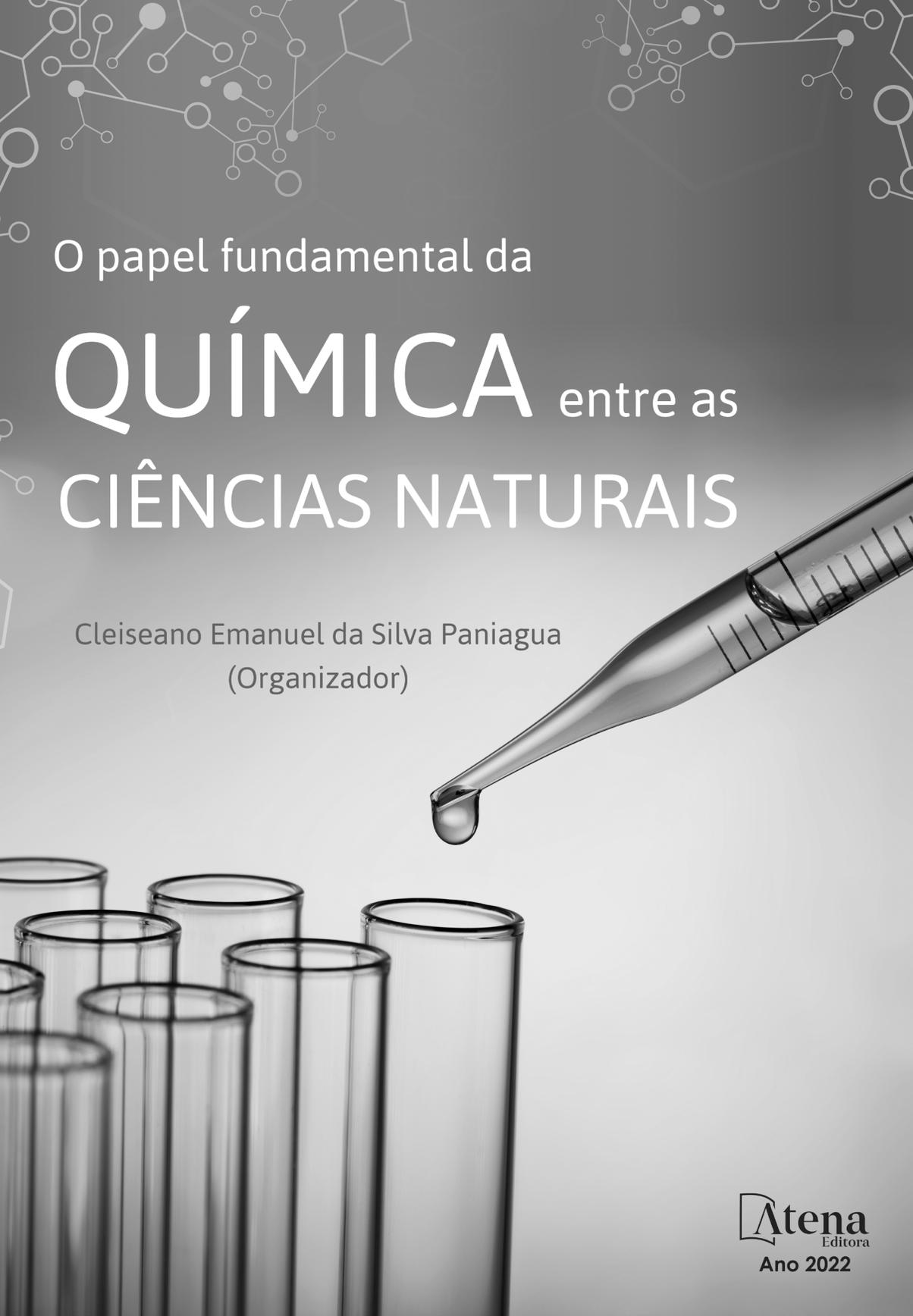
The background features a blue-to-white gradient with faint molecular structures at the top. In the foreground, several test tubes are arranged in a row, and a pipette is shown dripping a drop of liquid into one of them.

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**

## SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE NANOPARTÍCULAS MAGNÉTICAS DE SÍLICA MESOPOROSA PARA REMOÇÃO DE $Ba^{2+}$ DE MEIO AQUOSO

Data de aceite: 01/02/2022

Data de Submissão: 03/11/2021

### Daniel Walker Tondo

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Medianeira-PR  
<http://lattes.cnpq.br/7121442162301693>

### Caroline Mayara Meurer Reolon

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Medianeira-PR  
<http://lattes.cnpq.br/3904847843374312>

### Renata Mello Giona

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Medianeira-PR  
<http://lattes.cnpq.br/0374251191542394>

### Alesandro Bail

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Londrina-PR  
<http://lattes.cnpq.br/1280246965220928>

**RESUMO:** Segundo a Organização Mundial da Saúde, a concentração máxima permitida de bário para água potável é de 0,7 mg.L<sup>-1</sup>. Nanopartículas magnéticas são potenciais removedores do íon  $Ba^{2+}$ , em razão de sua alta capacidade de adsorção, fácil separação por magnetização e síntese de baixo custo. Neste trabalho, foram preparadas nanopartículas de sílica mesoporosa magnética ( $Fe_3O_4@SiO_2$ ). O material foi caracterizado por espectroscopia de infravermelho (FTIR), isotermas de adsorção-desorção de nitrogênio, difratometria de raios

X (DRX), análise termogravimétrica (TGA) e microscopia eletrônica de transmissão (MET). As nanopartículas de magnetita apresentaram forma esférica com um diâmetro médio de aproximadamente 7,5 nm e após o recobrimento com sílica, agregados nanoparticulados maiores foram observados, com tamanho médio de 13,8 nm, o que indica a formação da partícula *core/shell* (núcleo de magnetita recoberta com sílica). Foi avaliada a cinética de adsorção dos íons  $Ba^{2+}$  pelas nanopartículas produzidas, onde a concentração dos íons  $Ba^{2+}$  foi determinada por espectroscopia UV-Vis através da leitura do complexo formado entre o íon  $Ba^{2+}$  e o composto orgânico sulfonazo III. O modelo linearizado de pseudo-segunda ordem ajustou-se com eficácia à cinética de adsorção, apresentando um coeficiente de correlação  $R^2 = 0,99937$ .

