



A GERAÇÃO DE NOVOS CONHECIMENTOS NA QUÍMICA

Eleonora Celli Carioca Arenare
(Organizadora)



Atena
Editora
Ano 2021

A GERAÇÃO DE NOVOS CONHECIMENTOS NA QUÍMICA

Eleonora Celli Carioca Arenare
(Organizadora)

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 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 Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Elói Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federacl do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Welma Emidio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie
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 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
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 Gonçalves de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Edna Alencar da Silva Rivera – Instituto Federal de São Paulo
Profª Drª Fernanda Tonelli – Instituto Federal de São Paulo,
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Profª Drª Miraniide Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Profª Ma. Adriana Regina Vettorazzi Schmitt – Instituto Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Profª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Profª Drª Andrezza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Me. Carlos Augusto Zilli – Instituto Federal de Santa Catarina
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná
Profª Drª Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa

Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia
Prof. Me. Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Me. Fabiano Eloy Atilio Batista – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará
Prof. Me. Francisco Sérgio Lopes Vasconcelos Filho – Universidade Federal do Cariri
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFGA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenología & Subjetividade/UFPR
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Profª Ma. Lilian de Souza – Faculdade de Tecnologia de Itu
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Profª Drª Lúvia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Profª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz
Profª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Me. Luiz Renato da Silva Rocha – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos

Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior
Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Dr. Pedro Henrique Abreu Moura – Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Profª Drª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Rafael Cunha Ferro – Universidade Anhembi Morumbi
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Renan Monteiro do Nascimento – Universidade de Brasília
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa
Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco
Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão
Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Profª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí
Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

A geração de novos conhecimentos na química

Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Maria Alice Pinheiro
Correção: Maiara Ferreira
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizadora: Eleonora Celli Carioca Arenare

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

G354 A geração de novos conhecimentos na química /
Organizadora Eleonora Celli Carioca Arenare. – Ponta
Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-171-5

DOI 10.22533/at.ed.715211806

1. Química. I. Arenare, Eleonora Celli Carioca
(Organizadora). II. Título.

CDD 540

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

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.

APRESENTAÇÃO

A proposta implícita nessa coletânea fundamenta-se numa valorização eclética da pluralidade e diversidade, que reúne pesquisas que envolvem diversas linhas de abordagem, destacando-se por meio de tendências de estudos envolvendo a Ciência “Química”. Tendo como propósito principal disseminar e divulgar no meio acadêmico, envolvido com tal Ciência, informações provenientes de estudos e pesquisas desenvolvidas pela comunidade acadêmica contemporânea.

O e-book “A Geração de Novos Conhecimentos na Química”, está dividido em dois volumes, totalizando 46 artigos científicos, destacando-se temáticas pesquisadas e discutidas por estudantes, professores e pesquisadores. Os quais evidenciam, artigos teóricos e pesquisas de campo, abrangendo a linha de Ensino e diversas outras linhas de estudo, que se desenvolveram por meio de pesquisas laboratoriais.

O volume I aborda tendências, envolvidos com a área de Ensino de Química, os quais dão ênfase as seguintes abordagens: Ensino Remoto, Experimentação, Concepções Pedagógicas, Bioinformática, Contextualização, Jogos Lúdicos, Redes Sociais, Epistemologia, Formação de Professores, Habilidades e Competências e Metodologias utilizadas no processo de Ensino e Aprendizagem.

O volume II aborda temáticas de cunho experimental, desenvolvidas e comprovadas por meio das análises desenvolvidas em diferentes universidades brasileiras, dando ênfase à: Química Inorgânica, Eletroquímica, Química Orgânica, Química dos Alimentos, Quimiometria, Química Analítica, Química Biológica, Nanoquímica e Processos Corrosivos.

A coletânea é indicada para àqueles (estudantes, professores e pesquisadores) envolvidos com a Ciência “Química”, que anseiam por intermédio de informações atualizadas, apropriarem-se de novas informações, correlacionadas a pesquisas acadêmicas, tendo desta forma, novas bases de estudo e investigação para a aquisição e construção de novos conhecimentos.

Excelente leitura!

Eleonora Celli Carioca Arenare

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

**A IMPORTÂNCIA DO TRABALHO EXPERIMENTAL NO PROCESSO ENSINO-
APRENDIZAGEM NA EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS**

Teresa de Jesus Manuel

Claudia Celeste Frutuoso

DOI 10.22533/at.ed.7152118061

CAPÍTULO 2..... 8

**A QUÍMICA CONTADA PELA HISTÓRIA DAS MOLÉCULAS: PROPOSTAS PEDAGÓGICAS
A PARTIR DO CASO DA QUININA**

Rogério Côrte Sassonia

DOI 10.22533/at.ed.7152118062

CAPÍTULO 3..... 19

**A TEMÁTICA DOS ALIMENTOS NO ENSINO DE ÁCIDOS E BASES: ARTICULANDO
SABERES TEÓRICOS E PRÁTICOS EM UMA OFICINA DIDÁTICA**

Patrícia Flávia da Silva Dias Moreira

Wagner de Oliveira Feitosa

Melquesedeque da Silva Freire

DOI 10.22533/at.ed.7152118063

CAPÍTULO 4..... 33

**A UTILIZAÇÃO DO “JOGO DAS ASSOCIAÇÕES” NO ENSINO DE QUÍMICA: UMA
ABORDAGEM CONTEXTUALIZADA DO CONTEÚDO FUNÇÕES ORGÂNICAS
ENVOLVENDO MEDICAMENTOS**

Alex Batista Oliveira Cardoso

Ana Angélica dos Santos Faro

Éverton da Paz Santos

Givanildo Batista da Silva

Eric Fabiano Sartorato de Oliveira

Andreza Cristina da Silva Andrade

DOI 10.22533/at.ed.7152118064

CAPÍTULO 5..... 46

**AS ATIVIDADES PRÁTICAS EM LABORATÓRIO E A FORMAÇÃO EM ENGENHARIA DE
PETRÓLEO: A AQUISIÇÃO DE COMPETÊNCIAS POR MEIO DA EXPERIMENTAÇÃO**

