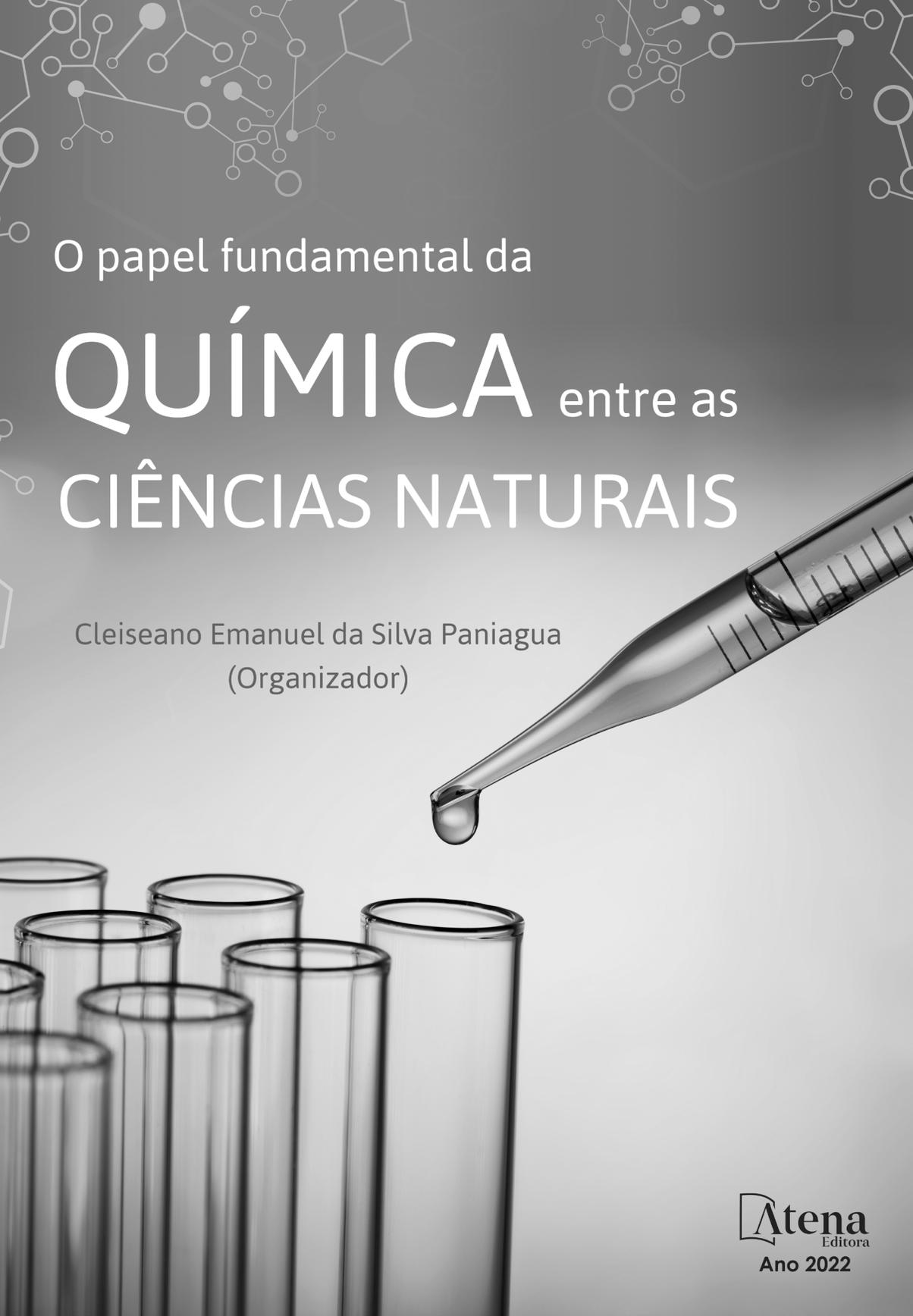
The background features a blue-to-white gradient with faint molecular structures in the upper corners. In the lower half, several test tubes are arranged in a row, and a pipette is shown dripping a drop of liquid into them.

O papel fundamental da

# QUÍMICA entre as CIÊNCIAS NATURAIS

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua  
(Organizador)

 **Atena**  
Editora  
Ano 2022



O papel fundamental da

# QUÍMICA entre as CIÊNCIAS NATURAIS

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua  
(Organizador)

**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Gabriel Motomu Teshima

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



## O papel fundamental da química entre as ciências naturais

**Diagramação:** Daphynny Pamplona  
**Correção:** Yaidy Paola Martinez  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisão:** Os autores  
**Organizador:** Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

P214 O papel fundamental da química entre as ciências naturais /  
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 978-65-5983-950-6

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.506222202>

1. Química. 2. Ciências naturais. I. Paniagua, Cleiseano  
Emanuel da Silva (Organizador). 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](http://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: “O papel fundamental da química entre as ciências naturais” apresenta vinte e sete capítulos de livros que foram organizados em quatro temáticas: *i)* química e sociedade: em busca da ressignificação e contextualização do processo de ensino-aprendizagem; *ii)* química orgânica e de produtos naturais; *iii)* síntese, caracterização e avaliação de materiais nanoestruturados e *iv)* química e remediação ambiental.

O primeiro tema é constituído por doze capítulos que procuraram avaliar o processo de ressignificação e contextualização do ensino de química a partir: *i)* da percepção dos estudantes em relação ao consumo de água; *ii)* o ensino de química por meio de projetos; *iii)* a visão do aluno em relação ao processo de aprendizagem; *iv)* utilização de recursos tecnológicos e midiáticos como ferramentas facilitadoras no processo de aprendizagem; e *v)* utilização de materiais alternativos para a experimentação no ensino de química.

O segundo tema possui seis capítulos que procuraram avaliar o desempenho de novas substâncias químicas com inúmeras propriedades biológicas, entre as quais: a redução do número de larvas do mosquito *Aedes Aegypti*, bem como propriedades anti-inflamatória, antimicrobiana entre outras de interesse biológica. O terceiro tema é constituído por três capítulos que investigaram a síntese de nanopartículas de polianilina para composição de tintas utilizadas na impressão e do mineral hidroxiapatita. Por fim, o último tema é composto por seis capítulos que investigaram a remediação ambiental que se utilizou de resíduos de biomassa para remoção de metais pesados, a síntese de nanopartículas de sílica para a remoção de  $Ba^{2+}$  em matrizes aquosas, remediação de efluente contaminado com cádmio e chumbo e a aplicação de diferentes Processos Oxidativos Avançados para remoção de contaminantes.

Nesta perspectiva, a Atena Editora vem trabalhando com o intuito de estimular e incentivar os pesquisadores brasileiros e de outros países a publicarem seus trabalhos com garantia de qualidade e excelência em forma de livros, capítulos de livros e artigos que são disponibilizados de forma gratuita no site da Editora e em outras plataformas digitais.