**Palavras-Chave:** Contaminação. Materiais Magnéticos. Adsorção. Sílica. Bário.

**ABSTRACT:** According to the World Health Organization, the maximum limit of barium in drinking water is 0,7 mg.L<sup>-1</sup>. Magnetic nanoparticles are potential candidates for removing  $Ba^{2+}$  ions due to their high adsorption capacity, easy separation for magnetic field and low cost synthesis. In this work, we have synthesized magnetic mesoporous silica nanoparticles ( $Fe_3O_4@SiO_2$ ). The material was characterized by fourier transform infrared spectroscopy (FTIR), thermogravimetric analysis (TGA), X-Ray Diffraction (DRX), nitrogen adsorption-desorption isotherms analysis and transmission electron microscopy (TEM). The magnetite nanoparticles showed an average

diameter of 7,5 nm and after the magnetite's coated process with silica, bigger aggregates were formed with 13,8 nm of average diameter, indicating Core\Shell nanoparticles (a magnetite core covered with silica). To evaluate Ba<sup>2+</sup> removal by the produced nanoparticles, kinetics of adsorption was performed and the barium concentration was then determined by UV-vis spectroscopy following the formation of the complex between the Ba<sup>2+</sup> and sulfonazo III. The linearized model of pseudo-second order was used for kinetic adsorption and showed a correlation coefficient  $R^2 = 0,99937$ .

**Keywords:** Contamination. Magnetic Materials. Adsorption. Silica. Barium.

## 1 | INTRODUÇÃO

Os íons de metais contaminantes e poluentes estão cada vez mais presentes nas águas superficiais e subterrâneas, o que é causado tanto por atividades industriais (LIMA, *et al.* 2010) como por fontes geológicas (MANAHAN, 2013). Técnicas de tratamento para a remoção destes têm sido desenvolvidas, como o emprego de materiais adsorventes finamente particulados (GIONA E BAIL, 2015; WANG, *et al.* 2010). Materiais magnéticos particulados, que podem ser recobertos com adsorventes e separados do meio reacional pela aplicação de um campo magnético externo vêm sendo estudados (WANG, *et al.* 2010). Esses particulados magnéticos comumente exibem estrutura do tipo *core/shell* devido a existência de um núcleo magnético, geralmente constituído de magnetita (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>), um óxido de ferro ferrimagnético, e uma camada de recobrimento constituída de sílica mesoporosa, o que permite a adsorção de íons de acordo com o pH do meio (GIONA E BAIL, 2015; WANG, *et al.* 2010). A sílica mesoporosa possui propriedades texturais que podem ser controladas de acordo com o método de síntese, favorecendo o processo de adsorção de íons. Essa camada possui duas principais funções: proteger a oxidação dos íons Fe<sup>2+</sup>, evitando a transformação da magnetita em maghemita, e a formação de uma superfície mais adequada para o processo de adsorção e possíveis modificações (ZHAO, *et al.* 2008). O metal alcalino-terroso Bário é encontrado como contaminante em reservas de águas, em quantidades significativas (LIMA, *et al.* 2010), visto que, segundo a Organização Mundial da Saúde e segundo a Portaria N°2.914, do Ministério da Saúde, o valor máximo permitido de bário aceito para uma água potável, é de 0,7 mg.L<sup>-1</sup> (BRASIL, 2011; WHO, 2011). Neste trabalho, avaliou-se a capacidade de nanopartículas magnéticas constituídas de magnetita recobertas com sílica mesoporosa, para remover o íon contaminante bário (Ba<sup>2+</sup>) da água.

## 2 | METODOLOGIA

Foram preparados 2 tipos de nanopartículas do tipo *core-shell*: óxido de ferro (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) e óxido de ferro recoberto com sílica mesoporosa (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@SiO<sub>2</sub>), adequando-se aos métodos descritos na literatura (SHAO, *et al.* 2012; WANG, *et al.* 2010; YUAN, *et al.* 2010). O material foi caracterizado através de FTIR, RDX, TGA e TEM, além de análise de

isotermas de adsorção-dessorção de nitrogênio, e em seguida, utilizado na remoção do íon  $\text{Ba}^{2+}$ , o qual foi complexado com o composto orgânico sulfonazo III e quantificado por espectroscopia UV-Vis.

## 2.1 Síntese das partículas

### 2.1.1 Síntese das nanopartículas de $\text{Fe}_3\text{O}_4$

Em um balão de reação de três bocas, contendo 100 mL de solução aquosa de HCl 0,5 M inserido em banho de óleo a 60 °C, adicionou-se 6,48 g de  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  sob fluxo contínuo de gás nitrogênio e agitação. Em outro balão de 250 mL contendo 25 mL de água ultrapura, adicionou-se 3,97 g de  $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  e agitou-se até total dissolução. Em seguida, com o auxílio de uma seringa, adicionou-se a solução de  $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  sobre a solução de  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  sobre fluxo contínuo de  $\text{N}_2$  gasoso e agitação magnética. Adicionou-se então lentamente, 250 mL de solução de NaOH 1,5 M. Após 40 minutos. Precipitou-se o sólido preto e magnético formado com a ajuda de um magneto (imã) e lavou-se esse com água ultrapura até pH neutro. Após a lavagem, suspendeu-se o material em água ultrapura, sob atmosfera de nitrogênio e, por fim, determinou-se, gravimetricamente, a densidade média da suspensão.

