingoessential oil: a traditional Ecuadorian spice from *Ocotea quixos* (Lam.) Kosterm. (Lauraceae) flower calices. **Food Chemistry**, v. 85, p. 415–42, 2004.

CONCEIÇÃO, R. S.; REIS, I. M. A.; CERQUEIRA, A. P. M.; PEREZ, C. J.; JUNIOR, M. C. D. S.; BRANCO, A.; IFA, D. R.; BOTURA, M. B. Rapid structural characterisation of benzyloquinoline and aporphine alkaloids from *Ocotea spixiana* acaricide extract by HPTLC-DESI-MSn. **Phytochemical Analysis**, v. 31, n. 6, p. 711-721, 2020.

COY, E. D.; CUCA, L. E.; SEFKOW, M. COX, LOX and platelet aggregation inhibitory properties of Lauraceae neolignans. **Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters**, v. 19, n. 24, p. 6922-6925, 2009.

CORREA, J. E.; RIOS, C. H.; CASTILLO, A. D. R.; ROMERO, L. I.; ORTEGA-BARRIA, E.; COLEY, P. D.; KURSAR, T. A.; HELLER, M. V.; GERWICK, W. H.; RIOS, L. C. Minor alkaloids from *Guatteria dumetorum* with antileishmanial activity. **Planta Medica**, v. 72, p. 270-272, 2006.

CHAUMONTET, M.; CAPT, M.; GOLD-AUBERT, P. Comparative study of two anti-ulcerogenic drugs-glaziovine and sulphiride. **Arzneimittel-Forschung**, v. 28, p. 2119-2121, 1978.

DI STASI, L. C.; HIRUMA-LIMA, C. A. **Plantas Medicinais na Amazônia e na Mata Atlântica**. Ed. UNESP, São Paulo, 60p II, 2002.

FOURNET, A.; FERREIRA, M. E.; ARIAS, A. R.; GUY, I.; GUINAUDEAU, H.; HEINZEN, H. Phytochemical and antiprotozoal activity of *Ocotea lancifolia*. **Fitoterapia**, v. 78, n. 5, p. 382-384, 2007.

FREITAS, L. D.; VALLI, M.; DAMETTO, A. C.; PENNACCHI, P. C.; ANDRICOPULO, A. D.; MARIA-ENGLER, S. S.; BOLZANI, V. S. Advanced glycation end product inhibition by alkaloids from *Ocotea paranapiacabensis* for the prevention of skin aging. **Journal of Natural Products**, v. 83, n. 3, p. 649-656, 2020.