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### **QUÍMICA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE: UMA ABORDAGEM SOBRE O LIXO**

Kalebe Pinheiro Ramos  
Alice Pantoja Trindade  
Brennda Monteiro Gama  
Fabricia Oliveira da Silva  
Laura Cristina Ponte Moraes  
Mateus de Jesus Silva Matos  
Ruan Brandão Quintela  
Yasmim Cristini Ribeiro dos Santos  
Filipe dos Anjos Queiroz  
Francisco Diniz da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5062222021>

### **CAPÍTULO 2..... 10**

#### **CARACTERIZAÇÃO DE OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS NA CONCEPÇÃO DE LICENCIANDOS EM QUÍMICA QUE DIFICULTAM O DESENVOLVIMENTO DO CONHECIMENTO PROFISSIONAL DOCENTE**

Graziele Borges de Oliveira Pena  
Nyuara Araújo da Silva Mesquita

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5062222022>

### **CAPÍTULO 3..... 34**

#### **A QUÍMICA E O USO CONSCIENTE DA ÁGUA: PERCEPÇÕES DE ESTUDANTES DO ENSINO MÉDIO DE ESCOLA DA REDE PÚBLICA DO MUNICÍPIO DE OLIVEIRA - MG**

Luísa Resende Lobato de Almeida  
Carlos Alexandre Vieira  
Alexandre Fernando da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5062222023>

### **CAPÍTULO 4..... 42**

#### **CONTRIBUIÇÕES PEDAGÓGICAS DAS METODOLOGIAS DE PROJETOS NO ENSINO DE QUÍMICA**

Luiz Gabriel Araújo da Fonseca  
Maria Fabiana Sousa Rosa  
Ronilson Freitas de Sousa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5062222024>

### **CAPÍTULO 5..... 52**

#### **ENSINO DE QUÍMICA: INVESTIGAÇÃO DAS CONCEPÇÕES DE APRENDIZADO SEGUNDO A VISÃO DOS ALUNOS**

Alan Stampini Benhame de Castro  
Hauster Maximiler Campos de Paula  
Cristiana Resende Marcelo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5062222025>

**CAPÍTULO 6..... 70**

**CONSTRUÇÃO DE JOGOS LÚDICOS E BRINQUEDOS A PARTIR DE GARRAFAS PET'S:  
UM PROJETO DE AÇÃO EM UMA ESCOLA MUNICIPAL DE PARINTINS, AM**

Clailson Lopes dos Santos  
Gabriela Rodrigues Conceição  
Ivan Souza Tavares  
Pedro Campelo de Assis Junior  
Raymara Fonseca dos Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5062222026>

**CAPÍTULO 7..... 80**

**CONSTRUÇÃO DE UM KIT ALTERNATIVO PARA TITULAÇÃO ÁCIDO-BASE**

Adriano Olímpio da Silva  
Regiane Auzier Coelho  
Valeria Lopes Amorim  
Luciane Lasle Cordeiro da Silva  
Rosângela da Silva Lopes  
Aline Alves dos Santos Naujorks

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5062222027>

**CAPÍTULO 8..... 89**

**INSTRUMENTOS ALTERNATIVOS PARA AULAS PRÁTICAS DE QUÍMICA NO ENSINO  
REMOTO**

Alcy Favacho Ribeiro  
Anderson Rogério Beltrão Franco  
Geane da Silva de Souza  
Karla do Socorro Ramos Gatinho  
Natasha de Jesus Sousa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5062222028>

**CAPÍTULO 9..... 100**

**APLICAÇÃO DO CONTEÚDO DE RADIOATIVIDADE E SUA INTERDISCIPLINARIDADE  
ATRAVÉS DE UM JOGO LÚDICO NO ENSINO REMOTO**

Celine Eveli Teixeira de Barros  
Yasmim dos Santos Barros  
Alexsandro Sozar Martins  
Ana Rosa Carriço de Lima Montenegro Duarte  
Kelly das Graças Fernandes Dantas

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5062222029>

**CAPÍTULO 10..... 107**

**O USO DE MÁSCARAS COMO TEMA PARA AULA DE GASES E DIVULGAÇÃO  
CIENTÍFICA NO CONTEXTO DA PANDEMIA DE COVID-19**

Igor Andrade Ribeiro  
Poliane Moreira Pereira  
André Luigi Soares de Souza  
Matheus Conceição Jacaúna

Rosenir Xavier Tavares  
Jackson Guerreiro de Almeida  
Crisquelen Guimarães de Souza  
José Nilton Almeida da Silva Filho  
Alex Izuka Zanelato  
Ataiany dos Santos Veloso Marques

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.50622220210>

**CAPÍTULO 11..... 111**

**O ENSINO DE CHUVA ÁCIDA POR MEIO DE MÍDIAS DIGITAIS**

Alice Pantoja Trindade  
Brennda Monteiro Gama  
Fabricia Oliveira da Silva  
Kalebe Pinheiro Ramos  
Laura Cristina Ponte Moraes  
Mateus de Jesus Silva Matos  
Ruan Brandão Quintela  
Yasmim Cristini Ribeiro dos Santos  
Filipe dos Anjos Queiroz  
Francisco Diniz da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.50622220211>

**CAPÍTULO 12..... 119**

**O ENSINO DE ESTEQUIOMETRIA POR MEIO DE JOGOS E SIMULADORES DIGITAIS**

Fabricia Oliveira da Silva  
Alice Pantoja Trindade  
Brennda Monteiro Gama  
Kalebe Pinheiro Ramos  
Laura Cristina Ponte Moraes  
Mateus de Jesus Silva Matos  
Ruan Brandão Quintela  
Yasmim Cristini Ribeiro dos Santos  
Filipe dos Anjos Queiroz  
Francisco Diniz da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.50622220212>

**CAPÍTULO 13..... 126**

**DESENVOLVIMENTO DE UM CARBOIDRATO CONTENDO UMA UNIDADE ACEPTORA DE MICHAEL APLICADO NO COMBATE ÀS LARVAS DO MOSQUITO AEDES AEGYPTI**

Herbert Igor Rodrigues de Medeiros  
Rodrigo Ribeiro Alves Caiana  
Rayane de Oliveira Silva  
Jonh Anderson Macêdo Santos  
Cláudia Laís Araújo Almeida Santos  
Juliano Carlo Rufino de Freitas

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.50622220213>

**CAPÍTULO 14..... 138**

**MOLECULAR INTERACTION PROFILES OF SOLIDAGENONE WITH INFLAMMATORY MARKERS**

Simone Sacramento Valverde  
Bruna Celeida Silva Santos  
Temistocles Barroso de Oliveira  
Orlando Vieira de Sousa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.50622220214>

**CAPÍTULO 15..... 146**

**ATIVIDADE ANTIMICROBIANA DE SUBSTÂNCIAS ISOLADAS DE *Usnea steineri* FRENTE A FITOPATÓGENOS**

Lucas Silva Cintra  
Marcos Gomide Tozatti  
Maria Anita Lemos Vasconcelos  
Carlos Henrique Gomes Martins  
Márcio Luis Andrade e Silva  
Ana Helena Januário  
Patricia Mendonça Pauletti  
Wilson Roberto Cunha

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.50622220215>

**CAPÍTULO 16..... 160**

**USO DE PROCESSOS MULTICOMPONENTES NA SÍNTESE DE NOVOS PEPTOIDES DE INTERESSE BIOLÓGICO**

Paulo Marcos Donate  
Mike Gustavo Coelho

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.50622220216>

**CAPÍTULO 17..... 172**

**REAÇÃO DE DEBUS-RADZISZEWSKI – RELEVANTE METODOLOGIA PARA A SÍNTESE DE 1,3-IMIDAZÓIS E 1,3-OXAZÓIS**

Sidney Silva Simplicio  
Victória Laysna dos Anjos Santos  
Cristiane Costa Lima  
Matheus Vieira Castro  
Arlan de Assis Gonsalves  
Cleônia Roberta Melo Araújo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.50622220217>

**CAPÍTULO 18..... 189**

**ATUAÇÃO DOS NEUROTRANSMISSORES NO COMBATE À ANSIEDADE NO CENÁRIO DA PANDEMIA**

Wallyson Oliveira de Sousa  
Danilo Batistuta da Silva Lopes  
Alexsandro Sozar Martins  
Ana Rosa Carriço de Lima Montenegro Duarte

Kelly das Graças Fernandes Dantas

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.50622220218>

**CAPÍTULO 19..... 196**

**ANÁLISE DE FATORES QUE MELHORAM O ÍNDICE DE FLUIDEZ EM POLIPROPILENO**

Juliano Antonio Frizzo

Andrei Goldbach

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.50622220219>

**CAPÍTULO 20..... 204**

**SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE NANOPARTÍCULAS DE POLIANILINA PARA USO EM TINTAS DE IMPRESSÃO**