Sérgio Allan Barbosa de Ornellas

Lucas Velloso Oliveira da Silva

Geraldo de Souza Ferreira

Rogério Fernandes de Lacerda

DOI 10.22533/at.ed.7152118065

CAPÍTULO 6..... 59

ATIVIDADES BASEADAS EM BIOINFORMÁTICA PARA A OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM DE CIÊNCIAS DA VIDA: UM ESTUDO DE CASO NO ENSINO BÁSICO

Thiago Lipinski-Paes
Hendrie Ferreira Nunes
Camila Rodrigues França
Jonathan Campos de Oliveira
Renata Waleska de Sousa Pimenta

DOI 10.22533/at.ed.7152118066

CAPÍTULO 7..... 79

CONCEPÇÕES PEDAGÓGICAS E A COMPLEXIDADE NA FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE QUÍMICA PARA O EXERCÍCIO DA DOCÊNCIA DE FORMA EFETIVA, INCLUSIVA E CONTEXTUALIZADA

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
Marilene Aparecida Fernandes Pereira

DOI 10.22533/at.ed.7152118067

CAPÍTULO 8..... 91

DESENVOLVIMENTO DE UMA METODOLOGIA EFICIENTE PARA INTRODUÇÃO DA NANOCIÊNCIA NO ENSINO REMOTO

João Luiz Oliveira Maciel Júnior
Dennis da Silva Ferreira
Mateus Pereira de Sousa Milhomem
Sívio Quintino de Aguiar Filho
Lucas Samuel Soares dos Santos

DOI 10.22533/at.ed.7152118068

CAPÍTULO 9..... 103

ESTUDO DE VIABILIDADE DA EXPLORAÇÃO DO GÁS DE FOLHELHO NA AMAZÔNIA

Carla Giovanna Barbosa da Silva
Cristianlia Amazonas da Silva Pinto
Sávio Raider Matos Sarkis

DOI 10.22533/at.ed.7152118069

CAPÍTULO 10..... 115

JOGO LÚDICO COMO ESTRATÉGIA DE METODOLOGIA ALTERNATIVA PARA O ENSINO DOS CONCEITOS BÁSICOS EM QUÍMICA

Antonio Ramon Freitas Moura
Flávia Oliveira Monteiro da Silva Abreu
Stephany Swellen Vasconcelos Maia
Henety Nascimento Pinheiro
Beatriz Jales de Paula
Bárbara de Fátima do Nascimento Pereira
Samantha Valente de Oliveira

DOI 10.22533/at.ed.71521180610

CAPÍTULO 11..... 130

O ENSINO DE QUÍMICA NA REDE

Nathália Sayuri Tateno
José Guilherme Martins Siqueira
Gisele Apolinário Mendes
Karina Ribeiro Ferreira
Maria do Socorro Ribeiro da Silva
Jocélia Pereira de Carvalho Oliveira

DOI 10.22533/at.ed.71521180611

CAPÍTULO 12..... 139

OBJETOS DIGITAIS DE APRENDIZAGEM COMO ALTERNATIVA METODOLÓGICA NO ENSINO DE QUÍMICA

Deracilde Santana da Silva Viégas
Deranilde Santana da Silva
Isaide de Araujo Rodrigues

DOI 10.22533/at.ed.71521180612

CAPÍTULO 13..... 152

O USO DE MAPAS CONCEITUAIS COMO FERRAMENTA ALTERNATIVA NO PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM DE EQUILÍBRIO QUÍMICO

Lais Conceição Tavares
Alex Gomes de Oliveira
Regina Celi Sarkis Müller
Adriano Caldeira Fernandes

DOI 10.22533/at.ed.71521180613

CAPÍTULO 14..... 163

PRÁTICA DIDÁTICA E SUSTENTÁVEL NO ENSINO DE QUÍMICA: EXTRAÇÃO DA BIXINA A PARTIR DE SEMENTES DE URUCUM VALORANDO OS CORANTES NATURAIS

Sidne Rodrigues da Silva
Álvaro Itaúna Schalcher Pereira
Nayra Salazar Rocha
Weslen Carlos Silva Martins
Adilson Luís Pereira Silva
Aldemir da Guia Schalcher Pereira

DOI 10.22533/at.ed.71521180614

CAPÍTULO 15..... 169

PRODUÇÃO DE VIDEOAULAS EM LÍNGUA BRASILEIRA DE SINAIS COMO ESTRATÉGIA PARA APRIMORAR A COMPREENSÃO DE CONTEÚDOS DE QUÍMICA NO ENSINO-APRENDIZAGEM DE ESTUDANTES SURDOS

Antônio Ricardo Araújo Gonçalves
Alexandra Souza de Carvalho

DOI 10.22533/at.ed.71521180615

CAPÍTULO 16.....	180
PRODUÇÃO E AVALIAÇÃO DE RECURSOS DIDÁTICOS COMO FERRAMENTA METODOLÓGICA PARA AUXILIAR NO PROCESSO DE ENSINO APRENDIZAGEM NAS AULAS DE QUÍMICA NA EDUCAÇÃO BÁSICA	
Alexandra Souza de Carvalho	
Arisa Evelyn Pinheiro dos Santos	
DOI 10.22533/at.ed.71521180616	
CAPÍTULO 17.....	190
PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA DE MICRO E MACROALGAS COMO INIBIDORES DE CORROSÃO	
Vanessa Mattos dos Santos	
Anita Ferreira do Valle	
Eliane D'Elia	
Mariana dos Santos Tavares	
DOI 10.22533/at.ed.71521180617	
CAPÍTULO 18.....	200
QUÍMICA E REVOLUÇÃO CIENTÍFICA: UMA TENTATIVA DE CONCILIAÇÃO ENTRE INCOMENSURABILIDADE E ACUMULAÇÃO EPISTEMOLÓGICA	
Kleber Cecon	
Rogério Côrte Sassonia	
DOI 10.22533/at.ed.71521180618	
SOBRE A ORGANIZADORA.....	218
ÍNDICE REMISSIVO.....	219

