

The background features a blue-to-white gradient with faint molecular diagrams at the top. In the foreground, a glass dropper is positioned diagonally, releasing a single drop of liquid into a row of test tubes. The lighting is soft, highlighting the glass and the liquid.

O papel fundamental da

# QUÍMICA entre as CIÊNCIAS NATURAIS

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua  
(Organizador)



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**

# CAPÍTULO 21

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

*Data de aceite: 01/02/2022*

*Data de submissão: 12/01/2022*

### **Thaíla Gomes Moreira**

Universidade Federal do Rio Grande do Norte,  
Departamento de Engenharia Biomédica  
Natal – RN  
<http://lattes.cnpq.br/0968966207021956>

### **Kaline Melo de Souto Viana**

Universidade Federal do Rio Grande do Norte,  
Escola de Ciências e Tecnologia  
Natal – RN  
<http://lattes.cnpq.br/3289446495842859>

### **Amanda Melissa DamiãoLeite**

Universidade Federal do Rio Grande do Norte,  
Escola de Ciências e Tecnologia  
Natal – RN  
<http://lattes.cnpq.br/3077817092155432>

**RESUMO:** Biomateriais, aqueles que possuem compatibilidade com tecidos vivos sem que ocorram rejeições imunológicas, são altamente atrativos para aplicações biomédicas. Um integrante desse grupo de materiais é a hidroxiapatita (HAp), que possui excelente biocompatibilidade, alta osteoindução, estrutura e composição similares a fase mineral do osso humano – a apatita biológica. Este trabalho de pesquisa se propôs a obter HAp nanométrica, para que sua estrutura fosse o mais similar possível à biológica, através da síntese por reação de combustão, tendo como combustíveis glicina e ureia, posteriormente avaliando a

influência da escolha do combustível na estrutura da HAp obtida. Para tanto foram utilizados como métodos de caracterização as técnicas: DRX e MEV. Os resultados mostraram que utilizando os dois combustíveis foi possível obter a fase majoritária HAp, com grãos de tamanho micrométrico aglomerados heterogêneos de fácil desaglomeração, sendo a obtenção de HAp mais eficiente quando utilizada a glicina.

**PALAVRAS CHAVE:** Hidroxiapatita, reação de combustão, biomaterial

### EVALUATION OF SYSNTESIS ROUTE FOR NANOESTRUCUTRED HYDROXYAPATITE OBTENTION

**ABSTRACT:** Biomaterials, those which have compatibility with living tissues, without immunological rejections, are highly attractive for biomedical applications. A member of this materials' group is hydroxyapatite(HAp), which has an excellent biocompatibility, high osteoinduction, structure and composition similar to the human bone's mineral phase, the biological apatite. This research work has the objective of obtaining nanometric HAp, so the structure was as similar as possible to the biological, through combustion reaction synthesis, using glycine and urea as fuel, after evaluating the influence of the fuel choice on the HAp structure obtained. For this purpose were used as characterization methods the techniques: XRD and SEM. The results showed that was possible to obtain the HAp as majority phase using both fuels, with micrometric heterogeneous particles agglomerates of easy deagglomeration, and that glycine was more efficient fuel to obtain HAp.

**KEYWORDS:** Hydroxyapatite, combustionreaction, biomaterial.

## INTRODUÇÃO

Aproximadamente 70% do osso humano é composto por fosfatos de cálcio, consistindo esta parte inorgânica em uma fase amorfa e uma fase cristalina, formada pela apatita biológica [1]. Materiais cerâmicos a base desse fosfato vem atraindo cada vez mais atenção na área médico-odontológica devido a sua similaridade com o material biológico, e os principais exemplos disto são a hidroxiapatita (HAp)  $[\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2]$  e o  $\beta$ -fosfato tricálcio  $[\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2]$ , devido a alta biocompatibilidade, excelente osteoindução, além de estrutura e composição muito próximas as do material biológico esquelético [2]. Sendo ainda a HAp muito utilizada em implantes odontológicos, cirurgias reconstrutoras e cirurgias ortopédicas, substituindo enxertos ósseos, como descrito na literatura médica.