Cristiane Krause Santin

Manuela Arend Prediger

Tatiana Louise Avila de Campos Rocha

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.50622220220>

**CAPÍTULO 21..... 211**

**AVALIAÇÃO DA ROTA DE SÍNTESE PARA OBTENÇÃO DE HIDROXIAPATITA NANOESTRUTURADA**

Thaíla Gomes Moreira

Kaline Melo de Souto Viana

Amanda Melissa Damião Leite

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.50622220221>

**CAPÍTULO 22..... 218**

**MONITORAMENTO DE RESÍDUOS DE ANTIBIÓTICOS EM LEITE PRODUZIDOS EM SERGIPE E COMERCIALIZADO NA CIDADE DE ARACAJU**

Gislaine Santos Santana Leal

Adalberto Menezes Filho

Antônio Sérgio Oliveira dos Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.50622220222>

**CAPÍTULO 23..... 228**

**REMOÇÃO DE METAL PESADO POR BIOMASSA OBTIDA A PARTIR DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE BIOETANOL**

Helder Lopes Vasconcelos

Isamara Godoi

Divair Christ

Débora Danielle Virginio Silva

Maria das Graças Almeida Felipe

Luciane Sene

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.50622220223>

**CAPÍTULO 24..... 239**

**SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE NANOPARTÍCULAS MAGNÉTICAS DE SÍLICA**

## MESOPOROSA PARA REMOÇÃO DE Ba<sup>2+</sup> DE MEIO AQUOSO

Daniel Walker Tondo  
Caroline Mayara Meurer Reolon  
Renata Mello Giona  
Alessandro Bail

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.50622220224>

### **CAPÍTULO 25.....252**

#### **REMEDIAÇÃO DE EFLUENTE CONTAMINADO COM CÁDMIO E CHUMBO: UMA ABORDAGEM ECO AMIGÁVEL**

Ana Lúcia Eufrazio Romão  
Katiany do Vale Abreu  
Dalila Maria Barbosa Davi  
Maria Roniele Félix Oliveira  
Carlos Emanuel Carvalho Magalhães  
Carlucio Roberto Alves

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.50622220225>

### **CAPÍTULO 26.....265**

#### **DETECÇÃO, QUANTIFICAÇÃO E DEGRADAÇÃO EMPREGANDO DIFERENTES PROCESSOS OXIDATIVOS AVANÇADOS PARA REMOÇÃO DOS FÁRMACOS GEMFIBROZIL, HIDROCLOROTIAZIDA E NAPROXENO EM DIFERENTES MATRIZES AQUOSAS**

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.50622220226>

### **CAPÍTULO 27.....280**

#### **PROCESSO FOTO-FENTON E FOTO-FENTON SOLAR: FUNDAMENTOS, APLICAÇÃO E PANORAMA CIENTÍFICO**

Aline Aparecida Carvalho França  
Carlos Ernando da Silva  
Leonardo Madeira Martins  
Ludyane Nascimento Costa  
Gabriel e Silva Sales  
Felipe Pereira da Silva Santos  
Ana Karina Borges Costa  
Kerlane Alves Fernandes  
José Milton Elias de Matos  
José Luiz Silva Sá

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.50622220227>

### **SOBRE O ORGANIZADOR.....295**

### **ÍNDICE REMISSIVO.....296**

## REMEDIAÇÃO DE EFLUENTE CONTAMINADO COM CÁDMIO E CHUMBO: UMA ABORDAGEM ECO AMIGÁVEL

Data de aceite: 01/02/2022

Data de submissão: 19/11/2021

### Ana Lúcia Eufrázio Romão

Universidade Estadual do Ceará, Departamento de Ciência e Tecnologia, Fortaleza- Ceará  
Currículo Lattes - <http://lattes.cnpq.br/5262784392862851>

### Katiany do Vale Abreu

Universidade Estadual do Ceará, Departamento de Ciência e Tecnologia, Fortaleza- Ceará  
<http://lattes.cnpq.br/0813972202761743>

### Dalila Maria Barbosa Davi

Universidade Estadual do Ceará, Departamento de Ciência e Tecnologia, Fortaleza- Ceará  
<http://lattes.cnpq.br/8792013662423315>

### Maria Roniele Félix Oliveira

Universidade Estadual do Ceará, Departamento de Ciência e Tecnologia, Fortaleza- Ceará  
<http://lattes.cnpq.br/8054284820672761>

### Carlos Emanuel Carvalho Magalhães

Universidade Estadual do Ceará, Departamento de Ciência e Tecnologia, Fortaleza- Ceará  
<http://lattes.cnpq.br/9154043780436433>

### Carlucio Roberto Alves

Universidade Estadual do Ceará, Departamento de Ciência e Tecnologia, Fortaleza- Ceará  
<http://lattes.cnpq.br/0937331784886630>

**RESUMO:** No presente estudo avaliou-se, através de ensaios em batelada, com efluente sintético,

a viabilidade do uso da biomassa do bambu (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*) como material adsorvente de baixo custo para tratamento de metais pesados na indústria petroquímica. Nesse intuito, estudou-se o ponto de carga zero ( $\text{pH}_{\text{PCZ}}$ ), efeito do pH, isotermas e cinética de adsorção. A análise dos dados permitiram inferir que não há diferenças significativas na taxa de adsorção entre a faixa de pH estudada. O  $\text{pH}_{\text{PCZ}}$  foi determinado em 5,5. Os modelos teóricos que melhor se ajustam aos dados experimentais de adsorção foram a equação de pseudosegunda ordem e a isoterma de Freundlich. A capacidade máxima de adsorção do biossorvente para o cádmio ficou determinada em torno de 36,01  $\text{mg.g}^{-1}$  e 31,047  $\text{mg.g}^{-1}$  para o chumbo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Biossorvente, biossorção, bambu, metais pesados, petróleo.

### REMEDICATION OF EFFLUENT CONTAMINATED WITH CADMIUM AND LEAD: AN ECO-FRIENDLY APPROACH

**ABSTRACT:** The present study, the feasibility of using bamboo biomass (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*) as a low-cost adsorbent material for the treatment of heavy metals in the petrochemical industry was evaluated through batch tests with synthetic effluent. For this purpose, the zero charge point ( $\text{pH}_{\text{PCZ}}$ ), pH effect, isotherms and adsorption kinetics were studied. Data analysis allowed us to infer that there are no differences in the adsorption rate between the pH range studied. The  $\text{pH}_{\text{PCZ}}$  was determined to be 5.5. The theoretical models that best fit the experimental adsorption data were the pseudosecond order

equation and the Freundlich isotherm. A maximum adsorption capacity of the biosorbent for cadmium was around 36.01 mg.g<sup>-1</sup> and 31.047 mg.g<sup>-1</sup> for lead.

**KEYWORDS:** Biosorbent, biosorption, bamboo, heavy metals, petroleum.

## 1 | INTRODUÇÃO

Devido ao avanço industrial a acumulação de metais pesados no meio ambiente, sobremaneira no solo e água, tornou-se um problema ambiental importante. Este tipo de material tóxico é encontrado nos resíduos da indústria textil, mineração, curtumes, galvanoplastia e da indústria eletrônica e petroquímica, bem como decorrentes do uso de pesticidas, fertilizantes, dentre outros. Além dos danos ambientais, contaminação dos solos e corpos d'água, os metais pesados fazem parte da classe de poluentes persistentes e bioacumulativos com potencial para causar severos danos à saúde humana (SOARES, 2017).

No segmento da indústria, o setor petrolífero é, potencialmente, um dos maiores geradores de contaminação dos recursos hídricos sendo durante o refino que ocorre a maior geração de efluente. Cada refinaria é projetada de acordo com o tipo de óleo que irá processar, as operações que irá realizar e cada uma delas produzirá emissões díspares quantitativamente e qualitativamente. Contudo, alguns elementos são encontrados em todos os efluentes. Nas emissões é corrente a presença de compostos sulfurados, nitrogenados, metais pesados, uma infinidade de hidrocarbonetos, dentre outros. Nesses efluentes podem ser encontrados: chumbo, ferro, cádmio e cobre. Estes elementos e outras substâncias variam em quantidade, a depender da qualidade do óleo e será proporcional à quantidade de petróleo processado (MARIANO, 2001; MONTEIRO et al., 2009).