CAPÍTULO 2

A QUÍMICA CONTADA PELA HISTÓRIA DAS MOLÉCULAS: PROPOSTAS PEDAGÓGICAS A PARTIR DO CASO DA QUININA

Data de aceite: 01/06/2021

Data de submissão: 10/05/2021

Rogério Côrte Sassonia

Centro de Ciências Integradas, Universidade
Federal do Tocantins
Araguaína, Tocantins, Brasil.
<http://lattes.cnpq.br/9341522545622587>

RESUMO: A quinina é um alcaloide de sabor amargo de fórmula $C_{20}H_{24}N_2O_2$ e com alta atividade antimalárica. Entre os fármacos originários de espécies de plantas nativas da América que foram introduzidos na Europa, aqueles contendo quinina foram os mais relevantes. A quinina é extraída a partir da casca de algumas espécies de *cinchona*. *Cinchona* é um gênero de 40 espécies de plantas da família Rubiácea. Até o início do século XIX, apenas um pó extraído da árvore era comercializado como produto farmacêutico. A necessidade de obter a quinina para o tratamento da malária impulsionou o desenvolvimento da ciência e da indústria química. Na história da manufatura de fármacos à base de quinina, habilidades e competências em química foram imprescindíveis em resultados como o isolamento da quinina por Pelletier e Caventou em 1820, a observação por Louis Pasteur em 1852 que a molécula era levorrotatória, a determinação da sua fórmula molecular em 1854 por Strecker até sua síntese estereoespecífica total no século XX. Este trabalho tem como objetivo identificar

e descrever quais habilidades e competências em química foram dominadas pelos homens de ciência que tornaram possível o ciclo produtivo dos fármacos contendo quinina, concentrando-se especialmente nas expertises relacionadas a sistematização das informações relacionadas a sua identificação, sua elucidação estrutural e sua síntese. Este trabalho tem a preocupação de pensar o ensino de química considerando as competências e habilidades necessárias na formação de um bom profissional na área de química. Neste contexto, considera-se muito significativo o estudo de caso da quinina e dos seus derivados na identificação de capacidades de abordar e resolver problemas complexos em química.

PALAVRAS - CHAVE: ensino de química, ensino de ciências, quinina, Pasteur, Paul Rabe.

ABSTRACT: Quinine is a bitter-tasting alkaloid with formula $C_{20}H_{24}N_2O_2$ and high antimalarial activity. Among the drugs originating from plant species native from America which were introduced in Europe, those containing quinine were the most relevant. Quinine is extracted from the bark of some species of *cinchona*. *Cinchona* is a genus of 40 plant species into Rubiaceae family. Until the beginning of the 19th century, only a powder extracted from the tree was marketed as a pharmaceutical product. The need to obtain quinine for the treatment of malaria has prompted the development of science and the chemical industry. In the history of the manufacture of medicines based in quinine, skills and competences in chemistry were essential in results such as the isolation of quinine by

Pelletier and Caventou in 1820, the observation by Louis Pasteur in 1852 that the molecule was levorotatory, the determination of its molecular formula in 1854 by Strecker until its total stereospecific synthesis in the 20th century. This work aims to identify and describe which skills and competences in chemistry were dominated by men of science that made the production of medicines containing quinine possible, focusing especially on the expertise related to the systematization of information related to its identification, its structural elucidation and its synthesis. This work reflects on teaching chemistry as the competencies and skills necessary for the formation of a good professional in the area of chemistry. In this context, the case study of quinine and its derivatives is considered very significant in the identification of capacities to approach and solve complex problems in chemistry.

KEYWORDS chemistry teaching, science teaching, quinine, Pasteur, Paul Rabe.

A HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS E SEUS USOS NA EDUCAÇÃO

Estudos em história da ciência são interdisciplinares e podem ter impacto significativo no ensino de ciências. A história das ciências não pode substituir o ensino comum das ciências, mas pode complementá-lo de várias maneiras¹. Este trabalho baseia-se na necessidade de ampliar e qualificar a produção literária em história da ciência e de sua interface com o ensino de ciências. Ele visa identificar e descrever quais habilidades e competências em química tornaram possível o ciclo produtivo dos fármacos à base de quinina numa perspectiva voltada para a história da ciência, contudo, com a preocupação de também obter resultados direcionados para o aprofundamento de atividades relacionadas ao ensino de química. Este trabalho visa proporcionar subsídios na forma de estudos de caso voltados especificamente para uma competência ou habilidade científica, de tal modo que possam ser usados como recurso pedagógico para promover a educação científica de alunos de cursos de licenciatura em química. A metodologia que se baseia em estudos de caso no ensino de química apresenta vantagens em relação ao ensino tradicional² e o uso da abordagem histórica tem favorecido a aprendizagem de conceitos científicos no ensino médio e superior³.

HABILIDADES E COMPETÊNCIAS EM QUÍMICA

Neste trabalho entende-se competência como a capacidade de mobilizar recursos na resolução de um problema em química e habilidade como o domínio de aplicações práticas de uma determinada competência. A caracterização teórica destes termos é baseada na avaliação do trabalho de Primi e colaboradores (2001)⁴. Os currículos de muitos cursos de Química têm dado maior importância aos conteúdos informativos comparados aos formativos. O problema torna-se mais grave quando se trata de cursos de licenciatura em química, uma vez que cabe ao professor refletir de forma crítica a sua prática em sala de aula, identificando problemas de ensino e aprendizagem. O sucesso na resolução de problemas complexos na área de química depende em grande parte da

capacidade de identificar e organizar informações relevantes e da capacidade de investigar processos naturais e tecnológicos através de competências e habilidades próprias do trabalho em laboratório como efetuar a purificação de substâncias e materiais, determinar suas características físico-químicas, desenvolver métodos qualitativos e quantitativos de análise destas substâncias além de realizar a síntese de compostos etc. Outro aspecto importante é a capacidade de identificar regularidades e ter o domínio matemático capaz de compreender modelos quantitativos de previsão. Estas e outras habilidades e competências estão presentes nas Diretrizes Curriculares Nacionais para os cursos de química que orientam as capacidades pessoais e profissionais esperadas de uma boa formação na área de química⁵. Este trabalho visa mapear e contextualizar os acontecimentos do passado buscando a interpretação do conhecimento no contexto que ele foi produzido e propor estratégias para aplicação do método de estudo de caso voltado especificamente para uma competência ou habilidade científica.