### 2.1.2 Síntese das nanopartículas $\text{Fe}_3\text{O}_4 @ \text{SiO}_2$

Em um balão de reação de 3 bocas, contendo 400 mL de água ultrapura mantida sob fluxo contínuo de nitrogênio gasoso, adicionou-se 2,00 g de  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  na forma de suspensão aquosa. Em seguida, sob agitação magnética, adicionou-se, gota a gota, 40 mL de solução 1,0 M de silicato de sódio. O pH da solução foi ajustado lentamente para 6,0 com a adição de solução aquosa 2,0 M de HCl. Deixou-se sob agitação magnética, a temperatura de 80°C durante 3,0 h. Em seguida, lavou-se o sólido magnético formado por partículas de óxido de ferro recoberto com sílica,  $\text{Fe}_3\text{O}_4 @ \text{SiO}_2$ , com água ultrapura até pH neutro e secou-se em estufa à 70°C.

## 2.2 Caracterização das nanopartículas de $\text{Fe}_3\text{O}_4$ E $\text{Fe}_3\text{O}_4 @ \text{SiO}_2$

### 2.2.1 Espectroscopia de absorção na região do infravermelho por transformada de fourier (FTIR)

As análises foram realizadas em espectrofotômetro FTIR, da marca Perkin Elmer, modelo Frontier, realizando-se 32 varreduras, com resolução de  $4 \text{ cm}^{-1}$ , entre  $400\text{-}4000 \text{ cm}^{-1}$ , empregando pastilhas de KBr tratadas e moídas, com uma pequena quantidade do sólido a ser analisado.

### 2.2.2 Isotermas de adsorção-dessorção de nitrogênio

As isotermas de adsorção-dessorção foram realizadas em um analisador automático de fisiossorção ASAP 2020 N, da Micromeritics, a 77 K. As análises de área superficial específica, diâmetro médio dos poros e volume dos poros foram determinados aplicando-se os métodos de Brunauer-Emmett-Teller (BET) e Barret-Joiner-Halenda (BJH). As amostras foram previamente desgaseificadas a 100 °C, até a pressão atingir 10 µmHg e utilizou-se, aproximadamente 0,1 g das amostras para a obtenção dos dados de adsorção de nitrogênio.

### 2.2.3 Difração de raios-x

As medições foram realizadas no modo de reflexão, utilizando um difratômetro Shimadzu XRD-6000, operando a 30 kV e 40 mA (radiação Cu- K $\alpha$   $\lambda$  = 0,155418 nm). Os dados foram coletados com um tempo de permanência de 2°/min. O tamanho médio dos cristallitos (D) foram calculados a partir da equação de Debye-Scherrer (Equação 1), onde D é o diâmetro médio dos cristallitos, K (= 90) é uma constante relacionada a forma do cristallito,  $\lambda$  é o comprimento de onda do feixe de raios X,  $\beta$  é a largura do pico de difração de maior intensidade (largura à meia altura, (FWHM) e  $\theta$  é o ângulo de difração de Bragg do pico de maior intensidade (PANTA, 2013).

$$D = \frac{K \cdot \lambda}{\beta \cdot \cos \theta} \quad (\text{Equação 1})$$

Para não haver superposição de gaussianas no difratograma, foi utilizada a seguinte correção, segundo a Equação 2 (PANTA, 2013):

$$\beta^2 = B^2 - b^2 \quad (\text{Equação 2})$$

onde B é a largura a meia altura (FWHM) para a amostra e b é a largura a meia altura (FWHM) para o padrão de silício (dado em radianos). Para todo o cálculo de  $\beta$  foi considerado o pico de difração do padrão de silício a 26,43° (2 $\theta$ ) e FWHM de 0,0020856 rad. Os picos obtidos foram identificados por meio da base de dados JCPDS, ficha nº 19-0629 (PANTA, 2013; SANTOS, 1997).

### 2.2.4 Microscopia eletrônica de transmissão (MET)

As análises foram realizadas num microscópio JEOL-JEM 1200, operado a 100 kV. Prepararam-se as amostras por dispersão em etanol à temperatura ambiente, após, uma gota do sobrenadante da dispersão foi colocada sobre uma película de carbono suportada por uma grelha de cobre. Posteriormente ao preparo, as amostras foram observadas no MET para verificação da dispersão das partículas.

### 2.2.5 Análise termogravimétrica (TGA)

Realizou-se a termogravimetria num analisador térmico simultâneo, Perkin Elmer, modelo STA 6000, onde colocou-se 10 mg de amostra, em um cadinho de platina aberto e pré-aquecidos a 100° C, durante 5 minutos. Realizou-se as análises em atmosfera de N<sub>2</sub> (10 mL.min<sup>-1</sup>) e taxa de aquecimento de 10°C.min<sup>-1</sup>, na faixa de 100-650° C.

### 2.3 Análise do contaminante: determinação de íons bário (Ba<sup>2+</sup>)

A concentração de íons bário foi determinada pelo método de complexação com sulfonazo III (Figura 1), obtendo-se um complexo de cor roxa, o qual foi quantificado por espectroscopia UV-Vis (MANNA, *et al.* 1992). Para a curva de calibração, prepararam-se seis soluções de íons bário, nas seguintes concentrações: 5, 4, 3, 2, 1 e 0,5 mg.L<sup>-1</sup>. Cada solução foi acidificada com solução de ácido nítrico 0,1 M padronizado, até pH 2,0. Em seguida, adicionou-se a cada diluição, 10 mL de solução de sulfonazo III 1,0x10<sup>-4</sup> mol.L<sup>-1</sup> e mediu-se a absorbância da solução em 636 nm com uma cubeta de quartzo de caminho ótico de 1 cm. As medidas foram feitas em um espectrofotômetro UV/Vis da Perkin Elmer modelo lambda 45.