A Lubnor, Refinaria Lubrificantes e Derivados do Nordeste, por exemplo, processa diariamente cerca de 9,5 mil barris de petróleo. Deste total, 50% é destinado à produção de asfalto, cerca de 15% à obtenção de lubrificantes naftênicos e 35% à produção de derivados variados. Totalizando, em 2015, uma produção de 200 mil toneladas de asfalto e 57 mil m<sup>3</sup> de lubrificantes naftênicos (PETROBRÁS, 2016). As águas produzidas nesses processos precisam receber tratamento afim de que possam descartadas nos corpos receptores e estarem de acordo com a legislação vigente.

Atualmente, a indústria emprega diversos tipos de tratamento de efluentes, tais como os lodos ativados, processos de floculação ou biológicos, sedimentação e coagulação, dentre outros. Contudo esses métodos, além de não removerem completamente os contaminantes, os equipamentos utilizados nas técnicas são de alto custo, bem como, consomem bastante energia elétrica e reagentes. Nesse cenário a adsorção de metais, principalmente usando biomassa como adsorvente, desponta como promissor método alternativo de remediação, não somente porque o Brasil produz diversos subprodutos agroindustriais que normalmente seriam descartados e representam uma solução menos

onerosa e eficiente, mas também por se tratar de matéria prima renovável e biodegradável (FRANCO; CASTRO; WALTER, 2015).

A utilização da biomassa residual como material adsorvente atende ao apelo por uso de técnicas que favoreçam o desenvolvimento sustentável. Logo, o bambu é uma excelente fonte de biomassa já que é uma gramínea perene, com boa produtividade e sem necessidade de replantio. No mundo existem 1.439 espécies de bambus, distribuídas em 116 gêneros. No leste da Ásia é utilizado na fabricação de casas, ferramentas agrícolas, artesanato e móveis. O Brasil, embora seja o país da América Latina com a maior diversidade de espécies, não tem tradição de cultivo e exploração do bambu como matéria prima (VALE; MOREIRA; MARTINS, 2017).

Contudo, em 08 de setembro de 2011, foi sancionada a Lei de nº 12.484, que institui a Política Nacional de Incentivo ao Manejo Sustentado e ao Cultivo do Bambu (PNMCB), que tem por objetivo o desenvolvimento da cultura do bambu no País por meio de ações governamentais e de empreendimentos privados (BRASIL, 2011). A lei busca posicionar o cultivo dessa gramínea como uma cultura importante para o desenvolvimento econômico e social do país. Espera-se, portanto, o aumento na produção e uso desse material nos setores da construção civil, moveleiro, indústria papelreira e outras, bem como o incremento na produção deste resíduo agroindustrial.

Com a realização do presente trabalho pretendeu-se avaliar, através de estudo em batelada e utilizando efluente sintético, a viabilidade do uso da biomassa do bambu (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*) como material adsorvente de baixo custo para uso no tratamento de metais pesados na indústria petroquímica.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Na realização dos ensaios descritos nesse trabalho foi utilizada biomassa *in natura* obtida a partir do colmo de bambu da espécie *Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*.

Os colmos secos naturalmente foram recolhidos no jardim da Universidade Estadual do Ceará, campus Itaperi. O material foi lavado com água destilada e seco à temperatura ambiente, em seguida foi triturado em moinho de facas tipo Willye Star FT80 da Fortinox. O material foi peneirado em peneira granulométrica da marca Betel. A granulação da biomassa utilizada no ensaio apresentava mesh menor que 32 e maior que 48.

Todos os produtos químicos utilizados neste estudo enquadram-se na categoria de reagente de grau analítico e utilizou-se água deionizada em todos os experimentos. As soluções metálicas de Cd e Pb foram preparadas a partir dos  $\text{CdSO}_4 \cdot 8/3\text{H}_2\text{O}$  (Dinâmica 99%) e  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  (Vetec, 99%). Os ensaios de adsorção foram realizados em triplicata, por método de batelada em encubadora Shaker Marconi modelo MA-420 a temperatura constante de 28 °C e agitação de 200 rotações por minutos (RPM). Em todos os ensaios utilizou-se a massa de 5,0 g de adsorvente por litro de solução. As determinações das

concentrações residuais foram realizadas a partir das análises espectrométricas em espectrofotômetro de absorção atômica SHIMADZU modelo AA-7000.

## 2.1 Ponto de carga zero (pHPCZ).

Para a análise do  $pH_{PCZ}$  trabalhou-se nesse ensaio com soluções aquosas com pH variando entre 2 a 9 (intervalo de 1 ponto entre eles). As soluções aquosas de cloreto de sódio 0,1 mol/L foram preparadas com NaCl da Synth (99%) e para ajuste do pH utilizou-se solução de ácido clorídrico (HCl, Dinâmica, 36%) e hidróxido de sódio (NaOH, Dinâmica, 97%) ambos em concentração de 0,05 mol/L. Às soluções foram adicionadas 250 mg do adsorvente e em seguida colocadas em mesa agitadora nas condições anteriormente descritas. Decorridas 24 h de ensaio as soluções foram filtradas e o pH final da solução anotado. Os experimentos foram realizados em triplicata.

O pHPCZ é o parâmetro que prediz o valor de pH no qual um sólido apresenta em sua superfície carga eletricamente nula, ou seja, a quantidade de carga positiva e negativa são numericamente iguais. Então, em soluções com pH abaixo do pHPCZ a superfície do material adsorvente estará carregada positivamente e acima deste ponto a superfície estará carregada negativamente. A análise do pHPCZ permite inferir que tipo de partícula (aniônica ou catiônica) o material avaliado irá adsorver (DA SILVA et al., 2018; GIACOMNI et al., 2017; SOUZA NETO, 2012).

O ponto de carga corresponde à faixa na qual o pH da solução entra em equilíbrio e se mantém constante, independentemente do pH inicial.

## 2.2 Estudo do efeito do pH

No presente estudo avaliou-se o efeito do pH na faixa que varia entre 5,5, considerando-se que este pH foi determinado como o ponto de carga zero, e 6,5, já que acima deste ponto ocorre a precipitação de ambos os metais.

Utilizou-se 0,25 g de biomassa natural para cada 50 mL de solução monoelementar de Cd e Pb a 100 ppm. As soluções foram mantidas em incubadora do tipo Shaker por 4 horas a condições constantes (agitação de 200 RPM e 28 °C). Transcorrido o período determinado foram recolhidas amostra e analisadas por espectrofotometria de absorção atômica.

O pH é um dos fatores que podem influenciar no processo de adsorção ou dessorção de metais, portanto, é de suma importância determinar em qual pH a adsorção ocorre mais eficientemente (GONZÁLEZ; PLIEGO-CUERVO, 2014).

## 2.3 Isotermas de adsorção

Para a isoterma de adsorção utilizou-se 50 mL solução sintética monoelementar, em pH 5,5, nas concentrações de 50, 100, 150, 200, 250, 300 ppm e para ambos os íons. A experimentação foi conduzida utilizando-se 0,25 g de adsorvente para cada 50 mL de solução. O ensaio foi mantido por 4 h em incubadora (Shaker) em condições constantes

(agitação a 200 RPM e 28 °C). Decorrido período de ensaio as concentrações finais foram determinadas por espectrofotometria de absorção atômica.

Isotermas de adsorção são equações matemáticas que descrevem o fenômeno de adsorção de um soluto através de um sólido, em termos quantitativos e a temperaturas constantes. A isoterma de adsorção determina a quantidade de determinado soluto adsorvida na superfície do adsorvente, em razão da concentração de equilíbrio do soluto (NASCIMENTO et al., 2014).