PERÍODO DE DESENVOLVIMENTO DOS FÁRMACOS À BASE DE QUININA

A história do desenvolvimento dos fármacos de quinina a partir do reconhecimento das propriedades da *quina do Peru* no tratamento de febres intermitentes pode ser estudada em etapas determinadas pela validação e sistematização das informações sobre as propriedades da *quina do Peru*, período que abrange os séculos XVII e XVIII, o isolamento, caracterização química, quantificação e a determinação da fórmula molecular da quinina, século XIX, e, mais recentemente, sua síntese estereoespecífica total no século XX. Outro aspecto importante é o desenvolvimento do sistema industrial de fármacos contendo quinina cuja produção envolvia toneladas de matéria-prima no final do século XIX⁶.

A *quina do Peru*, *corteza peruana* ou ainda *cinchona* era utilizada pelos nativos americanos e seu uso difundiu-se pela Europa durante o século XVII. Surpreendentemente, a manufatura de fármacos à base de quinina passou de uso medicinal regional a produto fabricado e distribuído mundialmente no século XIX. Em 1930, dez mil toneladas de casca de *cinchona* eram produzidas anualmente na ilha de Java por colonos holandeses⁷. Nenhum outro princípio ativo na história dos medicamentos teve desenvolvimento semelhante nessa época. A gravidade dos efeitos da malária para a humanidade está na origem deste aumento surpreendente de escala na produção de fármacos de quinina.

A malária é causada por protozoários do gênero *Plasmodium* que são transmitidos ao homem por fêmeas de mosquitos infectados do gênero *Anopheles*. Somente 4 espécies de *Plasmodium* são responsáveis por infectar seres humanos, sendo o *P. falciparum* o mais perigoso. À época da descoberta do Novo Mundo, a Europa sofria com a malária, especialmente Roma⁸. Infelizmente, os esforços da humanidade contra a calamidade humanitária causada pela malária ainda não foram suficientes. O número elevado de mortes por malária no mundo continua a castigar muitos países, principalmente Nigéria, República

Democrática do Congo, Moçambique, Índia e Uganda. De acordo com o último Relatório Mundial sobre Malária⁹, publicado em novembro de 2018 pela Organização Mundial de Saúde, ocorreram 219 milhões de casos de malária em 2017, acima dos 217 milhões de casos registrados em 2016. O número estimado de mortes por malária foi de 435.000 em 2017, número semelhante ao do ano anterior. Crianças abaixo de cinco anos de idade formam o grupo mais vulnerável afetado pela malária, elas representam 61% (266.000) de todas as mortes por malária, o que significa dizer que uma criança morre de malária a cada dois minutos no mundo.

SISTEMATIZAÇÃO DAS INFORMAÇÕES SOBRE AS PROPRIEDADES DA QUINA DO PERU

Missionários jesuítas estão entre os pioneiros na sistematização de informações relativas à farmacopeia americana com uma intensa circulação de informações sobre remédios e tratamentos entre os colégios das Províncias Jesuíticas da América e da Europa organizadas na forma de tratados de farmacopeia nativa. Os jesuítas organizaram catálogos de plantas medicinais, entre eles a obra *Materia Médica Misionera* de 1710 do padre Pedro Montenegro¹⁰. Os registros mostram experiências com medicamentos feitas por alguns missionários e a existência de herbários e boticas nos colégios e nas reduções jesuíticas. A botica do Colegio San Pablo de Lima enviava medicamentos, entre eles a *quina do Peru*, para estabelecimentos da Companhia de Jesus na América e Europa¹⁰. Apesar do pioneirismo dos jesuítas na validação e sistematização das informações sobre a *quina do Peru*, o registro mais antigo sobre as propriedades da *quina* parece vir de um monge agostiniano. Em 1633, o monge agostiniano Antonio de la Calancha em Lima, Peru, escreveu: “*existe uma árvore de ‘febres’ na área de Loja, com casca da cor de canela da qual os lojanos produzem pós que são bebidos na proporção de duas pequenas colheres e [assim] curam febres e terças; [estes pós] tiveram efeitos milagrosos em Lima*”^{11,12}. Em 1742, o gênero da árvore foi nomeado *Cinchona* pelo botânico sueco Carl Linnaeus (Linnaeus, 1707-1778)¹³.

A habilidade de sistematizar informações de natureza científica está presente nas Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Química que preveem “saber comunicar corretamente os projetos e resultados de pesquisa na linguagem científica, oral e escrita”⁵ como habilidades pessoais e profissionais esperadas de uma boa formação na área de química. No contexto histórico dos remédios de quinina, os erros de comunicação relacionados às espécies de árvores fornecedoras da *quina do Peru* são aspectos que podem ser avaliados em um estudo de caso. Em seu detalhado trabalho publicado no *American Bulletin of the History of Medicine* em 1941, A. W. Haggis descreve, após análise minuciosa de documentos, numerosos erros relacionados à terminologia botânica e outros de origem linguística, médica e histórica da *cinchona*¹⁴. Um dos erros provém do fato do nome *quinaquina*, que designava originalmente a árvore que produzia o bálsamo peruano

(*Miroxylon peruiferum* L.), ter sido dado à *cinchona*, e ao fato dos escritores médicos europeus não terem conhecimento preciso destas duas árvores. A literatura mais antiga sobre *cinchona* está repleta de afirmações que não pertencem à *cinchona*, mas, à árvore do bálsamo do Peru^{14,15}. A casca da *cinchona* adquiriu vários nomes ao longo dos anos; entrou na *London Pharmacopeia* em 1677 como casca peruana (*cortex Peruvianus*). No entanto, o termo quinaquina (ou quina-quina ou ainda kinakina) persistiu¹⁶.