São reportados, na literatura os usos dos mais diversos reagentes e métodos para sintetizar a HAp em laboratório, como exemplos deste ultimo temos: gravitacional [3], hidrotermal [4], micro-ondas [5], precipitação [6], reação de combustão [7] e sol-gel [8]. A escolha do método de síntese utilizado é feita levando-se em consideração o tamanho de partículas que se pode obter, sendo esta uma característica extremamente importante no que diz respeito a sua aplicação.

A caracterização dos pós obtidos pode ser realizada através da técnica de difração de raios-X (DRX), quanto a sua estrutura, microscopia eletrônica de varredura (MEV), quanto a sua morfologia e para análise química pode ser empregada à técnica de espectroscopia por energia dispersiva (EDS), entre outras.

Este trabalho se propôs a obter hidroxiapatita, de grãos nanoestruturados, através do método de síntese por reação de combustão, utilizando dois combustíveis: a glicina  $[\text{C}_2\text{H}_5\text{NO}_2]$  e a ureia  $[\text{CO}(\text{NH}_2)_2]$ , a fim de analisar a influência do tipo de combustível na estrutura e morfologia do biomaterial obtido. Tendo o método de síntese por reação de combustão sido escolhido devido a sua fácil execução e baixo custo, podendo ser utilizado para a produção de pós de HAp em larga escala.

A síntese por reação de combustão é ainda descrita por ALVES, BERGMANN e BERUTTI (2013) [9] como:

um método baseado no princípio de que uma vez iniciada uma reação sob calor, uma reação exotérmica ocorre e passa a se auto-sustentar durante certo intervalo de tempo, resultando em um pó como produto final. A reação exotérmica começa na temperatura de ignição e gera certa quantidade de calor que é chamada temperatura máxima ou temperatura de combustão. Solução por síntese de combustão tem a vantagem de produzir rapidamente pós-finos e homogêneos. Por ser um processo exotérmico e auto-sustentado, e com uma alta taxa de liberação de calor, pode ser explosiva e deve ser realizada com cuidado redobrado.



## MATERIAIS E MÉTODOS

### Procedimento experimental

A figura 1 ilustra o procedimento de obtenção da hap.

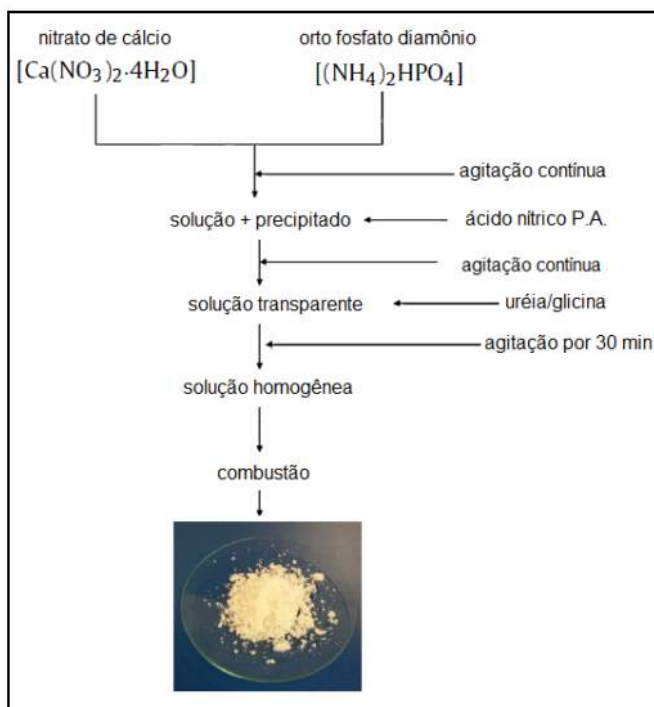


Figura 1 – Representação esquemática do processo de combustão de solução para síntese de HAP [10].