Conforme a teoria proposta por Langmuir, os sólidos apresentam uma superfície recoberta de uma série de sítios passíveis de serem ocupados por moléculas do adsorbato. Esse modelo ainda presume que não há interação entre as moléculas adsorvidas, que as energias dos sítios são equivalentes, tampouco há transposição das moléculas adsorvidas de um sítio para outro. O processo de adsorção cessa quando todos os sítios são ocupados formando uma monocamada. A equação correspondente à *isoterma de Langmuir* é

$$q = \frac{q_{max}K_L C_e}{1+K_L C_e} \quad (01)$$

Onde:

$q$ : quantidade do soluto adsorvido por grama de adsorvente no equilíbrio (mg g<sup>-1</sup>);

$q_{max}$ : capacidade máxima de adsorção (em mg g<sup>-1</sup>);

$K_L$ : constante de interação adsorbato/adsorvente (L mg<sup>-1</sup>);

$C_e$ : concentração do adsorbato no equilíbrio (mg L<sup>-1</sup>).

Na hipótese de haver a formação de multicamadas a isoterma de adsorção de Freundlich, é mais indicada, já que descreve um comportamento de uma adsorção heterogênea e, nesse caso, a energia dos sítios de adsorção se distribui exponencialmente. A isoterma de *Freundlich* corresponde a uma equação do tipo:

$$q_e = K_f C_e^{1/n} \quad (02)$$

A linearização da equação de Freundlich ocorre quando aplicamos logaritmos de base 10 em ambos os lados da equação,

$$\log q_e = \log K_f + \frac{1}{n} \log C_e \quad (03)$$

Onde:

$q_e$ : quantidade do soluto adsorvido (mg g<sup>-1</sup>);

$K_f$ : Constante de capacidade de adsorção de Freundlich (mg<sup>-1-(1/n)</sup> (g-1) L<sup>1/n</sup>).

1/n: constante relacionada à heterogeneidade da superfície;

$C_e$ : concentração de equilíbrio em solução (mg L<sup>-1</sup>)

## 2.4 Cinética de adsorção

O estudo cinético para determinar o tempo necessário para o sistema atingir as condições de equilíbrio foi realizado através do processo em batelada. Em cada solução monoelementar (50 mL a 100 ppm de  $\text{Cd}^{2+}$  e 50 mL a 100 ppm de  $\text{Pb}^{2+}$ ), foi adicionado 0,25 g de biomassa. O pH das soluções foram previamente ajustados para 5,5 (conforme  $\text{pH}_{\text{pcz}}$ ) e o sistema mantido por 12 horas em condições constante (agitação a 200 RPM e 28 °C). Durante o ensaio, nos intervalos de 5, 10, 15, 30, 60, 120, 180, 360, 540 e 720 minutos, foram retiradas, de cada reator, alíquotas para determinação da concentração de íons residuais em solução. As análises das amostras foram realizadas por espectrofotometria por absorção atômica.

Neste estudo foram utilizados os modelos cinéticos de pseudoprimeira ordem e pseudossegrunda ordem para interpretar os dados experimentais e na determinação do mecanismo que controla o processo de adsorção (transferência de massa na solução e reação química). O mecanismo de reação é revelado através dos dados cinéticos. Sendo o coeficiente angular de cada equação cinética o dado elementar na interpretação do mecanismo de adsorção do metal na fase sólida (NASCIMENTO *et al.*, 2014; SPINELLI *et al.*, 2005).

A equação de pseudoprimeira ordem é apresentada pela equação 1.

$$\frac{dq_t}{dt} = k_1(q_e - q_t) \quad (04)$$

Onde:

$k_1$  é a constante da taxa de adsorção pseudoprimeira ordem ( $\text{min}^{-1}$ )

$q_e$  e  $q_t$  são as quantidades adsorvidas por grama de adsorvente no equilíbrio e no tempo  $t$  respectivamente ( $\text{mg g}^{-1}$ ).

Depois da integração da equação 1, e aplicando as condições que  $qt=0$ ,  $t=0$  e  $qt=q_t$  a  $t=t$ , a equação 1 transforma-se na equação (05):

$$\ln(q_e - q_t) = \ln q_e - k_1 t \quad (05)$$

O valor de  $k_1$  pode ser determinado através do gráfico de  $\ln(q_e - q_t)$  versus  $t$ .

A equação de pseudossegrunda ordem pode ser expressa pela equação:

$$\frac{dq_t}{dt} = k_2(q_e - q_t)^2 \quad (06)$$

Onde:

$k_2$  é a constante da taxa de adsorção de pseudossegrunda ordem ( $\text{g mg}^{-1} \text{min}^{-1}$ ).

Fazendo a integração da equação (06) e aplicando as condições iniciais, tem-se :

$$\frac{1}{(q_e - q_t)} = \frac{1}{q_e} + k_2 t \quad (07)$$

Obtêm-se os valores de  $q_e$  e  $k_2$  através do intercepto e da inclinação da curva apresentada no gráfico ( $t/q_t$ ) versus  $t$ . Na plotagem de ( $t/q_t$ ) versus  $t$ , uma relação linear próxima a 1,0 descreve um modelo cinético de pseudossegunda ordem.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Ponto de carga zero (pHPCZ)

De acordo com os dados (gráfico 1.) o ponto de carga na qual o pH da solução estudada entra em equilíbrio e se mantém constante foi determinado na faixa de 5,5.

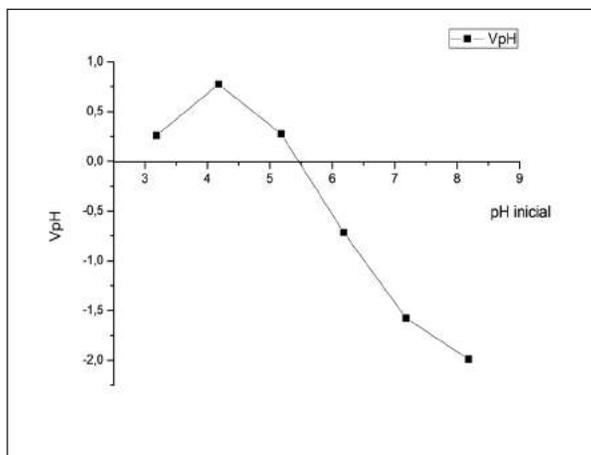


Gráfico 1. Potencial de Carga Zero.

Logo, a faixa de pH de interesse para a adsorção dos metais utilizados nesse trabalho situa-se acima de 5,5. Em soluções com pH acima do pHPCZ a superfície do material adsorvente estará carregada negativamente estando propensa a adsorção de partículas catiônicas tais como o  $\text{Cd}^{2+}$  e  $\text{Pb}^{2+}$ .

#### 3.2 Efeito do pH

Os dados do estudo de pH foram analisados pelo método Anova conforme mostra tabela 1.

Bambu - chumbo					
	SQ	GL	MQ	F <sub>calc</sub>	F <sub>crítico</sub>
SQF	28,04	1	28,04	0,241	7,708
SQE	698,24	6	116,37		
SQT	726,27	5	145,25		
Bambu – cádmio					
	SQ	GL	MQ	F <sub>calc</sub>	F <sub>crítico</sub>
SQF	13,65	1	13,65	0,227	6,61
SQE	360,85	6	60,14		
SQT	374,50	5	74,90		

Tabela 1. Análises dos dados métodos ANOVA.

A análises dos dados permitiram inferir que não há diferenças significativas na taxa de adsorção entre a faixa de pH estudada. Então, optou-se por trabalhar com soluções com o pH em 5,5 pela menor possibilidade de precipitação dos metais avaliados neste pH.

### 3.3 Isotermas de adsorção

As isotermas de adsorção dos íons  $\text{Cd}^{2+}$  e  $\text{Pb}^{2+}$  da biomassa de bambu *in natura*, podem ser observadas a partir dos gráficos 1 e 2. Os valores obtidos experimentalmente e as curvas alcançadas a partir dos valores estimados pelos modelos de Langmuir e Freundlich revelam que a afinidade de adsorção da biomassa aumenta com o aumento da concentração dos íons.