Pesquisadores da área de Educação em Ciências têm destacado a necessidade de ações que favoreçam o desenvolvimento de habilidades qualitativas, como a comunicação e expressão oral e escrita^{2,17}. Neste sentido, estudos de caso como o rastreamento da trajetória dos estudos com *cinchona* na América e Europa permitem a discussão de questões de caráter sócio-científico além de fazer com que os estudantes se familiarizem com o ambiente de pesquisa científica através de buscas bibliográficas em plataformas de informações confiáveis. Durante o trabalho podem ser revisados conceitos específicos próprios de outras áreas da química.

ISOLAMENTO E ELUCIDAÇÃO ESTRUTURAL DA QUININA

Abordagens históricas sobre o desenvolvimento dos conceitos da estrutura química são pouco abordadas em trabalhos que exploram a interface história da ciência e ensino¹⁸. A compreensão do desenvolvimento conceitual e do domínio de certas habilidades em química é alcançada quando há o entrelaçamento de fatos que ajudam a superar dificuldades na aprendizagem. Neste sentido, constituem-se relevantes abordagens pedagógicas mapear e contextualizar os acontecimentos sobre a elucidação estrutural da molécula de quinina buscando a interpretação das competências e habilidades em química no contexto que elas foram produzidas e propor estratégias para aplicação de estudos de caso conforme apresentadas por Sá e colaboradores¹, entre outros autores.

A primeira etapa na elucidação estrutural de uma substância é seu isolamento na forma de uma substância pura. Os remédios à base de ervas contêm um número indefinido de compostos inertes, assim como substâncias farmacológicas ativas, mas, em quantidades desconhecidas e proporções variadas. No isolamento da quinina, destaca-se o trabalho dos cientistas franceses Pierre-Joseph Pelletier (1788–1842) e Joseph-Bienaimé Caventou (1795–1877) que em 1820 isolaram a quinina da *quina do Peru* (amarela)¹⁹ e a diferenciaram da cinchonina, que havia sido previamente isolada de uma variedade de quina cinza⁶. O isolamento da quinina permitiu o desenvolvimento de um método quantitativo para sua determinação nas diferentes espécies de quina disponíveis e, em termos de prática médica, a administração de um composto puro como um tratamento específico para malária com doses mais precisas de medicamento comparada às receitas à base de produtos obtidos diretamente da planta.

A concepção do conceito de molécula no século XIX juntamente com o advento da

síntese orgânica constituíram um avanço monumental na ciência. A Química Orgânica, como é conhecida hoje, começou a tomar sua forma atual entre o final do século XVIII e início do século XIX. Em 1865, Kekulé publicou a estrutura química do benzeno de modo semelhante ao que se conhece hoje²⁰. O domínio cada vez maior da natureza química das substâncias transformou a medicina ocidental e os tratamentos com ervas foram gradualmente sendo substituídos por compostos químicos puros e, mais tarde, por drogas sintéticas. A proposta do uso da teoria de ligação química combinada com a concepção do carbono tetravalente originou a teoria estrutural dos compostos orgânicos²¹. Apesar do talento de muitos químicos da época, foram necessárias décadas de desenvolvimento até a síntese total da quinina. Outro marco importante para a história da síntese orgânica, em especial para a síntese da quinina, foi o descobrimento da quiralidade e de sua importância na síntese de compostos orgânicos. A quinina é um composto multicíclico, derivado da quinolina, que contém quatro centros estereogênicos que, por esta razão, origina 16 estereoisômeros, contudo, somente um corresponde à forma ativa do fármaco²². A quinolina é formada por dois anéis hexagonais fundidos e sua fórmula química é C_9H_7O .

A elucidação estrutural da quinina, Figura 1, foi um desafio extraordinário e tornou-se um exemplo muito ilustrativo do uso conjunto de reações funcionais de grupo, degradação química, obtenção de derivados e uma enorme competência e habilidade em química na interpretação dos resultados experimentais. As habilidades como as envolvidas na elucidação estrutural da quinina estão presentes nas Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Química que preveem “saber conduzir análises químicas, físico-químicas e químico-biológicas qualitativas e quantitativas e a determinação estrutural de compostos por métodos clássicos e instrumentais”²⁵.

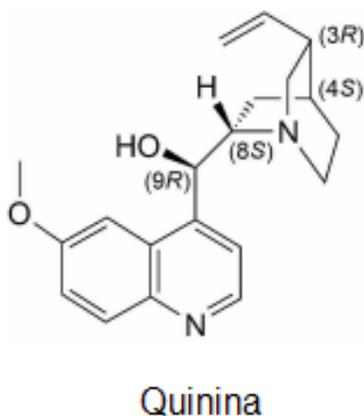


Figura 1: Representação da estrutura molecular da quinina.

Um exemplo que relaciona o desenvolvimento histórico da elucidação estrutural da molécula de quinina com competências e habilidades em química orgânica é o trabalho experimental de Antoine Bussy que devido sua extraordinária atenção aos detalhes no laboratório foi capaz de identificar a presença de nitrogênio nas moléculas de alcaloides (inicialmente na molécula de morfina), fato que havia sido negado previamente por Pelletier e Caventou que acreditavam que os alcaloides eram constituídos apenas por carbono, hidrogênio e oxigênio^{23, 24}. Trabalhos como os desenvolvidos por Louis Pasteur que estudou vários sais tartáricos dos alcaloides obtidos da *cinchona* além da determinação da fórmula molecular da quinina em 1854 por Strecker também podem ser explorados como estudos de caso. A avaliação das propriedades físico-químicas dos sais derivados dos alcaloides da *cinchona* levou Pasteur a fazer constatações muito importantes no seu trabalho sobre quiralidade¹¹. Em 1908, o químico alemão Paul Rabe, que havia trabalhado quase 40 anos no entendimento da estrutura e características químicas da quinina, sugeriu a correta conectividade entre seus átomos^{25, 26}. Ele havia demonstrado, por exemplo, que a função álcool nos alcaloides era secundária, e determinou sua localização exata através da oxidação da cinchonina para cinchoninona⁶. Neste sentido, a relação entre competências e habilidades na condução de análises químicas, físico-químicas e químico-biológicas qualitativas e quantitativas e a determinação estrutural de compostos por métodos clássicos e instrumentais pode ser explorada através do trabalho histórico da caracterização estrutural detalhada da quinina publicada por Kaufman e Rúveda⁶ por exemplo.