Para a realização das sínteses neste trabalho, foram seguidas a metodologia e proporções de reagentes propostas por Ghosh et al (2010) [7]. Como precursores de cálcio e fósforo utilizou-se nitrato de cálcio tetrahidratado (Vetec – Química Fina, Brasil) e fosfato de amônio di-básico (Vetec – Química Fina, Brasil). A mistura foi então colocada sob agitação magnética, e adicionada de ácido nítrico (Vetec – Química Fina, Brasil, 69%), em pequenas quantidades até a completa diluição do precipitado.

Posteriormente, a solução resultante, foi retirada do agitador e acrescida do combustível, sendo colocada sob agitação novamente. A solução foi então transferida para um cadinho e colocada em uma resistência elétrica para que houvesse a combustão.

O produto obtido foi deixado esfriando até atingir a temperatura ambiente, sendo macerado, pesado e dividido em quatro amostras de pesos semelhantes posteriormente. Três das amostras foram colocadas para calcinar em forno de mufla, com temperatura

inicial de 25°C até atingirem 600°C, 900°C e 1200°C, respectivamente, a uma taxa de 10°C/min e permanecendo nestas temperaturas durante 12 horas.

As etapas de obtenção dos pós de HAp por reação de combustão estão ilustradas nas Figuras 2 e 3, para os combustíveis glicina e ureia respectivamente.



Figura 2 – Etapas de obtenção de HAp por reação de combustão, utilizando glicina como combustível. (a) Aquecimento da mistura dos reagentes na resistência, (b) liberação dos gases provenientes da combustão e (c) pós da HAp obtido após a combustão completa.



Figura 3 – Etapas de obtenção de HAp por reação de combustão, utilizando ureia como combustível. (a) Aquecimento da mistura dos reagentes na resistência, (b) liberação dos gases provenientes da combustão e (c) pós da HAp obtido após a combustão completa.

## CARACTERIZAÇÕES

A caracterização estrutural dos pós de HAp obtidos foi realizada pela técnica de Difração de Raios-X (DRX). Um difratômetro BRUKER de modelo D2 PHASER foi utilizado para registrar os dados em  $2\theta$  no intervalo de 3° a 70°. Os dados obtidos foram analisados utilizando o *software* Origin 9.4 e os picos classificados de acordo com a carta da JCPDS para HAp. E a caracterização morfológica foi realizada por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) utilizando microscópio eletrônico de mesa Hitachi de modelo TM-3000.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Difração de raios-x (drx)

A partir da análise dos picos cristalográficos presentes nos difratogramas e sua comparação com a ficha padrão de HAp da JCPDS e resultados existentes na literatura, foi possível comprovar a formação da HAp como fase principal para os dois combustíveis

utilizados. No entanto, ocorreu também a formação de outras duas fases a  $\beta$ -fosfato tricálcio ( $\beta$ -TCP) que ocorre entre 20 e 30°, sendo esta fase similar a de HAp nas amostras de uréia, e a  $\alpha$ -fosfato tricálcio ( $\alpha$ -TCP) que ocorre entre 40-50°. Nas amostras de glicina, a fase predominante foi a HAp, que ocorre nos intervalos entre 10 e 20° e entre 30 e 40°, como ilustrado nas Figuras 2 e 3.

Desse modo, é possível verificar, através dos difratogramas que o material obtido na síntese por reação de combustão não foi a fase hidroxiapatita pura como era desejada, mas sim uma mistura de três fases de fosfato de cálcio.

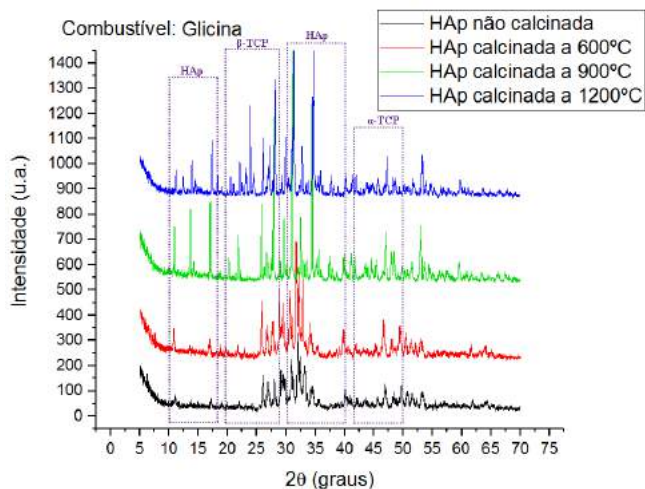


Figura 2 – HAp sintetizada utilizando glicina como combustível.