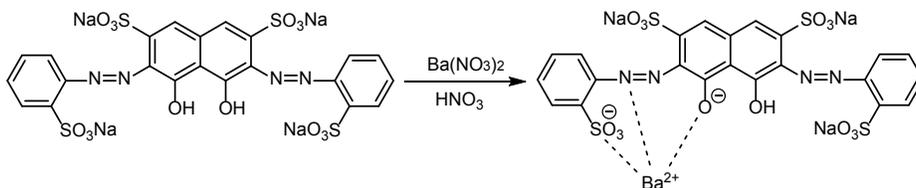


Figura 1 - Reação de complexação íons bário em meio ácido. (Almeida 2012) .

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 3.1 Caracterização dos sólidos magnéticos adsorventes

#### 3.1.1 Espectroscopia de absorção na região do infravermelho com transformada de fourier (FTIR)

Na Figura 2, observa-se nos espectros (a) e (b), bandas em 568 cm<sup>-1</sup> e 576 cm<sup>-1</sup> atribuídas às vibrações do óxido de ferro correspondendo à ligação Fe-O, confirmando a presença do óxido de ferro em ambos os sólidos (SILVA, 2015; PANTA, 2013; WANG, *et al.* 2010).

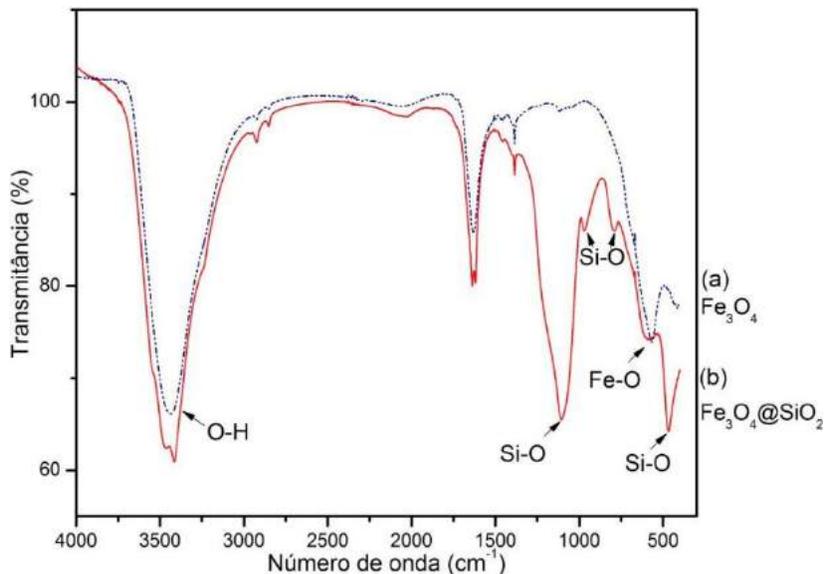


Figura 2 - Espectros FTIR dos sólidos (a)  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  e (b)  $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{SiO}_2$ , em pastilha de KBr.

As bandas de absorção em 1097, 966, 790 e 472  $\text{cm}^{-1}$ , do espectro (b), correspondem respectivamente, as vibrações dos estiramentos e deformações dos grupos  $\text{SiO}_2$  (SILVA, 2015; WANG, *et al.* 2010). Observa-se ausência dessas bandas no espectro (a), comprovando o revestimento da superfície do óxido de ferro, com a provável formação da casca de sílica “*shell*” ao redor da magnetita “*core*”. As bandas características de grupos hidroxilas são identificadas em 3434  $\text{cm}^{-1}$ , devido ao método de co-precipitação ser realizado em meio aquoso, as superfícies do  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  e do  $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{SiO}_2$  são revestidas de grupos hidroxilas (PANTA, 2013), que mesmo após secagem em estufa, permanecem na superfície.

### 3.1.2 Isotermas de adsorção-dessorção de nitrogênio

A partir da técnica de fisiossorção com nitrogênio foi possível obter as principais características texturais dos sólidos sintetizados (Figura 3). Como pode ser observado na Tabela 1, a área superficial dos sólidos aumentou de modo significativo após o processo de recobrimento com sílica mesoporosa. Esta camada de sílica mesoporosa (181  $\text{m}^2.\text{g}^{-1}$ ) contribui com a capacidade de adsorção do sólido. No mesmo sentido, o tamanho médio e o volume dos poros também aumentaram após o recobrimento com sílica mesoporosa.

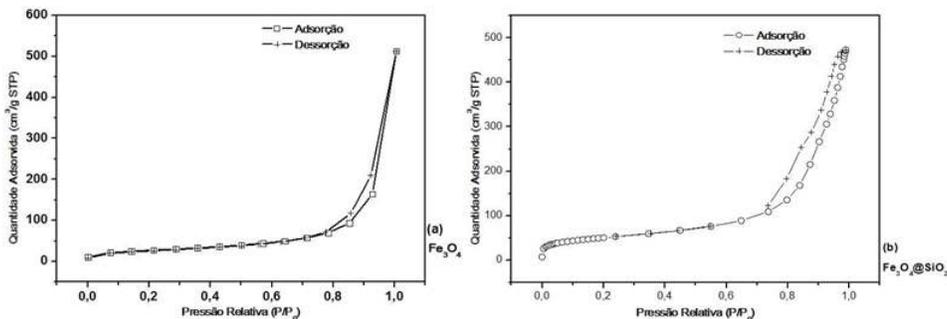


Figura 3 - Isothermas de adsorção-dessorção de N<sub>2</sub> dos sólidos (a) Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> e (b) Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@SiO<sub>2</sub>.