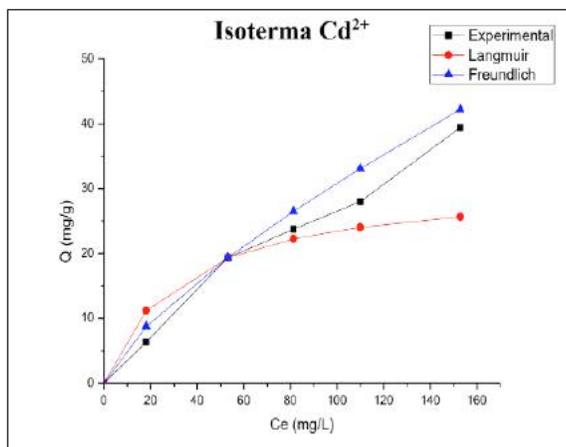


Gráfico 2. Isoterma de adsorção p/ cádmio.

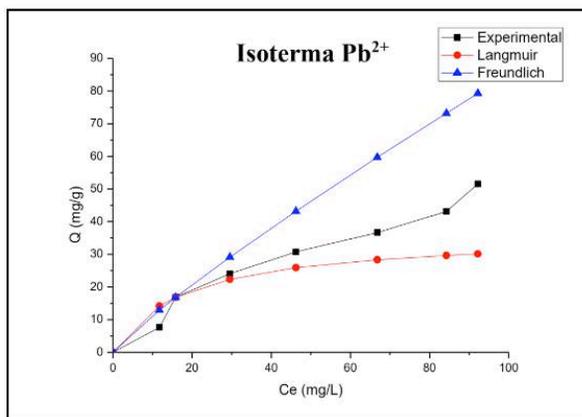


Gráfico 3. Isotherma de adsorção p/ chumbo.

Os modelos de isothermas, Langmuir e Freundlich, usados na interpretação dos resultados do presente experimento revelaram que o modelo que melhor se ajusta aos dados experimentais de adsorção obtidos para as soluções de  $\text{Cd}^{2+}$   $\text{Pb}^{2+}$  (conforme tabela 3.) foi a isoterma de Freundlich para ambos os metais.

Langmuir		
Parâmetro	Pb	Cd
Qm (mg g <sup>-1</sup> )	31,047	36,012
KL(mol L <sup>-1</sup> )	0,031	0,055
R <sup>2</sup>	0,86	0,88
Freundlich		
Parâmetro	Pb	Cd
1/n	0,739	0,88
KF (mol L <sup>-1</sup> )	1,027	1,479
R <sup>2</sup>	0,97	0,92

Tabela 2. Parâmetros dos modelos de Langmuir e Freundlich ajustados aos dados experimentais.

De acordo com os dados experimentais a capacidade máxima de adsorção da biomassa do bambu in natura para o cádmio gira em torno de 36 mg g<sup>-1</sup> e 31,047 mg g<sup>-1</sup> para o chumbo. Farajzadeh e Monji (2004), utilizando farelo de trigo como adsorvente in natura, estudaram a adsorção dos cátions  $\text{Cr}^{2+}$ ,  $\text{Hg}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$  e  $\text{Ni}^{2+}$ . Os autores concluíram que a capacidade de adsorção dos cátions pelo do trigo, exceto para o  $\text{Ni}^{2+}$ , foi relativamente alta. Para o  $\text{Cd}^{2+}$  e  $\text{Pb}^{2+}$  a capacidade máxima determinada ficou ao redor de 24,2 e 63,9 mg g<sup>-1</sup> respectivamente. Logo, os dados encontrados para o cádmio dialogam com os dados da literatura. Contudo, demonstrando melhor capacidade de adsorção que o farelo do trigo in natura.

### 3.4 Cinética de adsorção

Os resultados encontrados nos estudos cinéticos revelaram, através da correlação linear de ambos os modelos ( $R^2$ ), que equação de pseudossegunda ordem forneceu os melhores ajustes dos dados experimentais. Conforme a tabela 4 e os gráficos 4 e 5:

Pseudoprimeira Ordem		
	Chumbo	Cádmio
K1	0,001	0,002
Qe (Cal)	0,608	0,111
R <sup>2</sup>	0,088	0,54

Pseudossegunda Ordem		
	Chumbo	Cádmio
K2	0,108	0,08
Qe (Calc)	1,69	0,92
R <sup>2</sup>	0,98	0,99

Tabela 4. Parâmetros dos modelos cinéticos ajustados aos dados experimentais.

A equação pseudossegunda ordem indica, conseqüentemente, que o controle do mecanismo de velocidade é a adsorção química (reação química). Este modelo prediz o comportamento cinético no decorrer de toda a faixa de tempo.

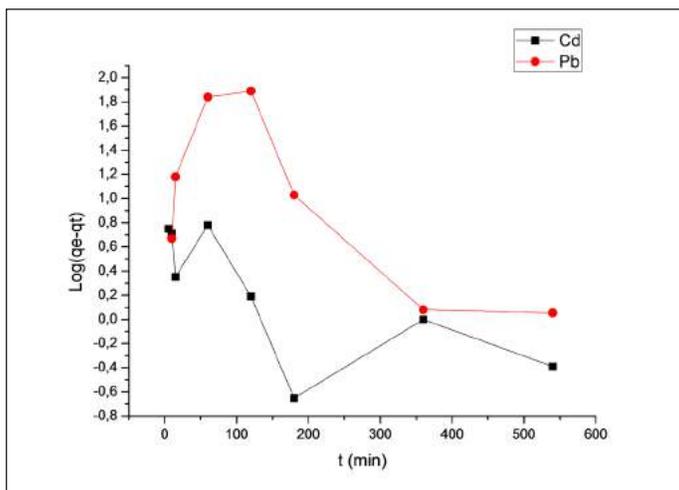


Gráfico 4. Modelo cinético ajustado à equação de pseudoprimeira ordem.

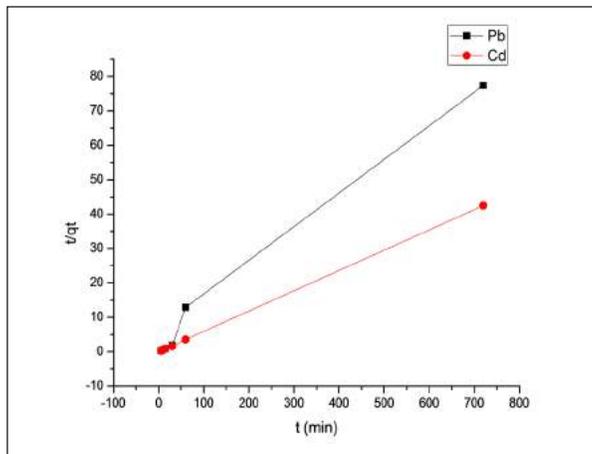


Gráfico 5. Modelo cinético ajustado a equação de pseudosegunda ordem.

É também possível considerar que a etapa limitante do processo de adsorção envolve forças de valência através do compartilhamento ou da troca de elétrons entre o adsorvente e o soluto e transferência de massa (MOHAN; SINGH; SINGH, 2006; characterized and utilized for Cr(III) VIJAYARAGHAVAN; PALANIVELU; VELAN, 2006; copper(II) AKSU, 2001).

#### 4 | CONCLUSÃO

Os resultados obtidos no presente ensaio permitiram prever que os modelos teóricos que melhor se ajustam aos dados experimentais de adsorção obtidos para as soluções de  $\text{Cd}^{2+}$  e  $\text{Pb}^{2+}$  foram a equação de pseudosegunda ordem e a isoterma de Freundlich. A capacidade máxima de adsorção da biomassa do bambu *in natura* para o cádmio ficou determinada em torno de  $36,01 \text{ mg g}^{-1}$  e  $31,047 \text{ mg g}^{-1}$  para o chumbo.