SÍNTESE DA QUININA

Quinina e quinidina são diastereoisômeros que se diferenciam pela configuração de dois de seus quatro centros estereogênicos (carbonos quirais), C(8) e C(9). A quinina ocorre naturalmente como substância enantiomericamente pura. Antes do trabalho de Stork, a síntese da quinina se baseava na estratégia que envolvia a desconexão retrossintética da ligação entre C8 e N1, gerando um intermediário conhecido como homomeroquineno. Este composto é um produto de degradação da quinina e foi usado por vários grupos de pesquisa como o intermediário chave na síntese da quinina, dentre eles Paul Rabe²⁷ em 1918, Woodward e Doering²⁸ em 1944 e Milan Uskokovic e colaboradores²⁹ em 1978. O problema é que esta rota sintética não permitia o controle completo dos átomos ao redor dos dois centros estereogênicos (C8 e C9). A contribuição decisiva de Stork foi perceber que a desconexão da ligação C6 e N1 poderia oferecer o completo domínio estereoquímico do intermediário e de seus produtos finais, apesar do intermediário ser tão complexo quanto a quinina. Stork planejou uma rota sintética direta e eficiente até seu intermediário através da redução seletiva de uma imina preparada em sua forma isomérica pura em dez etapas simples a partir de uma lactona vinílica prontamente disponível. Importante destacar nesta etapa a contribuição de Kondo e Mori que desenvolveram a síntese de gamma-lactonas

vinílicas racêmicas³⁰. Em sua etapa final, Stork introduz a funcionalidade e estereoquímica desejada no carbono C9 através de uma auto-oxidação.

O domínio de habilidades que permitam o químico produzir substâncias e materiais no laboratório está presente nas Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Química que prevê que o bom profissional deve “saber realizar síntese de compostos, incluindo macromoléculas e materiais poliméricos”³⁵. Deste modo, constituem-se relevantes abordagens pedagógicas mapear e contextualizar os acontecimentos sobre a síntese estereoespecífica total da molécula de quinina buscando a interpretação das competências e habilidades em química no contexto que elas foram produzidas e propor estratégias para aplicação de estudos de caso de modo semelhante a proposta pedagógica apresentada por Regueira e colaboradores³¹.

OBSERVAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS FUTURAS

O método de estudo de caso deriva do método Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP), conhecido como “Problem Based Learning (PBL). É um método que permite que os estudantes direcionem sua própria aprendizagem, enquanto exploram a ciência envolvida em situações complexas. Exemplos na literatura mostram estudos de caso em química sendo aplicados para introduzir assuntos específicos, demonstrar a aplicação de conceitos químicos na prática, desenvolver a habilidade de comunicação oral e escrita (Sá e colaboradores¹, Tabela 1). Estes trabalhos seguem principalmente as estratégias de tarefa individual, aula expositiva, trabalhos no formato de discussão e como atividade desenvolvida em pequenos grupos. Cada uma das estratégias é detalhada abaixo.

A tarefa individual tem o caráter de um trabalho que o aluno deve solucionar, que implica na explicação histórica dos eventos que conduziram à sua resolução. A aula expositiva tem a característica de um caso histórico específico apresentado pelo professor com o objetivo de apresentar aos estudantes a maneira como o conhecimento científico é construído. Trabalhos no formato de discussão são apresentados pelo professor como um problema e os alunos são questionados sobre como resolvê-lo. As atividades em pequenos grupos são casos de histórias que devem ser solucionadas por grupos pequenos de estudantes, que trabalham em colaboração elaborando uma agenda de aprendizagem, ou seja, um conjunto de assuntos que eles concordam em pesquisar individualmente até a resolução do caso. Neste contexto, o professor desempenha um papel de facilitador durante as discussões. Neste contexto, é propício estabelecer interfaces coerentes e sólidas na complexa relação entre história da ciência e ensino, abordar áreas de análise historiográfica, epistemológica e contextual acerca dos fatos da história da manufatura de fármacos à base de quinina. Uma visão dos fatos e episódios científicos a partir da filosofia também pode ser contemplada. Propõe-se, desse modo, utilizar as competências e habilidade que tornaram possível o desenvolvimento dos fármacos contendo quinina, a saber, a validação

e sistematização das informações sobre as espécies vegetais que continham quinina, seu isolamento, caracterização química, quantificação e a determinação da sua fórmula molecular até sua síntese estereoespecífica total como abordagens pedagógicas.

Outra atividade que suscita reflexões acerca da prática científica e que valoriza a interface história da ciência e ensino é a aplicação de uma fonte primária como material pedagógico. Isto porque nesse tipo de atividade se avalia como um problema químico complexo foi solucionado através de competências e habilidades específicas de um momento histórico. Habilidades diferentes da abordagem de um curso moderno de Química. Apesar de poucos recursos técnicos, Pelletier, Caventou, Pasteur, Strecker, Rabe e Stork solucionaram desafios extraordinários no isolamento, caracterização estrutural e síntese da quinina. Outro trabalho importante é a proposta de Ringan e Grayson³² para introduzir conceitos de modelagem molecular. Esta atividade tem como objetivo oferecer aos estudantes a oportunidade de utilizarem seus conhecimentos sobre modelagem molecular para examinar problemas específicos de química orgânica e bioquímica. Ela permite ao estudante a investigação sobre conceitos tais como quiralidade e análise conformacional de modo semelhante ao que pode ser usado nas atividades envolvendo a elucidação estrutural da molécula de quinina. Esta e outras abordagens pedagógicas apresentadas neste trabalho serão ampliadas em trabalhos futuros.