Sólido	Área Superficial (m <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> ) <sup>a</sup>	Tamanho médio dos poros (nm) <sup>b</sup>	Volume dos poros (cm <sup>3</sup> g <sup>-1</sup> ) <sup>b</sup>
Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	95	7,5	0,32
Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> @SiO <sub>2</sub>	181	13,8	0,73

Tabela 1 - Análise textural dos sólidos sintetizados.

<sup>a</sup> Determinado pela adsorção de N<sub>2</sub> utilizando o método de Brunauer-Emmett-Teller (BET).

<sup>b</sup> Determinado pela dessorção de N<sub>2</sub> usando o método Barret-Joiner-Halenda (BJH).

As curvas de adsorção/dessorção de nitrogênio mostradas na Figura 3, estão de acordo com a literatura. A existência de mesoporos é suportada pela isoterma do tipo IV com histerese tipo H3 (SONG, *et al.*, 2009). A partir desses resultados é possível dizer que ocorre a formação de poros na forma de fendas (WANG, *et al.* 2012).

### 3.1.3 Difração de raios-X

Na difração de raios-X para os sólidos preparados, (Figura 4), atribuiu-se as seguintes reflexões conforme os planos cristalográficos ao sólido (a): (220), (311), (400), (422), (511) e (440), estando de acordo com as reflexões características da magnetita, segundo o padrão JCPDS, ficha n° 19-0629 (PANTA, 2013; SANTOS, 1997). Dessa forma, observa-se indicativo de uma estrutura cristalina cúbica de face centrada (CFC) do tipo espinélio, para a magnetita (a) (PANTA, 2013; WANG, *et al.* 2010). No sólido (b), observa-se o mesmo conjunto de picos indicados em (a), exceto por um suave deslocamento para maiores valores de 2θ, que pode ser atribuído à formação de uma pequena quantidade da fase maghemita na superfície da magnetita. Segundo Yamaura *et al.* (2004), é muito difícil identificar essas duas fases magnéticas do óxido de ferro por difração de raios X, devido à semelhança dos padrões de difração. Contudo, a camada de sílica mesoporosa não altera significativamente a organização cristalográfica da magnetita.

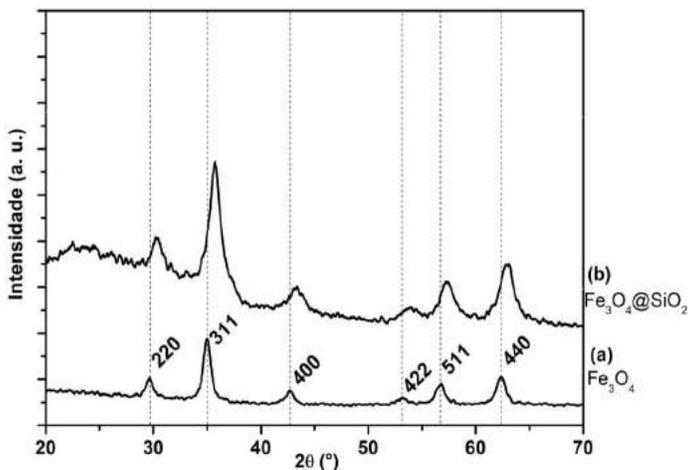


Figura 4 – Difratoograma de raios X, pelo método pó, dos sólidos (a)  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  e (b)  $\text{Fe}_3\text{O}_4@ \text{SiO}_2$ .

### 3.1.4 Microscopia eletrônica de transmissão (TEM)

Observa-se na Figura 5 (a), que as partículas de magnetita apresentam forma esférica com um diâmetro médio de aproximadamente 7,5 nm (Tabela 1). Na figura 5 (b), observa-se que, após o revestimento de sílica, as partículas formam um agregado de partículas grandes, ocorrendo o recobrimento dos núcleos de magnetita pela sílica, aumentando desta forma, o tamanho médio da partícula para 13,8 nm (Tabela 1), caracterizando-se assim a formação da partícula *core/shell* de núcleo de magnetita e com o recobrimento de sílica.

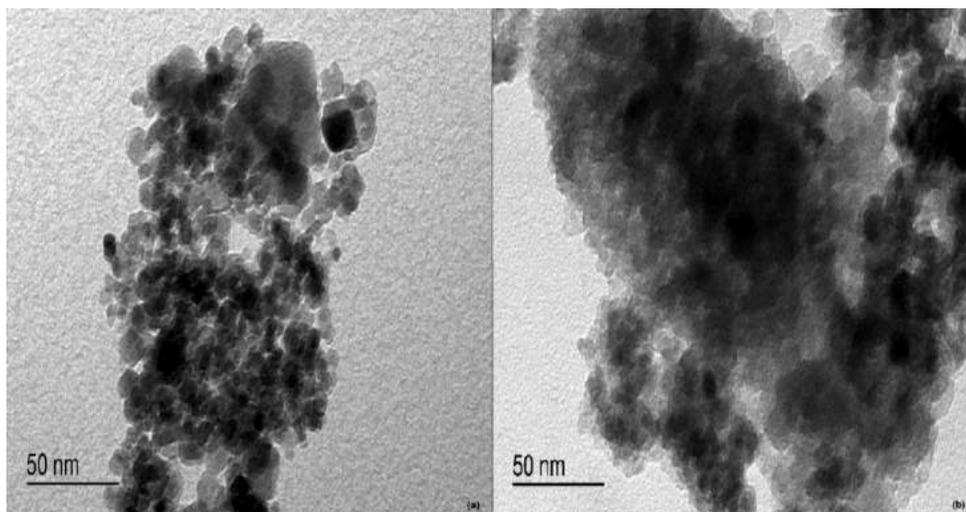


Figura 5 - Microscopia eletrônica de transmissão (MET) dos sólidos (a)  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  e (b)  $\text{Fe}_3\text{O}_4@ \text{SiO}_2$ .