Os dados experimentais encontrados para o cádmio dialogam com os dados da literatura. Ficando demonstrado, entretanto, que a biomassa do bambu é mais eficiente na remoção desse metal em solução. Contudo o resultado para a adsorção do íon chumbo ficou abaixo do esperado. No entanto, vale ressaltar que a biomassa não sofreu nenhum pré-tratamento para uso no presente experimento.

Logo, o presente estudo de adsorção revelou que o uso da biomassa do bambu *in natura* como bioadsorvente empregado no tratamento de águas contaminadas com os íons metálicos cádmio e chumbo é bastante promissor, já que se trata de biomassa abundante, renovável, utilizada *in natura* e de baixo custo. Além disso é uma gramínea perene, com boa produtividade e sem necessidade de replantio.

## AGRADECIMENTOS

À Capes, UECE, ao Dr. Carlos Emanuel C. Magalhães, ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Naturais da Universidade Estadual do Ceará.

## REFERÊNCIAS

- AKSU, Z. **Equilibrium and kinetic modelling of cadmium(II) biosorption by *C. vulgaris* in a batch system: Effect of temperature**. Separation and Purification Technology, v. 21, n. 3, p. 285–294, 2001.
- BRASIL. **Política nacional de incentivo ao manejo sustentado e ao cultivo do bambu. Lei nº 12.484**. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 2011.
- DA SILVA, J. E.; RODRIGUES, F. I. L.; PACÍFICO, S. N.; SANTIAGO, L. F.; MUNIZ, C. R.; SARAIVA, G. D.; DO NASCIMENTO, R. F.; SOUSA NETO, V. O.; **Study of kinetics and adsorption equilibrium employing chemically modified coconut shell for the removal of Pb(II) from synthetic bath**. Revista Virtual de Química, v. 10, n. 5, p. 1248–1262, 2018.
- FARIA, M. R. G.; SOUSA, L. H.; SILVA NETO, C. M.; SILVA, G. A.; PRADO, R. S. **Avaliação da capacidade antifúngica de mel e geoprópolis de melipona quadrifasciata sobre candida albicans antifungal activity evaluation of melipona quadrifasciata honey and geopr...** Revista Eletrônica da Faculdade Evangélica de Ceres, v. 6, n. June, p. 446–452, 2017.
- FRANCO, C. C.; CASTRO, M. M. DE; WALTER, M. E. **Estudo das cascas de banana das variedades prata, caturra e maçã na biossorção de metais pesados gerados pelos efluentes dos laboratórios do centro universitário de Belo Horizonte**. e-xacta, v. 8, n. 1, 30 maio 2015.
- GIACOMNI, F.; MENEGAZZO, M. A. B.; DA SILVA, GOMES DA SILVA, M.; BORTOLUZZI DA SILVA, A.; BARROS, M. A. S. D.; **Importância da determinação do ponto de carga zero como característica de tingimento de fibras proteicas**. Revista Materia, v. 22, n. 2, 2017.
- GONZÁLEZ, P. G.; PLIEGO-CUERVO, Y. B. **Adsorption of Cd(II), Hg(II) and Zn(II) from aqueous solution using mesoporous activated carbon produced from Bambusa vulgaris striata**. Chemical Engineering Research and Design, v. 92, n. 11, p. 2715–2724, 1 nov. 2014.
- MARIANO, J. B. **Impactos ambientais do refino de petróleo**. 2001. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências em Planejamento Energético, Fortaleza, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2001.
- MOHAN, D.; SINGH, K. P.; SINGH, V. K. **Trivalent chromium removal from wastewater using low cost activated carbon derived from agricultural waste material and activated carbon fabric cloth**. Journal of Hazardous Materials, v. 135, n. 1–3, p. 280–295, 31 jul. 2006.
- MONTEIRO, J. P.; MAGRINI, A.; SZKLO, A. S.; NUNES, R. T. S.; **Gerenciamento de Água na Indústria de Refino de Petróleo e as Perspectivas de Reuso**. Meio Filtrante, v. 6, n. 29, 2009.
- NASCIMENTO, R. F.; MELO, D. Q.; LIMA, A. C. A.; BARROS, A. L.; IDAL, C. B.; RAULINO, G. S. C.; **Adsorção: aspectos teóricos e aplicações ambientais**. 1a. ed. Fortaleza: Imprensa Universitária da Universidade Federal do Ceará, 2014.

PETROBRÁS. **Refinaria Lubrificantes e Derivados do Nordeste (Lubnor) completa 50 anos.** <http://www.petrobras.com.br/fatos-e-dados/refinaria-lubrificantes-e-derivados-do-nordeste-lubnor-completa-50-anos.htm>. Acesso em 14 de fevereiro de 2016.

SOARES, M. D. A. **Desenvolvimento de um método de extração e pré-concentração em fluxo para determinação de Cádmio em amostras de interesse alimentício utilizando a palha do café como adsorvente.** 2017. 106 f. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal de Goiás, Catalão, 2017.

SOUZA NETO, V. S. **Modificação química da casca do coco bruto (Cocos Nucifera) para remoção de Cu(II) de efluente sintético e industrial: estudo de isoterma de adsorção, cinética e coluna de leito fixo.** 2012. 161 f. Tese (Doutorado em Engenharia Hidráulica e Ambiental) -Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.

SPINELLI, V. A.; LARANJEIRA, M. C. M.; FÁVERE, V.T.; KIMURA, I.; **Cinética e equilíbrio de adsorção dos oxianions Cr (VI), Mo (VI) e Se (VI) pelo sal de amônio quaternário de quitosana.** *Polímeros*, v. 15, n. 3, p. 218–223, jul. 2005.

VALE, A. T. ; MOREIRA, A. C. O.; MARTINS, I. S. **Avaliação do Potencial Energético de Bambusa vulgaris em Função da Idade.** *Floresta e Ambiente*, v. 24, p. 123314, 2017.

VIJAYARAGHAVAN, K.; PALANIVELU, K.; VELAN, M. **Biosorption of copper(II) and cobalt(II) from aqueous solutions by crab shell particles.** *Bioresource technology*, v. 97, n. 12, p. 1411–1419, ago. 2006.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

*Aedes aegypti* 2, 5, 126, 127, 128, 131, 134, 135, 136

Águas 35, 65, 88, 118, 240, 250, 253, 262, 266, 277, 280, 281, 282, 283, 285, 287, 291, 292, 293, 294, 295

Análise termogravimétrica (TGA) 243

Ansiedade 6, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195

Antibióticos 7, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 287

Antifitopatogênico 146

Antifúngica 146, 155, 156, 157, 158, 159, 177, 263

Antimicrobiana 2, 6, 146, 149, 150, 154, 155

Atividades experimentais 46, 68, 82, 89, 91

### B

Base nacional curricular comum (BNCC) 43

Biocompatibilidade 211, 212

Bioetanol 7, 228

Biomassa 2, 7, 228, 252, 253, 254, 255, 257, 259, 260, 262

Biomateriais 211, 217

Biorreativas 160

Biossorção 228, 252, 263

Biossorvente 228, 252, 262

Biota aquática 265

### C

Cálculos estequiométricos 55, 66, 67, 119, 121, 122, 124

Carboidratos 126, 127, 128, 135, 136, 137, 219

Chuva ácida 5, 111, 112, 113, 114, 115, 117, 118

Clerodanos 138

Compartimentos aquáticos 265, 267, 273

Compostos-alvos 265, 273

Conhecimento químico 11, 52, 82

### D

Diterpenos 138

Dopagem 205, 207, 209

## **E**

Educação ambiental 2, 34, 35, 36, 40, 41, 70, 71, 72, 74, 75, 77, 78, 79, 295

Efeitos deletérios 265

Efluentes industriais 280, 282, 291, 292

Ensino-aprendizagem 2, 2, 8, 12, 27, 42, 43, 46, 49, 69, 89, 91, 94, 95, 98, 100, 113, 120, 189, 190, 191, 192, 193, 194