REFERÊNCIAS

1. MARTINS, R. A. de. **Introdução: a história das ciências e seus usos na educação**. In: SILVA, C. C. (ed.). Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino. São Paulo: Livraria da Física, 2006, p. xxi-xxxiv.
2. SÁ, L. P.; FRANCISCO, C. A.; QUEIROZ, S. L. **Estudos de caso em Química**. *Quím. Nova* 2007, 30 (3), 731.
3. CALLEGARIO, L. J.; HYGINO, C. B.; ALVES, V. L. O.; LUNA, F. J.; LINHARES, M. P. A **História da Ciência no Ensino de Química: Uma Revisão**. *Rev. Virtual de Quím.* 2015, 7 (3), 977-991.
4. PRIMI, R.; DOS SANTOS, A. A. A.; VENDRAMINI, C. M.; TAXA, F.; MULLER, F. A.; LUKJANENKO, M. F.; SAMPAIO, I. S. **Competências e habilidades cognitivas: diferentes definições dos mesmos constructos**. *Psicologia: Teoria e Pesquisa* 2001, 17 (2), 151-159.
5. ZUCCO, C.; PESSINE, F. B. T.; DE ANDRADE, J. B. **Diretrizes curriculares para os cursos de Química**. *Quím. Nova* 1999, 22(3).
6. KAUFMAN, T. S.; RÚVEDA, E. A. **The quest for quinine: those who won the battles and those who won the war**. *Angew. Chem. Int. Ed.* 2005, 44, 854-885.
7. MESHNICK, S. R. e DOBSON, M. J. **The History of Antimalarial Drugs**. Em: Rosenthal P.J. (eds) *Antimalarial Chemotherapy*. Infectious Disease. Humana Press, Totowa, NJ, 2001.

8. SALLARES, R. **Malaria and Rome: a history of malaria in ancient Italy**. Oxford University Press, Oxford, 2002.
9. **World Malaria Report 2018**. Geneva: World Health Organization; 2018. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
10. FLECK, E. C. D.; POLETTO, R. **Circulação e produção de saberes e práticas científicas na América meridional no século XVIII: uma análise do manuscrito *Materia medica missioneira de Pedro Montenegro (1710)***. *História, Ciências, Saúde – Manguinhos* 2012, 19 (4), 1121-1238.
11. GAL, J. **Louis Pasteur, chemist: an account of his studies of cinchona alkaloids**. *Helv. Chim. Acta* 2019, 102, e1800226.
12. Rodríguez, F. M. **Precisiones sobre la historia de la quina**. *Reumatol Clin.* 2007, 3 (4), 194-196.
13. LINNAEUS, C. **Genera Plantarum. *Lugduni Batavorum***. Leiden, 1742, p. 527.
14. HAGGIS, A. W. **Fundamental errors in the early history of cinchona: part I**. *Bull. Hist. Med.* 1941, 10, 417-459.
15. LAVAL M., HENRIQUE. **Botica de los jesuítas de Santiago. Biblioteca de Historia de la Medicina en Chile**. Santiago, Chile, 1953, p. 85-91. <http://www.memoriachilena.gob.cl/archivos2/pdfs/MC0059660.pdf> Acesso em: 07 maio 2021.
16. KEEBLE, T. W. **A cure for the ague: the contribution of Robert Talbor (1642-81)**. *J. R. Soc. Med.* 1997, 90 (5), 285-290.
17. MASSI, L.; DOS SANTOS, G. R.; FERREIRA, J. Q.; QUEIROZ, S. L. **Artigos científicos como recurso didático no ensino superior de Química**. *Quím. Nova* 2009, 32, 2, 503-510.
18. DA SILVA, K. S.; DA FONSECA, L. S.; DE FREITAS, J. D. **Uma Breve História da Geometria Molecular sob a Perspectiva Didático-Epistemológica de Guy Brousseau**. *Acta Scientiae* 2018, 20, 4, 626-647.
19. PELLETIER, P. J.; CAVENTOU, J. B. **Recherches chimiques sur les quinquina**. *Ann. Chim. Phys.* 1820, 15, 337-365.
20. KEKULÉ, A. **Sur la constitution des substances aromatiques**. *Bull. Soc. Chim. Fr.* 1865, 3, 98-110.
21. NICOLAOU, K. C. **The emergence of the structure of the molecule and the art of its synthesis**. *Angew. Chem. Int. Ed.* 2003, 52, 131-146.
22. WEINREB, S. M. **Synthetic lessons from quinine**. *Nature* 2001, 411, 429.
23. DELEPINE, M. **Joseph Pelletier and Joseph Caventou**. *J. Chem. Educ.* 1951, 28 (9), 454.
24. WISNIAK, J. **Antoine Alexandre Brutus Bussy**. *Revista CENIC Ciências Químicas*, 43, 2012.

