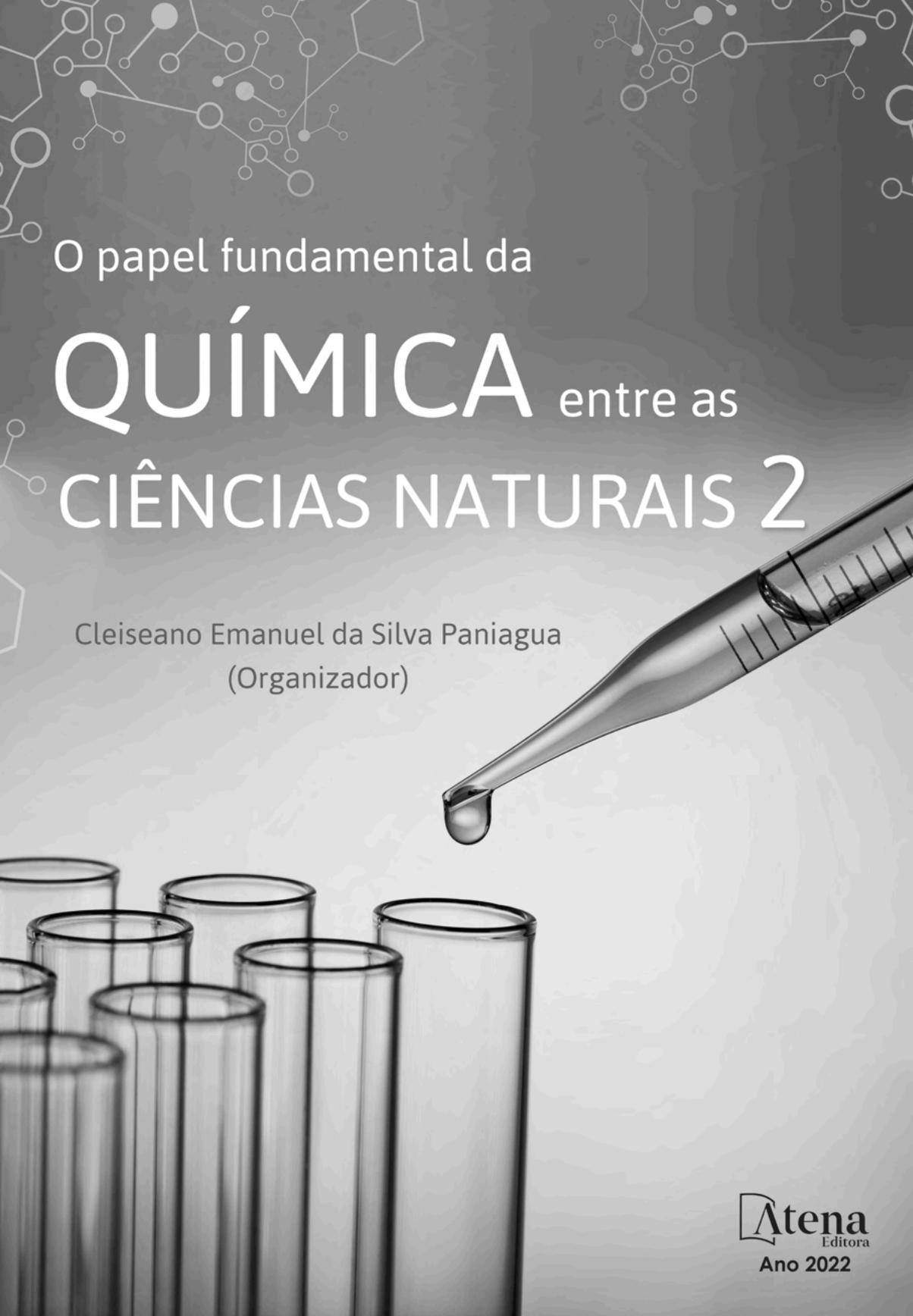
The background features a blue gradient with white chemical structures (molecules and rings) scattered across the top. In the lower half, there is a close-up of a glass dropper with a red liquid drop about to fall into a row of several test tubes. The lighting is soft, creating a professional and scientific atmosphere.