### 3.1.5 Análise Termogravimétrica (TGA)

A curva (a) na Figura 6, indica que a magnetita mostrou um perfil consistente, contendo pouca água adsorvida no sólido.

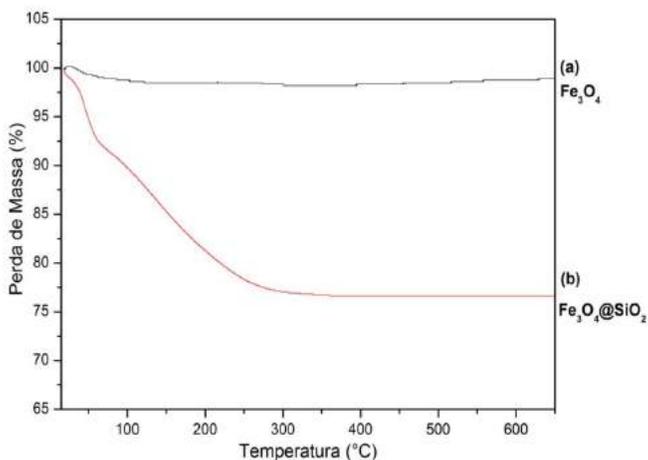


Figura 6 – Análise termogravimétrica dos sólidos (a) Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> e (b) Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@SiO<sub>2</sub>.

Em relação ao sólido recoberto com sílica (b), observa-se que ocorreu uma perda de massa significativa, de aproximadamente 23%, em dois estágios, referente a dessorção de água a partir da superfície da sílica. A primeira perda de massa ocorre a temperatura ambiente até aproximadamente 100°C e refere-se a água que estava fracamente adsorvida na superfície da sílica. A segunda perda ocorre entre as temperaturas de 100 a 300°C e refere-se as moléculas de água adsorvidas na parte hidrofílica dos poros da sílica (WANG, *et al.* 2010).

### 3.2 Determinação da concentração do íon bário (Ba<sup>2+</sup>)

Para a quantificação de íons bário (Ba<sup>2+</sup>), obteve-se uma curva de calibração (Figura 7) em espectrofotômetro na região do UV-Vis, através da complexação dos íons Bário com sulfonazo III, em meio ácido. O ajuste linear apresentou um R<sup>2</sup>=0,998 e a equação usada na quantificação do analito foi Abs = 0,49+0,04.[Ba<sup>2+</sup>].

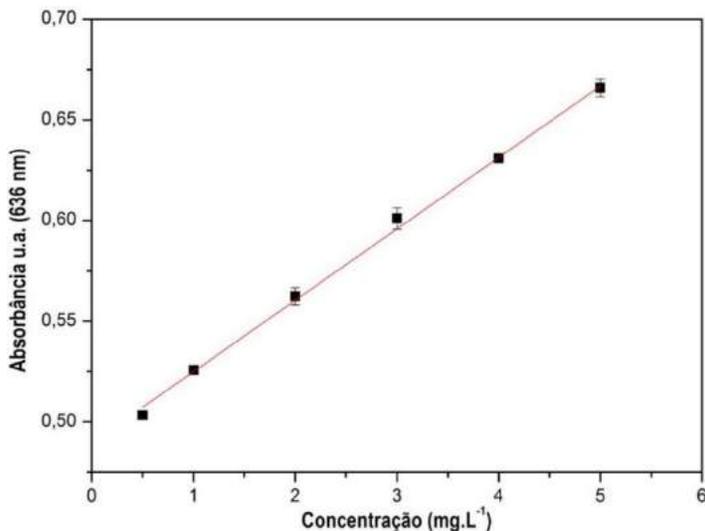


Figura 7 – Curva de calibração para o complexo bário (Ba<sup>2+</sup>) + sulfonazo III.

### 3.3 Modelagem cinética

A cinética de adsorção ajustou-se adequadamente ao modelo linearizado de pseudo-segunda ordem (figura 8). A equação de pseudo-segunda ordem, baseia-se na adsorção de equilíbrio (HO & McKAY, 1999, *citado por*, BERTOLINI, *et al.* 2011; VASQUES, 2008). A forma linearizada da equação pode ser representada pela Equação 3:

$$\frac{t}{Q_t} = \frac{1}{K_2 \cdot Q_e^2} + \frac{1}{Q_e} \quad (\text{Equação 3})$$

Onde  $K_2$  é a constante de velocidade de pseudo-segunda ordem (g.mg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>),  $Q_e$  e  $Q_t$  são as quantidades de adsorvato adsorvido (mg.g<sup>-1</sup>) no equilíbrio e no tempo  $t$  (min), respectivamente e foram determinados por espectroscopia UV-Vis usando a curva de calibração da figura 7. A constante  $K_2$  pode ser calculada a partir da inclinação da reta do gráfico  $t/Q_t$  versus  $t$  (BERTOLINI, *et al.* 2008; VASQUES, 2008).