- GARCEZ, F. R.; DA SILVA, A. F. G.; GARCEZ, W. S.; LINCK, G.; MATOS, M. F. C.; SANTOS, E. C. S.; QUEIROZ, L. M. M. Cytotoxic aporphine alkaloids from *Ocotea acutifolia*. **Planta Medica**, v. 77, n. 04, p. 383-387, 2011.
- GUTERRES, Z. R.; SILVA, A. F. G.; GARCEZ, W. S.; GARCEZ, F. R.; FERNANDES, C. A.; GARCEZ, F. R. Mutagenicity and recombinogenicity of *Ocotea acutifolia* (Lauraceae) aporphinoid alkaloids. **Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis**, v. 757, n. 1, p. 91-96, 2013.
- JUDD, W.S.; CAMPBELL, C.S.; KELLOGG, E.; STEVENS, P. F. **Plant Systematics: a phylogenetic approach**. Sinauer Associates, Sunderland, 1999.
- LORENZI, H.; MATOS, F. J. **Plantas Medicinais no Brasil: nativas e exóticas**. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2002.
- LIU, Y.; CHENG, E.; RAKOTONDRAIBE, L. H.; BRODIE, P. J.; APPLEQUIST, W.; RANDRIANAIVO, R.; RAKOTONDRAFARA, A.; RATSIMBASON, M.; RASAMISON, V. E.; KINGSTON, D. G. I. Antiproliferative compounds from *Ocotea macrocarpa* from the Madagascar dry forest. **Tetrahedron Letters**, v. 56, p. 3630-3632, 2015.
- MONTRUCCHIO, D. P.; MIGUEL, O. G.; ZANIN, S. M. W.; DA SILVA, G. A.; CARDOZO, A. M.; SANTOS, A. R. S. Antinociceptive effects of a chloroform extract and the alkaloid dicentrine isolated from fruits of *Ocotea puberula*. **Planta Medica**, v. 78, n. 14, p. 1543-1548, 2012.
- MORELLO, A.; LIPCHENGA, I.; CASSELS, B. K.; SPEISKY, H.; ALDUNATE, J.; REPETTO, Y. Trypanocidal effect of boldine and related alkaloids upon several strains of *Trypanosoma cruzi*. **Pharmacology, Toxicology and Endocrinology**, v. 107, p. 367-371, 1994.
- MORTEZA-SEMNANI, K.; AMIN, G. H.; SHIDFAR, M. R.; HADIZADEH, H.; SHAFIEE, A. Antifungal activity of the methanolic extract and alkaloids of *Glaucium oxylobum*. **Fitoterapia**, v. 74, p. 493-496, 2003.
- PABON, L. C.; CUCA, L. E. Aporphine alkaloids from *Ocotea macrophylla* (Lauraceae). **Química Nova**, v. 33, p. 875-879, 2010.
- PUVANENDRAN, S.; WICKRAMASINGHE, A.; KARUNARANTE, D. N.; CARR, G.; WIJESUNDARA, D. S. A.; ANDERSEN, R.; KARUNARATNE, V. Antioxidant constituents from *Xylopiya championii*. **Pharmaceutical Biology**, v. 46, p. 352-355, 2008.
- QUINET, A.; BAITELLO, J. B.; MORAES, P. L. R.; ALVES, F. M.; ASSIS, L. **Lauraceae**. In: Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2012.
- SALLEH, W.; AHMAD, F. Phytochemistry and biological activities of the genus *Ocotea* (Lauraceae): a review on recent research results (2000–2016). **Journal of Applied Pharmaceutical Science**, v. 7, n. 5, p. 204-218, 2017.
- SOUZA, G. C.; HAAS, A. P. S.; VON POSER, G. L.; SCHAPOVAL, E. E. S.; ELISABETSKY, E. Ethnopharmacological studies of antimicrobial remedies in the South of Brazil. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 90, n. 1, p. 135-143, 2004.
- SOUZA, V. C.; LORENZI, H. **Botânica Sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de fanerógamas nativas e exóticas do Brasil**. Instituto Plantarum, Nova Odessa, 2008.

SILVA, A. F. **Estudo metabólico e anti-inflamatório de *Ocotea diospyrifolia* (Meisn.) Mez para identificação de suas substâncias ativas e inéditas.** 2019. 71f. Dissertação (Mestrado em Química). Universidade Federal de Alfenas, Brasil, 2019.

SILVA, A. F. G. **Estudo químico e avaliação de atividades citotóxica, genotóxica e antifúngica de *Ocotea acutifolia* (Nees) MEZ. (Lauraceae).** 2010. 7f. Tese (Doutorado em Química). Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2010.

SILVA, A. F.; SANTOS, M. F. C.; MAIOLINI, T. S. C.; SALEM, P. P. O.; MURGU, M.; PAULA, A. C. C.; SILVA, E. O.; NICÁCIO, K. J.; FERREIRA, A. G.; DIAS, D. F.; SOARES, M. G.; CHAGAS-PAULA, D. A. Chemistry of leaves, bark, and essential oils from *Ocotea diospyrifolia* and anti-inflammatory activity– Dual inhibition of edema and neutrophil recruitment. **Phytochemistry Letters**, v. 42, p. 52-60, 2021.

STIGLIANI, J. L.; BOUSTIE, J.; AMOROS, M.; MONTANHA, J.; PAYARD, M.; GIRRE, L. Molecular modeling and antipoliavirus activity of some isoquinoline alkaloids. **Pharmacy and Pharmacology Communications**, v. 4, p. 65-68, 1998.

TELES, M. M. R. S. **Estudo fitoquímico de *Ocotea duckei* Vattimi (Lauraceae).** 2012. 34f. Dissertação (Mestrado em Farmacia). Universidade Federal da Paraíba, Brasil, 2012.

VAN DER WERFF, H.; RICHTER, H.G. Toward an improved classification of Lauraceae. **Annals Missouri Botanical Garden**, v. 83, p. 409-418, 1996.

WRIGHT, C. W.; MARSHALL, S. J.; RUSSELL, P. F.; ANDERSON, M. M.; PHILLIPSON, J. D.; KIRBY, G. C.; WARHURST, D. C.; SCHIFF, P. L. JR. *In vitro* antiplasmodial, antiamoebic, and cytotoxic activities of some monomeric isoquinoline alkaloids. **Journal of Natural Products**, v. 63, p. 1638-1640, 2000.