O papel fundamental da

QUÍMICA entre as CIÊNCIAS NATURAIS 2

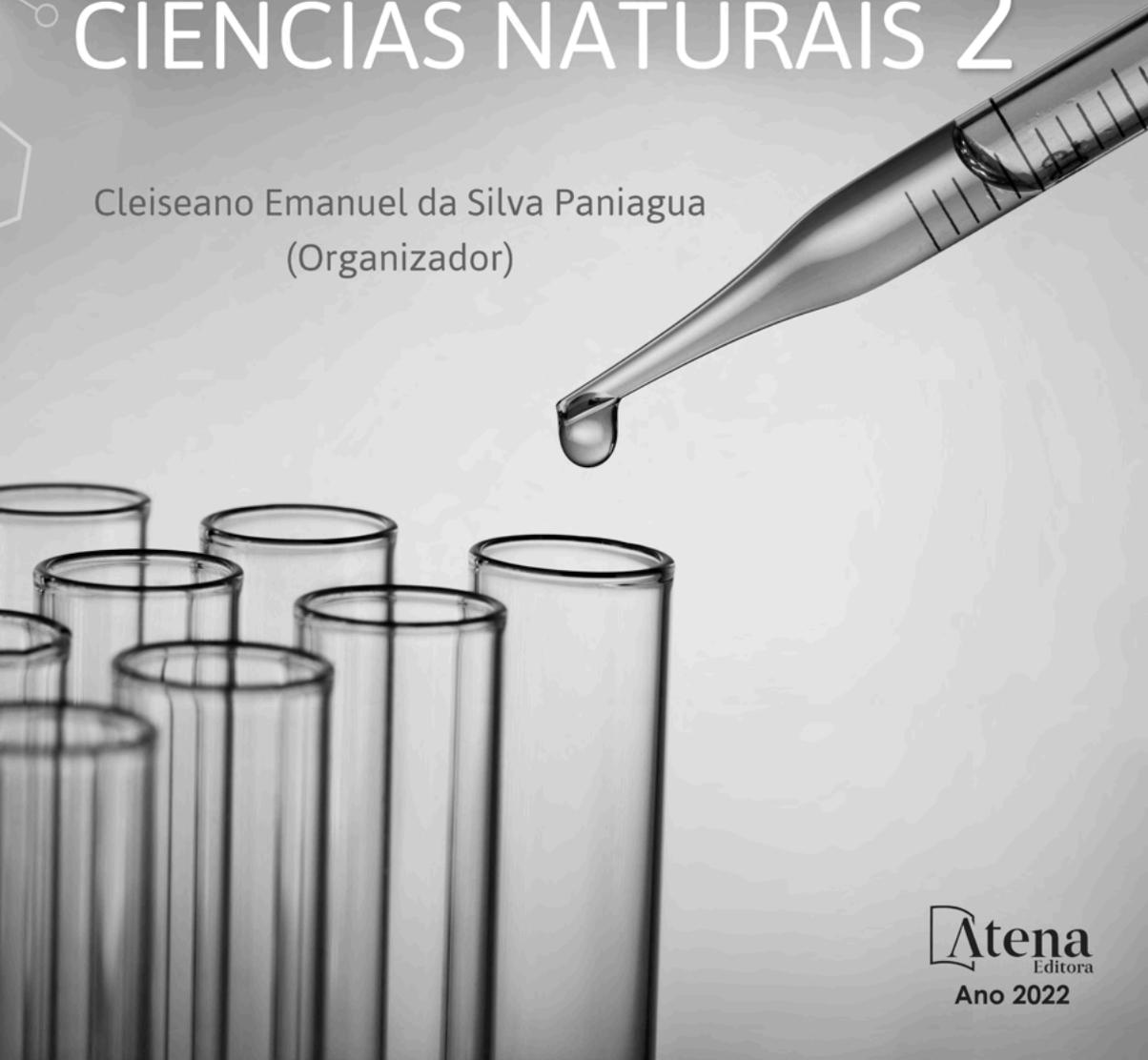
Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
(Organizador)



O papel fundamental da

QUÍMICA entre as CIÊNCIAS NATURAIS 2

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
(Organizador)



Atena
Editora
Ano 2022

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

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 2

Diagramação: Daphynny Pamplona
Correção: Maiara Ferreira
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
2 / Organizador Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua.
- Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-258-0027-1

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.271220604>

1. Química. 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

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 2” é composto por onze capítulos que apresentam trabalhos nas diferentes áreas da química: *i)* teoria e prática no ensino de química; *ii)* química dos produtos naturais; *iii)* química dos materiais; e *iv)* aplicação de novos materiais e biotecnologia para remediação ambiental.