25. RABE, P. **Zur kenntnis der chinaalkaloide. VII. mitteilung: über ein neues oxydationsprodukt des cinchonins.** *Ber. Dtsch. Chem. Ges.* 1907, 40, 3655. <https://chemistry-europe.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/cber.190704003157> Acesso em 10 maio 2021.
26. RABE, P. **Zur kenntnis der china-alkaloide. VIII. mitteilung: über die konstitution des cinchonins.** *Ber. Dtsch. Chem. Ges.* 1908, 41, 62. <https://chemistry-europe.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/cber.19080410118> Acesso em: 10 maio 2021.
27. RABE, P. KINDLER, K. **Über die partielle synthese des chinins. zur kenntnis der China-alkaloide XIX.** *Ber. Dtsch. Chem. Ges.* 1918, 51, 466-467. <https://chemistry-europe.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/cber.19180510153> Acesso em: 10 maio 2021.
28. WOODWARD, R. B.; DOERING, W. F. **The total synthesis of quinine.** *J. Am. Chem. Soc.* **1944**, 66, 849.
29. GRETHE, G.; LEE, H. S.; MITT, T.; USKOKOVIC, M. R. **Total synthesis of cinchona alkaloids. 4. syntheses via quinuclidine precursors.** *J. Am. Chem. Soc.* 1978, 100, 589-593.
30. KONDO, K.; MORI, F. **Synthesis of γ -lactones by the condensation of 2-alkene-1,4-diols with orthocarboxylic esters.** *Chemistry Letters* 1974, 3 (7), 741-742.
31. REGUEIRA, J. L. L. F.; DE FREITAS, J. J. R.; FILHO, J. R. F. **Preparação de 1,2,4-oxadiazol: sequência didática aplicada em disciplina de síntese orgânica na graduação.** *Quím. Nova* 2016, 39 (8), 1019.
32. RINGAN, N. S.; GRAYSON, L. **Molecular modeling in the undergraduate chemistry curriculum: the use of β -lactams as a case study.** *J. Chem. Educ.* 1994, 71, 856.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Acumulação epistemológica 9, 200, 215

Adultos 6, 1, 2, 3, 6, 7, 145

Alfabetização 2, 79, 131, 170, 171, 172, 178, 179

Alimentação 19, 21, 22

Aprendizagem Significativa 6, 32, 129, 147, 148, 152, 153, 154, 155, 159, 162, 172, 180

Atividades Experimentais 1, 4, 5, 6, 19, 20, 21, 23, 31

B

Bioinformática 5, 7, 59, 62, 63, 64, 68, 69, 71, 73, 75, 76

Bulas de Remédios 33, 36, 38

C

Competências 5, 6, 8, 9, 10, 12, 14, 15, 16, 31, 46, 48, 49, 50, 55, 56, 57, 79, 83, 115, 117, 147, 149, 167, 170, 177, 181, 183, 185, 188

Conteúdos Químicos 19, 34, 35, 144, 163, 168

Contextualização 5, 3, 5, 20, 31, 32, 33, 34, 35, 140, 148, 164, 168

E

Educação Básica 9, 2, 7, 59, 79, 83, 84, 87, 92, 115, 149, 150, 163, 165, 170, 172, 180, 181, 182, 186

Educação de Jovens 6, 1, 2, 3, 6, 7, 145

Engenharia de Petróleo 6, 46, 48, 49, 51, 56, 57

Ensino 5, 6, 7, 8, 9, 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 15, 16, 17, 19, 20, 21, 22, 29, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 38, 42, 44, 45, 46, 59, 60, 61, 62, 63, 65, 67, 70, 75, 76, 79, 80, 81, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 91, 92, 93, 94, 95, 100, 102, 115, 116, 117, 118, 119, 122, 123, 124, 125, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 162, 163, 164, 165, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 176, 177, 178, 180, 181, 182, 183, 185, 186, 187, 188, 189, 218

Ensino de Ciências 3, 6, 8, 9, 20, 31, 84, 88, 89, 128, 139, 145, 149, 150, 153, 162, 170, 172, 178, 182, 183, 188, 189, 218

Ensino de Química 5, 6, 8, 1, 3, 6, 8, 9, 16, 21, 31, 32, 33, 35, 36, 85, 88, 89, 92, 115, 117, 128, 129, 130, 133, 134, 135, 137, 139, 142, 150, 151, 152, 153, 162, 163, 169, 172, 173, 177, 178, 180, 181, 188, 189, 218

Ensino Remoto 5, 7, 91, 93, 94, 95, 132, 137

Ensino Superior 17, 79, 87, 89, 137, 180

F

Facebook 130, 131, 132, 133, 134, 135, 137, 138

Filogenia 59, 62, 67, 69, 75

Formação Continuada 84, 86, 87, 180, 182, 186, 188, 189

Funções Orgânicas 6, 33, 34, 35, 36, 37, 40, 42, 43, 44, 45

G

Gás de Folhelho 7, 103, 104, 105, 106

I

Impactos Ambientais 58, 103, 107, 112

Incomensurabilidade 9, 200, 203, 212, 213

J

Jogos Lúdicos 5, 115, 118, 119

L

Laboratório 6, 1, 4, 5, 10, 14, 15, 21, 30, 46, 48, 49, 50, 51, 56, 57, 63, 92, 144, 163, 165, 174, 186

Letramento Científico 79, 140, 170

Libras 88, 169, 170, 171, 172, 174, 175, 176, 177, 178

M

Mapas Conceituais 8, 152, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162

Material Didático 86, 150, 169, 180, 183, 188, 189

Métodos alternativos 116

O

Objetos Digitais de Aprendizagem 8, 139, 146, 150

P

Perspectiva 9, 17, 28, 34, 42, 78, 88, 89, 90, 103, 105, 140, 145, 151, 162, 170, 171, 178, 187, 200, 203

Pontos quânticos de carbono 91

Positivismo 200, 201, 202, 203

Prática Docente 35, 86, 147, 168, 172, 181, 182, 188

Processo Ensino-Aprendizagem 1, 3, 92, 140, 141, 142, 169

Q

Química 2, 5, 6, 7, 8, 9, 1, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 20, 21, 22, 29,

31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 41, 42, 44, 45, 55, 58, 59, 62, 63, 65, 70, 75, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 100, 101, 102, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 160, 161, 162, 163, 164, 166, 167, 168, 169, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 180, 181, 182, 183, 187, 188, 189, 190, 191, 194, 199, 200, 205, 213, 215, 218

R

Rede Social 130, 132, 133

S

STHEM 59, 60

Surdos 8, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 188

Sustentabilidade 143, 163, 165, 166, 168, 218

V

Viabilidade 7, 65, 103, 105, 110, 112

 www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br
 @atenaeditora
 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

A GERAÇÃO DE NOVOS CONHECIMENTOS NA QUÍMICA

 www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br
 @atenaeditora
 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

A GERAÇÃO DE NOVOS CONHECIMENTOS NA QUÍMICA