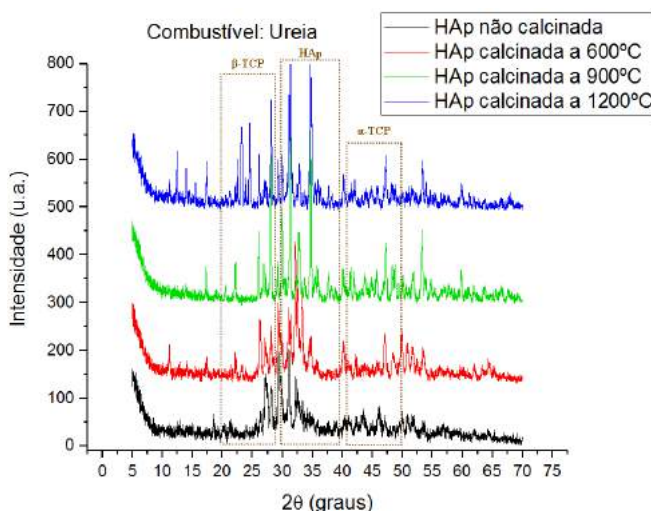


Figura 3 – HAp sintetizada utilizando ureia como combustível.

## Microscopia eletrônica de varredura (mev)

Os resultados da análise morfológica demonstraram que o aumento na temperatura de calcinação e o tipo de combustível utilizados tiveram influência direta no que diz respeito a morfologia dos grãos, sendo os grãos da HAp sintetizada utilizando glicina como combustível menores, de formato mais irregular e seus aglomerados mais porosos, como mostrado nas Figuras 4 e 5.

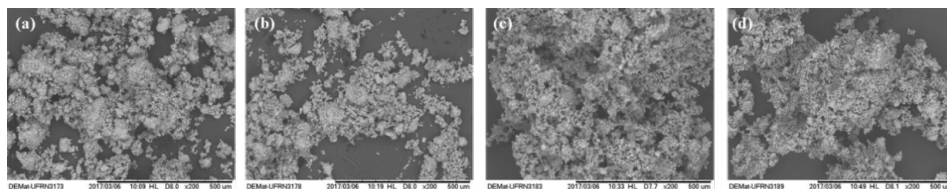


Figura 4 - Micrografias das amostras de HAp sintetizadas com o combustível glicina, com aumento de 200X. (a) Não calcinada, (b) Calcinada a 600°C, (c) Calcinada a 900°C, (d) Calcinada 1200°C.

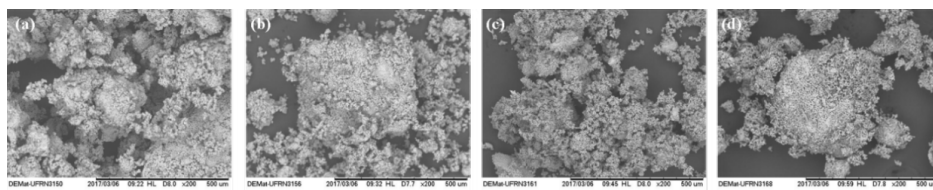


Figura 5 - Micrografias das amostras de HAp sintetizadas com o combustível ureia, com aumento de 200X. (a) Não calcinada, (b) Calcinada a 600°C, (c) Calcinada a 900°C, (d) Calcinada 1200°C.