O primeiro capítulo apresenta um trabalho resultante da observação, experiência e desafios enfrentados por discentes do curso de licenciatura em química, frente ao desafio do processo de ensino-aprendizagem de alunos do ensino médio.

O segundo capítulo apresenta um estudo que trata da importância de compostos fenólicos com propriedades antioxidantes, provenientes de frutos que compõem a dieta alimentar de milhares de famílias. Já os capítulos três e quatro apresentam estudos que avaliaram as propriedades físico-químicas de biodiesel provenientes da espécie Ouricuri e das sementes de *Glycine Max* e *Ricinus Communis L.*

Os capítulos de cinco a nove apresentam trabalhos que objetivaram sintetizar, caracterizar e elucidar as inúmeras propriedades de materiais provenientes de fibra de carbono, aminas quirais, fibras de TiO_2 e de bambu funcionalizadas com óxido de ferro; a fim de se avaliar inúmeras propriedades: *i)* catalíticas; *ii)* semicondutoras e luminescentes; *iii)* novas nanoestruturas pela combinação de duas ou mais substâncias químicas; *iv)* preparo de filmes finos biodegradáveis entre outras propriedades que visem a sua aplicação em larga escala, que leve a proporcionar inúmeros benefícios em forma de tecnologia para a sociedade.

O capítulo 10 apresenta um trabalho de revisão no qual se avaliou a eficiência de Ag_2WO_4 como fotocatalisador para a remoção de corantes em matrizes aquosas. Por fim, o capítulo 11 apresenta uma revisão da aplicação da propriedade de bioluminescência da bactéria *Vibrio fischeri* frente à exposição da toxicidade provenientes de inúmeras classes de Contaminantes de Interesse Emergente e seus produtos de transformação provenientes da aplicação de diferentes processos oxidativos avançados em matrizes aquosas.

Diante desta diversidade de trabalhos que abordaram a aplicação de diferentes áreas da química e afins, esta área da ciência demonstra a sua fundamental importância para aperfeiçoar, desenvolver e remediar novos produtos que chegam até o consumo da sociedade e que objetiva melhorar e aumentar a qualidade de vida das pessoas.

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

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

EXPERIÊNCIAS DE INSERÇÃO PROFISSIONAL NO ENSINO DE QUÍMICA: TEORIA E PRÁTICA

Alan Stampini Benhame de Castro
Hauster Maximiler Campos de Paula

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2712206041>

CAPÍTULO 2..... 12

IMPORTÂNCIA DOS BIOATIVOS FENÓLICOS COMO ANTIOXIDANTES NATURAIS

Maria Celeste da Silva Sauthier
Ana Maria Pinto dos Santos
Walter Nei Lopes dos Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2712206042>

CAPÍTULO 3..... 23

AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DAS MISTURAS DE BIODIESEL DE OURICURI E DIESEL DE PETRÓLEO

Rafaela Gabriel
João Inácio Soletti
Sandra Helena Vieira de Carvalho

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2712206043>

CAPÍTULO 4..... 35

TRANSESTERIFICAÇÃO *IN SITU* MEDIADA POR MICRO-ONDAS PARA PRODUÇÃO DE BIODIESEL A PARTIR DE SEMENTES DE *Glycine max* E *Ricinus communis L.*

Sávio Eduardo Oliveira Miranda
Sandro Luiz Barbosa dos Santos
Stanlei Ivair Klein

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2712206044>

CAPÍTULO 5..... 45

A THERMODYNAMIC APPROACH FOR MICROSTRUCTURES WITHIN CARBON FIBERS PRECURSORY MESOPHASE PITCH BASED ON THE MÜLLER-LIU PROCEDURE

Caio Cesar Ferreira Florindo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2712206045>