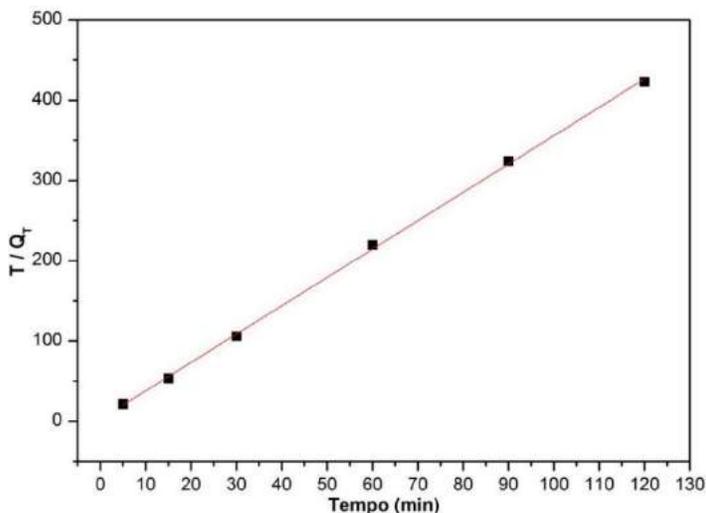


Figura 8 - Modelo linearizado de pseudo-segunda ordem para a adsorção de íons Ba<sup>2+</sup>

Concentração Ba <sup>2+</sup> (ppm)	Q <sub>exp</sub> (a)	Pseudo-segunda ordem		
		K <sub>2</sub> (b)	Q <sub>e</sub> (c)	R <sup>2</sup> (d)
5,0	0,28	4,72	0,28	0,999

Tabela 5 – Ajustes cinéticos de pseudo-segunda ordem.

O modelo de pseudo-segunda ordem representou adequadamente a cinética de adsorção, apresentando um coeficiente de correlação alto (Tabela 5). Os dados obtidos para o Q<sub>e</sub> experimental, estão muito próximos aos dados obtidos do Q<sub>e</sub> calculado (CRAESMEYER, 2013; IVASSECHEN, 2016). O fator limitante da da adsorção no modelo de pseudo-segunda ordem, tem relação com as ligações químicas que ocorrem entre o adsorvente e o adsorvato. Os sítios livres da sílica terão pares de elétrons livres e formarão uma ligação covalente coordenada com o bário em solução, assim, quando não houver mais sítios ativos, ocorrerá a limitação da cinética, com o equilíbrio do sistema (CRAESMEYER, 2013; HO E MCKAY, 1999; IVASSECHEN, 2016).

## 4 | CONCLUSÕES

Após a síntese da magnetita (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) e seu recobrimento com sílica mesoporosa, houve um considerável aumento de sua área superficial, resultando num ótimo processo de adsorção dos íons bário. No estudo cinético, o modelo de pseudo-segunda ordem ajustou-se com eficácia ao processo de adsorção.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, J. S.; **Determinação espectrofotométrica indireta de sulfato em álcool etílico combustível empregando dibromosulfonazo III.** Dissertação (Mestrado). Universidade Federal da Bahia, Salvador, BA. (2012).
- BERTOLINI, T. C. R.; FUNGARO, D. A.; **Estudos de equilíbrio e modelagem cinética da adsorção do corante cristal violeta sobre zeólitas de cinzas leve e pesada de carvão.** *3rd International Workshop Advances in Cleaner Production.* (2011)
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria N° 2.914**, 12 de Dezembro de 2011, p. 27 D.
- CRAESMEYER, G. R.; **Tratamento de efluente contendo urânio com zeólita magnética.** Dissertação (Mestrado), Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo, SP. (2013)
- GIONA, M. R.; BAIL, A.; **Utilização de nanopartículas magnéticas para remoção seletiva de poluentes contidos em águas superficiais e subterrâneas.** *Tecnologias Potenciais Para o Saneamento.* Vol. 1, 2ª ed., Cap. 6, p.179 – 222. (2015).
- HO. Y. S.; MCKAY, G.; **Pseudo-second order model for sorption processes.** *Process Biochemistry*, 34, p. 451-465. (1999).
- IVASSECHEN, J. R.; **Sílica mesoporosa como suporte sólido para o ancoramento da molécula 4-amino-3-hidrazino-5-mercapto-1,2,4-triazole e aplicação na adsorção de Cu(II), Cd(II), Ni(II), Pb(II) e Co(II) em amostras aquosas.** Dissertação (Mestrado) -Universidade Estadual Paulista, Araraquara, SP. (2016)
- LIMA, A. C. P.; DIAS, S. M. F.; ORRICO, S. R. M.; ARAÚJO, D. R. S. M.; **Avaliação das concentrações de Bário de Chumbo em águas do aquífero freático do entorno do centro industrial do Subaé – Feira de Santana – BA.** *XVI Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas e XVII Encontro Nacional de Perfuradores de Poços.* (2010).
- MANAHAN, S. E.; **Química Ambiental.** 9ª ed. Editora Bookman, 912 p., Porto Alegre. (2013).
- MANNA, F.; CHIMENTI, F.; BOLASCO, A.; FULVI, A.; **Study on selective quantitative determination of barium by sulphonazo III in complex matrices.** *Talanta*, Vol. 39, p. 875 – 878. (1992).
- PANTA, P. C.; **Obtenção de nanopartículas de óxido de ferro por coprecipitação, sua estabilização com surfactantes e caracterização quanto a morfologia, cristalinidade e comportamento magnético.** Dissertação (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS. (2013).
- SANTOS, F. J.; **Partículas nanométricas de magnetita.** Dissertação (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Araraquara, SP. (1997).
- SHAO, M.; NING, F.; ZHAO, J.; WEI, M.; EVANS, D. G.; DUAN, X.; **Preparation of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@SiO<sub>2</sub>@Layered Double Hydroxide Core–Shell Microspheres for Magnetic Separation of Proteins.** *Journal of American Chemical Society.* Vol. 134(2), p. 1071– 1077. (2012)

SILVA, J. M.; **Síntese e caracterização de sílica mesoporosa e estudo de liberação controlada de emodina como substância bioativa.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS. (2015).