WU, Y. C.; CHANG, F. R.; CHAO, Y. C.; TENG, C. M. Antiplatelet and vasorelaxing actions of aporphinoids from *Cassytha filiformis*. **Phytotherapy Research**, v. 12, p.39, 1998.

ZANIN, S. M. W.; LORDELLO, A. L. L. Alcaloides aporfinoídes do gênero *Ocotea* (Lauraceae). **Química Nova**, v. 30, n. 1, p. 92-98, 2007.

ZSCHOCKE, S.; DREWES, S. E.; PAULUS, K.; BAUER, R.; VAN STADEN, J. Analytical and pharmacological investigation of *Ocotea bullata* (black stinkwood) bark and leaves. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 71, n. 1-2, p. 219-230, 2000.

SOBRE O ORGANIZADOR

CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA - Técnico em química pelo Colégio Profissional de Uberlândia (2008), Bacharel em Química pela Universidade Federal de Uberlândia (2010), Licenciado em Química pela Universidade de Uberaba (2011), Licenciado em Ciências Biológicas pela Faculdade Única (2021). Especialista em Metodologia do Ensino de Química e em Docência do Ensino Superior pela Faculdade JK Serrana em Brasília (2012), Especialista em Ensino de Ciências e Matemática pelo Instituto Federal do Triângulo Mineiro (2021). Mestre em Química (2015), Doutor em Química (2018) e Pós-Doutorado em Química (2020-2022) pela Universidade Federal de Uberlândia (UFU). Atualmente, vem atuando nas seguintes linhas de pesquisa: (i) desenvolvimento de novas metodologias para tratamento e recuperação de resíduos químicos gerados em laboratórios de instituições de ensino e pesquisa; (ii) estudos de monitoramento de CIE; (iii) desenvolvimento de novas tecnologias avançadas para remoção de CIE em diferentes matrizes aquáticas; (iv) aplicação de processos oxidativos avançados ($H_2O_2/UV-C$, $TiO_2/UV-A$ e foto-Fenton entre outros) para remoção de CIE em efluentes provenientes de estação de tratamento de esgoto para fins de reutilização; (v) estudo e desenvolvimento de novos bioadsorventes para remediação ambiental de CIE em diferentes matrizes aquáticas; (vi) educação ambiental e (vii) processos de alfabetização e letramento científico no ensino de ciências, química e biologia.

ÍNDICE REMISSIVO

A

- Ações antrópicas 7
- Agente oxidante 41
- Agente redutor 41
- Alcalóides 55
- Alfabetização Científica (AC) 1, 3, 10, 11, 12
- Antibacteriana 55
- Antifúngica 55, 61, 65
- Anti-inflamatória 55, 61
- Antimalárica 55
- Atividades antioxidante 55

B

- Base Nacional Comum Curricular (BNCC) 10, 16, 26

C

- Células galvânicas 40, 41, 43, 45, 46, 52
- Ciências da natureza 1, 3, 8, 9, 10, 11, 16
- Ciências naturais 1, 5, 10, 37
- Conhecimento científico 2
- Contextualização 13, 14, 16, 17, 20, 24, 25, 26, 27
- Covid-19 2, 3, 4, 11, 12

E

- Eletrodo Padrão de Hidrogênio (EPH) 47
- Elétrons 40, 41, 42, 43, 44, 45, 47, 48
- Eletroquímica 40, 41, 42, 43, 44, 46, 47, 52
- Engenharia Didática (ED) 13, 15
- Ensino a distância 2
- Ensino-aprendizagem 3, 10, 30
- Ensino de química 11, 13, 53, 66
- Ensino remoto 11
- Ensino tradicional 1
- Estação de Tratamento de Água (ETA) 9