Ensino remoto 4, 89, 90, 91, 93, 94, 95, 98, 100, 117

Epistemológicos 3, 9, 10, 12, 14, 15, 16, 17, 20, 21, 26, 27, 29, 30, 31

Escola 3, 4, 3, 5, 6, 8, 25, 30, 32, 34, 36, 39, 41, 46, 50, 51, 52, 56, 60, 68, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 77, 78, 79, 82, 84, 87, 90, 91, 98, 106, 107, 108, 111, 114, 118, 119, 121, 122, 190, 204, 210, 211

## **F**

Fármaco 138, 151, 176, 270, 272, 273

Flavonoides 138, 145

Formação docente 10, 14, 26, 30

Foto-fenton 8, 280, 281, 282, 283, 284, 285, 286, 287, 288, 289, 290, 291, 292, 293, 294

Fungo 147, 148, 155, 157, 158

## **G**

Gastroprotetor 138

Gemfibrozil 8, 265, 266, 268, 269, 274, 275, 276, 277

Google meet 4, 89, 91, 101, 111, 112, 114, 119, 120, 122, 191

## **H**

Hidroclorotiazida 8, 265, 270, 277, 278

Hidroxiapatita 2, 7, 211, 212, 215, 216, 217

## **I**

Impactos ambientais 3, 263, 267, 280, 291

*In vitro* 160, 163, 167, 168, 169, 170

Isotermas 239, 241, 242, 244, 245, 252, 255, 256, 259, 260

## **J**

Jogo lúdico 4, 100, 101, 103, 105

## **L**

Labdanos 138

Laboratórios 91, 94, 98, 150, 263, 295

Larvicidas 126, 128, 131, 134, 135

Leite 7, 41, 101, 189, 191, 211, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 227

Letramento digital 119

Lignina 228

Lixo 3, 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 48, 71, 72, 73, 74, 75, 265, 267

## **M**

Materiais alternativos 2, 80, 82, 87, 88, 89

Matrizes aquosas 2, 8, 265, 267, 268, 270, 271, 272, 273, 277

Metais pesados 2, 252, 253, 254, 263, 289

Metodologias ativas 42, 43, 48, 50, 189, 190, 191, 192, 193, 194

Microscopia eletrônica de transmissão (MET) 239, 242, 246

Mídias digitais 5, 1, 3, 111, 113

Monômero 196, 198, 206

## **N**

Nanopartículas 2, 7, 204, 205, 206, 239, 240, 241, 250

Naproxeno 8, 265, 269, 271, 277

Neurotransmissores 6, 189, 190, 191, 193, 194

## **P**

Pedagogical Knowledge of Chemistry Content (PCKC) 10

Plásticos 4, 6, 196, 198

Poluentes 113, 240, 250, 253, 280, 281, 282, 284, 285, 292

Práticas inovadoras 42, 43

Processos convencionais de tratamento 265, 266

Processos oxidativos avançados 2, 8, 137, 265, 268, 280, 281, 282, 291, 293, 294, 295

Protagonistas 46, 80, 98

## **R**

Radical hidroxila 280, 288

Radioatividade 4, 45, 100, 101, 102, 103

Reação de Debus-Radziszewski 6, 172, 177, 179, 180, 187

Recalcitrantes 280, 282

Reciclagem 2, 9, 70, 71, 72, 74, 79

Recursos didáticos 52, 99

Recursos midiáticos 111, 114, 116, 117

Remediação 2, 8, 252, 253, 280, 283, 294, 295

Reutilização 3, 38, 40, 41, 70, 71, 74, 77, 283, 295

## **S**

Síntese orgânica 128, 137, 160, 163, 173

## **T**

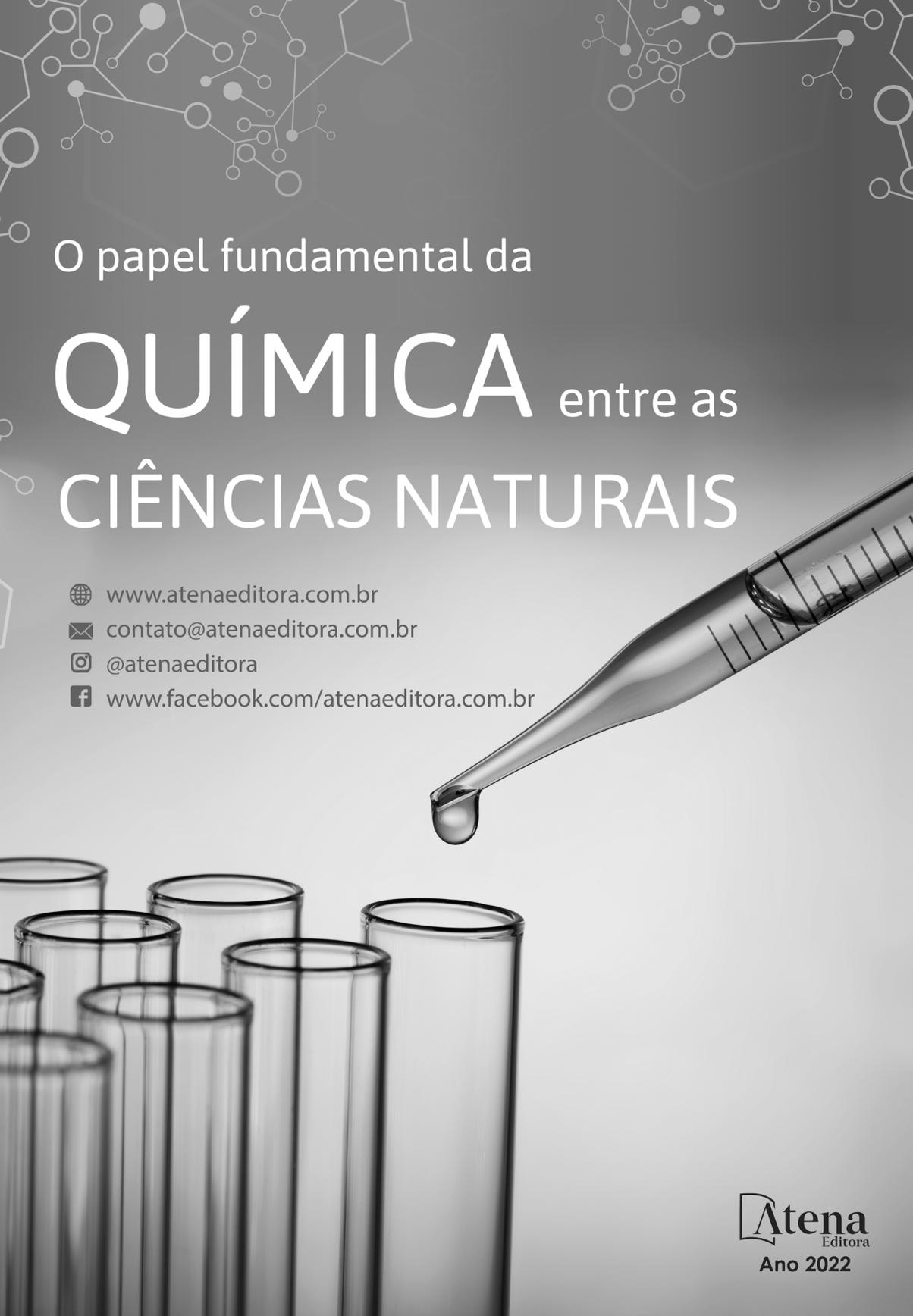
Tecnologias avançadas de tratamento 265

Titulação 4, 80, 82, 85, 86, 87, 88

Toxicidade 126, 131, 135, 157, 163, 273, 282, 283, 287

## **U**

*Usnea steineri* 6, 146, 147, 149, 150, 152, 153, 158



O papel fundamental da

# QUÍMICA entre as CIÊNCIAS NATURAIS

 [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

 [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)

 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)



O papel fundamental da

# QUÍMICA entre as CIÊNCIAS NATURAIS

 [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

 [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)

 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