SONG, C., DU, J., ZHAO, J., FENG, S., DU, G., ZHU, Z.; **Hierarchical porous core-shell carbon nanoparticles.** *Chemistry of Materials*, 21, p. 1524-1530. (2009).

VASQUES, A. R.; **Caracterização e aplicação de adsorvente para remoção de corante de efluentes têxteis em batelada e coluna de leito fixo.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC. (2008)

WANG, J.; ZHENG, S.; SHAO, YAMAURA Y.; LIU, J.; XU, Z.; ZHU, D. J.; **Amino-functionalized Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@SiO<sub>2</sub> core-shell magnetic nanomaterial as a novel adsorbent for aqueous heavy metals removal.** *Journal of Colloid and Interface Science*. Vol. 349, P. 293-299. (2010).

WHO; **Guidelines for drinking-water quality.** *World Health Organization*. 4th ed. WHO Library Cataloguing-in-Publication Data. (2011).

YAMAURA, M.; CAMILO, R. L.; SAMPAIO, L. C.; MACEDO, M. A.; NAKAMURA, M.; TOMA, H. E.; **Preparation and characterization of (3-aminopropyl) triethoxysilane-coated magnetite nanoparticles.** *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*. Vol. 279, p. 210-217. (2004).

YUAN, M.; TAO, J.; YAN, G.; TAN, M.; QIU, G.; **Preparation and characterization of Fe/SiO<sub>2</sub> core/shell nanocomposites.** *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*. Vol. 20, p. 632-636. (2010).

ZHAO, A.; SHI, Y.; WANG, T.; CAI, Y.; JIANG, G.; **Preparation of silica-Magnetite nanoparticle mixed hemimicelle sorbents for extraction of several typical phenolic compounds from environmental water samples.** *Journal of Chromatograph A*. Vol. 1188, p. 140–147. (2008).

## 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**

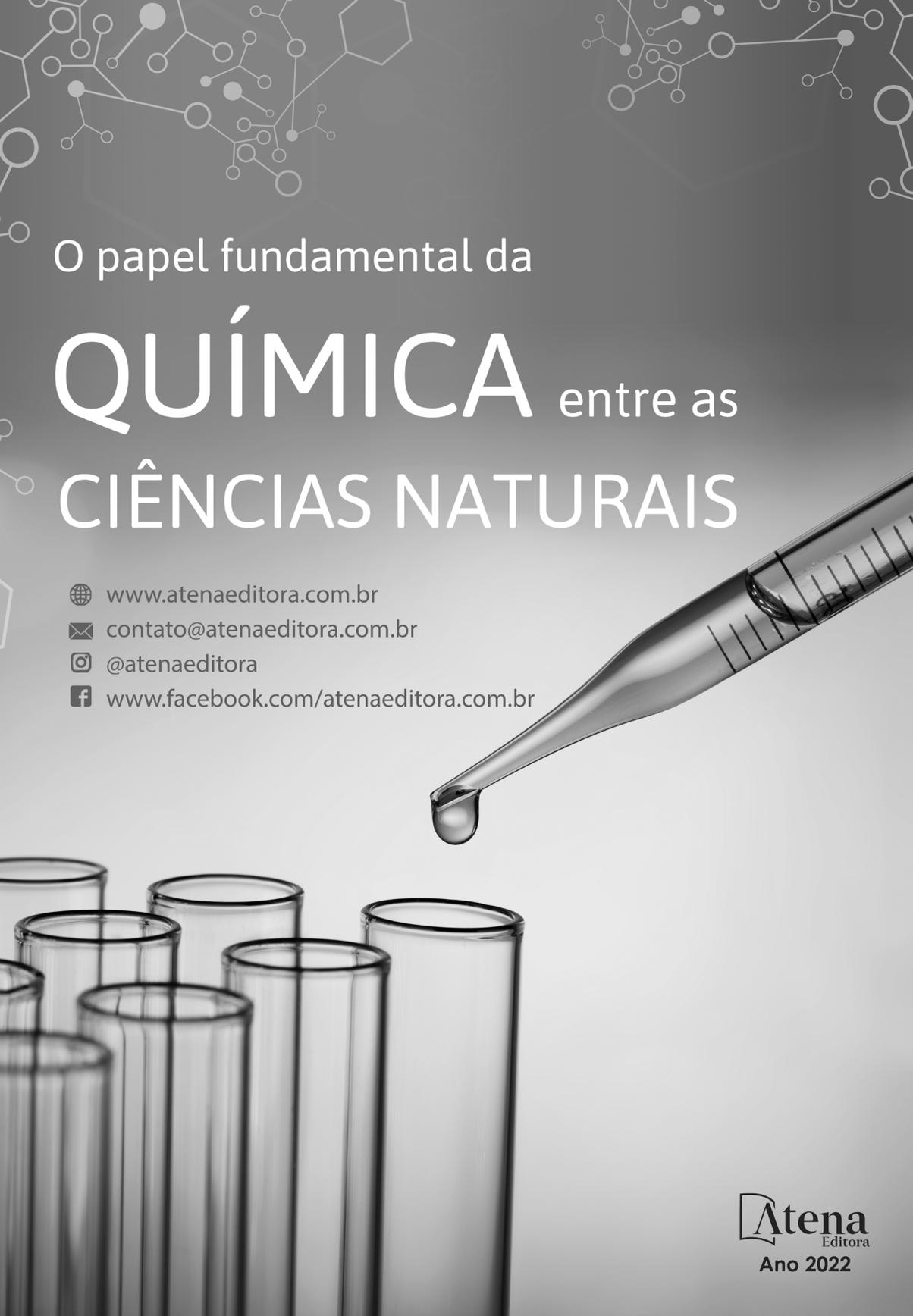
Tecnologias avançadas de tratamento 265

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)