F

Fake news 2, 11

Flavonóides 55

Funções exponenciais 13, 14, 15, 17, 18, 19, 21, 25, 26, 27

G

GeoGebra 14, 19, 21, 22

Google Classroom 4

L

LibreOffice Calc 14, 19, 22, 23

Lobby político 2

M

Meio ambiente 3, 7, 8, 52

Micro-organismo 3

Modelagem matemática 14, 18, 19, 27

Monoterpenos 55

N

Negacionismo 2

O

Óleos essenciais 55

Oxidação-redução 40, 41, 42

P

Pandemia 2, 3, 4, 9, 10, 11, 12

Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+) 16, 26

Pilha de Daniell 43, 44

Pilhas e baterias 40, 41, 46, 52

Plantas medicinais 54, 55, 63, 64

Ponte salina 43, 44, 45

Práxis docente 14, 25

Processo de desinfecção 9

Projeto político pedagógico 3

R

Reações químicas 24, 40

Redox 40, 41, 42, 43, 44, 46

S

Semi-reações 41, 42, 45

Sequência didática 13, 14, 15, 16, 24, 25, 26

Sesquiterpenos 55

Softwares 14, 18

STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics*) 14, 15

T

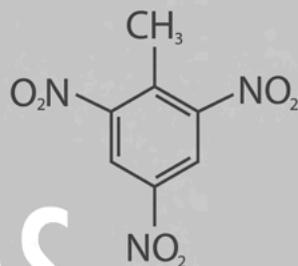
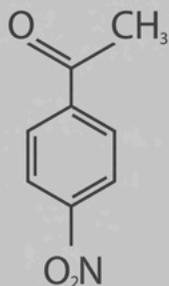
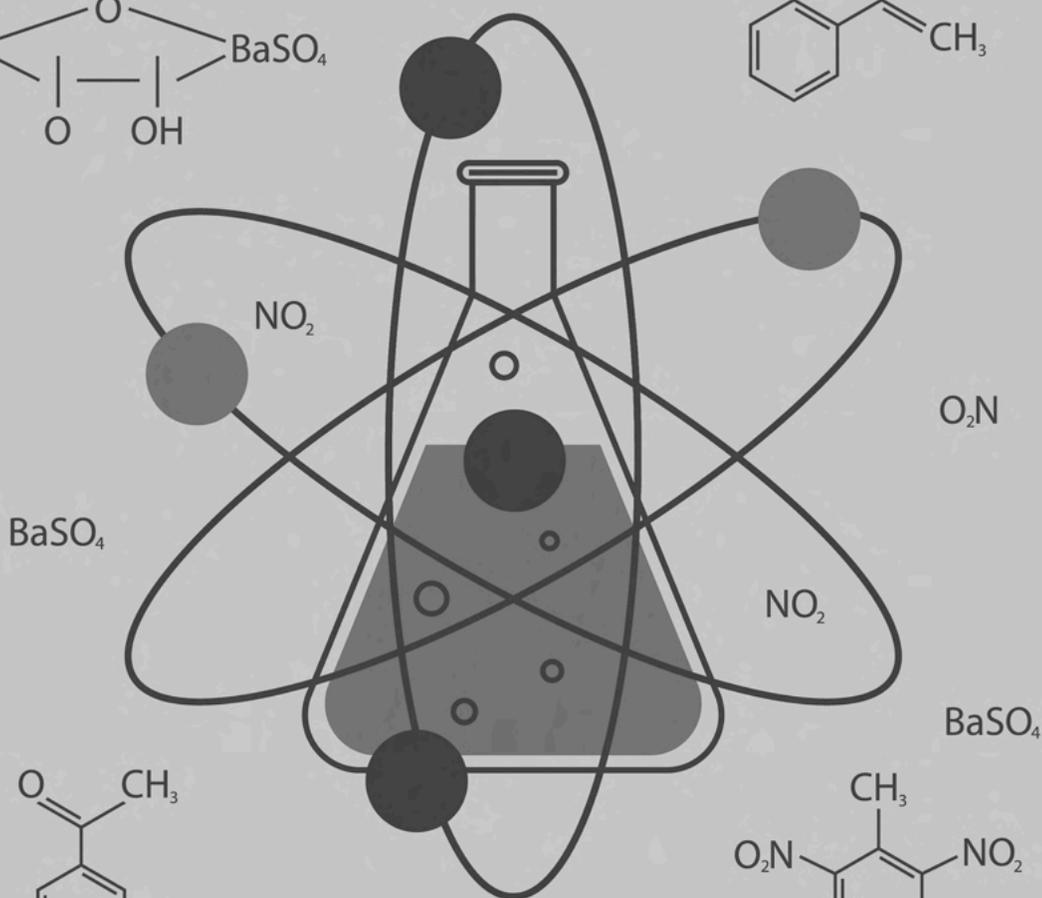
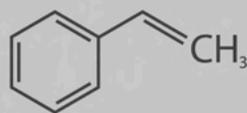
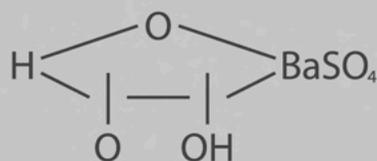
Técnico-científicos 6, 7, 9