## CONCLUSÕES

Diferentemente do interesse inicial, as amostras sintetizadas neste trabalho não foram compostas apenas pela fase hidroxiapatita (HAp) e sim uma mistura de três fases de fosfatos de cálcio (HAp +  $\beta$ -TCP +  $\alpha$ -TCP). Através da caracterização morfológica foi possível classificar os pós das amostras como aglomerados porosos, tendo as amostras de ureia tamanhos entre 2 e 10 $\mu$ m e as amostras de glicina entre 2,5 e 12 $\mu$ m. Através da análise dos resultados das caracterizações, concluiu-se que o combustível mais propício para a síntese de hidroxiapatita foi a glicina, uma vez que a fase predominante obtida foi a de HAp. No entanto, verifica-se a necessidade de melhoramento das condições de síntese para obter-se a HAp 100% pura.

## REFERÊNCIAS

[1] P. Torkittikul, A. Chaipanich, *Optimization of calcium chloride content on bioactivity and mechanical properties of White Portland cement. Materials Science & Engineering C*, 32 (2), p.282-289, 2012.

- [2] M. Epple, D. Tadic, *Mechanically stable implants of synthetic bone mineral by cold isostatic pressing*. **Biomaterials**, 24, p.4565–4571, 2003.
- [3] A. J. Nathanael, S. I. Hong, D. Mangalaraj, P. C. Chen, “*Large scale synthesis of hydroxyapatite nanospheres by high gravity method*”. **Chemical Engineering Journal**, v. 173, p. 846– 854, 2011.
- [4] Elton Simomukay, **Síntese e Caracterização de Ortofosfatos de Cálcio dopados com Nióbio (V) por meio da Rota Hidrotérmica e Avaliação de Citocompatibilidade**. 2013. 200 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Química Aplicada, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2013. Cap. 3, p. 63, 68-70.
- [5] S. J. Kalita, S. Verma, “*Nanocrystalline hydroxyapatite bioceramic using microwave radiation: Synthesis and characterization*”. **Materials Science and Engineering C**, v. 30, p. 295–303, 2010.
- [6] M. S. O. Araújo, M. V. L. Fook, G. T. F. S. Furtafo, M. F. A. Silva, O. B. Melo, Síntese E Caracterização De Hidroxiapatita Carbonatada Obtida Pelo Método De Precipitação. In: Congresso Latino-Americano De Órgãos Artificiais E Biomateriais, 7., 2012, Natal.
- [7] S. K. Ghosh, S. K. Roy, B. Kundu, S. Datta, D. Basu, “*Synthesis of nanosized hydroxyapatite powders through solution combustion route under diferente reaction conditions*”. **Materials Science and Engineering B**, v. 176, p. 14–21, 2009.
- [8] L. R. Rodrigues, **Síntese e caracterização de hidroxiapatita e titânia nanoestruturadas para a fabricação de compósitos**. 2008. 92 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008. Cap. 3, p. 28-30.
- [9] Annelise Alves, Carlos P. Bergmann, Felipe Amorim Berutti, Combustion Synthesis. In: Alves, Annelise Alves, Carlos P. Bergmann, Felipe Amorim Berutti, **Novel Synthesis and Characterization of Nanostructured Materials**. [s. L.]: Springer Science & Business Media, 2013. Cap. 2. p. 12-13.
- [10] T. L. Santos, A. M. D. Leite, K. M. S. Viana, ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DO COMBUSTÍVEL NA OBTENÇÃO DE HAP VIA REAÇÃO DE COMBUSTÃO. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIA DOS MATERIAIS, 22., 2016, Natal. **22º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais / CBECiMat**. Natal: [s.n.], 2016. p. 92 - 99.
- [11] R. G. Carrodeguas, S. De Aza, *α-Tricalcium phosphate: Synthesis, properties and biomedical applications*. **Acta Biomaterialia**, [s.l.], v. 7, n. 10, p.3536-3546, out. 2011.
- [12] S. Sasikumar, R. Vijayaraghavan, *Synthesis and Characterization of Bioceramic Calcium Phosphates by Rapid Combustion Synthesis*. **Journal Of Materials Science & Technology**, [s.l.], v. 26, n. 12, p.1114-1118, dez. 2010.
- [13] D. F. Williams, *On the mechanisms of biocompatibility*. **Biomaterials**, Vol.29, No.20, (April 2008), pp. 2941-2953, ISSN 0142-9612.

## 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)