Tecnologias digitais 1

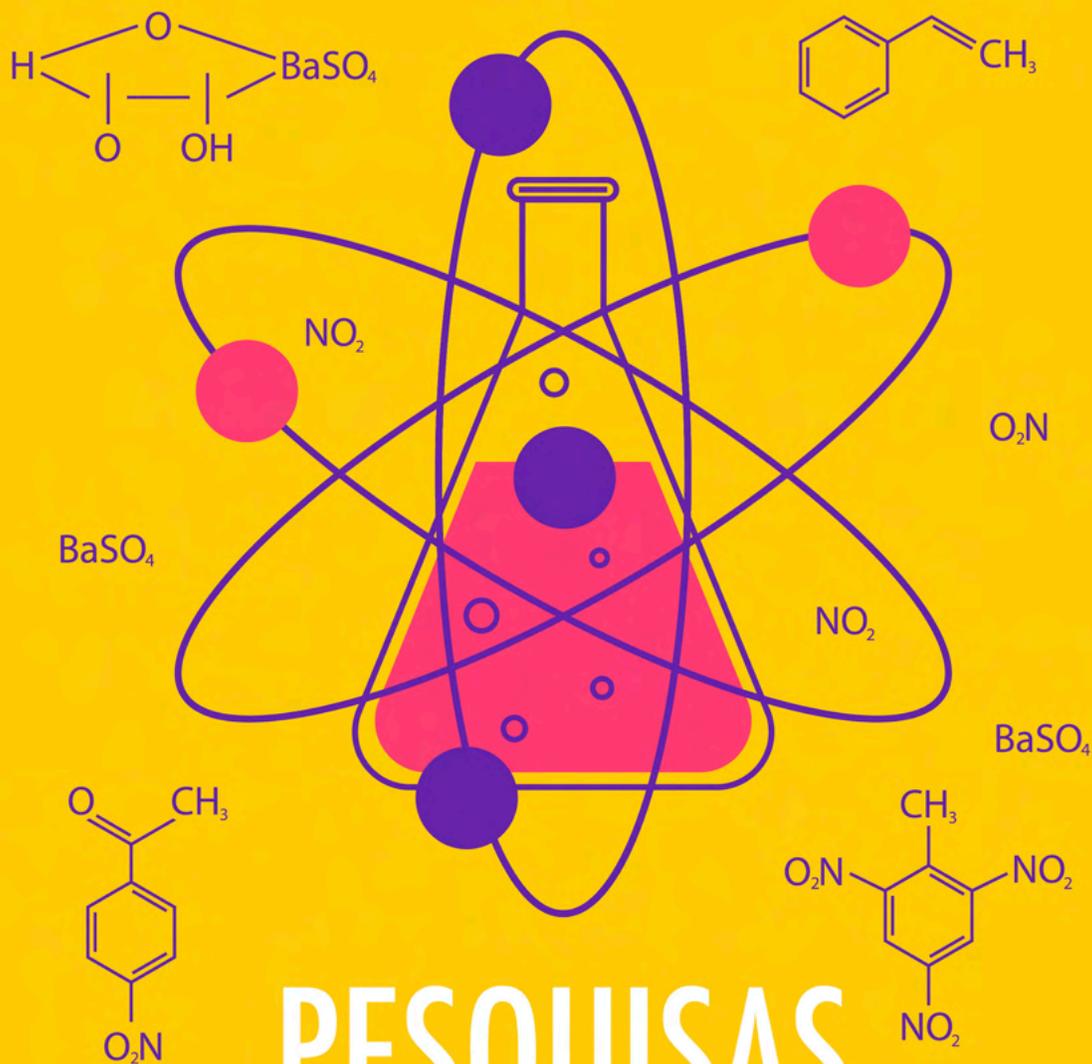
Terpenoides 55

U

Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM) 3



PESQUISAS CIENTÍFICAS 3 E O ENSINO DE QUÍMICA



PESQUISAS CIENTÍFICAS 3 E O ENSINO DE QUÍMICA