CAPÍTULO 6..... 53

RESOLUÇÃO CINÉTICA DINÂMICA DE AMINAS QUIRAIS COM CATALISADOR HETEROGÊNEO DE PALÁDIO SUPORTADO EM DOLOMITA

Fernanda Amaral de Siqueira
Renata Costa Zimpeck
José Carlos Queiroz Arêas
Larissa Moisés da Silva
Lívia Yuriko Sawada

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2712206046>

CAPÍTULO 7..... 64

OBSERVAÇÃO DA INFLUÊNCIA DE TUNGSTÊNIO PRESENTE EM FIBRAS DE TiO₂ UTILIZADAS COMO SEMICONDUTORES EM FOTOCATÁLISE HETEROGÊNEA

Luana Góes Soares da Silva
Annelise Kopp Alves

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2712206047>

CAPÍTULO 8..... 75

SÍNTESE DE SEMICONDUTORES DE DIFERENTES COMPOSIÇÕES E SUA CAPACIDADE DE ABSORÇÃO NA REGIÃO UVA

Luana Góes Soares da Silva
Annelise Kopp Alves

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2712206048>

CAPÍTULO 9..... 85

PREPARAÇÃO DE FILMES FINOS BIODEGRADÁVEIS A BASE DE BAMBU FUNCIONALIZADOS COM ÓXIDO DE FERRO

Viviane Alencar Marques Araújo do Nascimento
Marcelo Ramon da Silva Nunes
William Ferreira Alves
Anselmo Fortunato Ruiz Rodriguez

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2712206049>

CAPÍTULO 10..... 94

UMA BREVE REVISÃO DO DESEMPENHO DO Ag₂WO₄ NA REMOÇÃO DE CORANTES EM SOLUÇÃO AQUOSA POR FOTOCATÁLISE

Francisco das Chagas Marques da Silva
Germano Pereira dos Santos
Francisco de Assis Araújo Barros
Geraldo Eduardo da Luz Júnior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.27122060410>

CAPÍTULO 11..... 104

UTILIZAÇÃO DA BACTÉRIA *Vibrio fischeri* NA INDICAÇÃO DE TOXICIDADE AGUDA PROVENIENTES DE CONTAMINANTES DE INTERESSE EMERGENTE E SEUS PRODUTOS DE DEGRADAÇÃO AVALIADOS EM DIFERENTES MATRIZES AQUOSAS

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
Valdinei de Oliveira Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.27122060411>

SOBRE O ORGANIZADOR..... 117

ÍNDICE REMISSIVO..... 118

CAPÍTULO 10

UMA BREVE REVISÃO DO DESEMPENHO DO Ag_2WO_4 NA REMOÇÃO DE CORANTES EM SOLUÇÃO AQUOSA POR FOTOCATÁLISE

Data de aceite: 01/03/2022

Data da submissão: 01/02/2022

Francisco das Chagas Marques da Silva

GERATEC, Centro de Ciências da Natureza,
Universidade Estadual do Piauí
Teresina-PI, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/1711864209556135>

Germano Pereira dos Santos

Instituto Federal do Piauí
Corrente - PI, Brasil
Departamento de Química, Universidade
Federal do Piauí
Teresina – PI, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/4900640894192147>

Francisco de Assis Araújo Barros

Instituto Federal do Piauí
Picos -PI, Brasil
Departamento de Química, Universidade
Federal do Piauí
<http://lattes.cnpq.br/4849571228185835>

Geraldo Eduardo da Luz Júnior

GERATEC, Centro de Ciências da Natureza,
Universidade Estadual do Piauí
Teresina-PI, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/6484967625971729>

RESUMO: Este trabalho apresenta uma breve revisão de artigos sobre tungstato de prata (Ag_2WO_4) com aplicação em fotocatalise, visando verificar o potencial desse material na degradação de corantes, bem como os desafios e estratégias para maximizar a mencionada aplicação. As

buscas foram realizadas na base *ScienceDirect*, delimitando o período de 2013-2021 e incluindo os termos: Ag_2WO_4 *photocatalytic*; Ag_2WO_4 *degradation* e Ag_2WO_4 *photocatalyst*. O número de trabalhos encontrados foram aumentando cada ano, o que indica o interesse da comunidade científica no material (Ag_2WO_4). O número de publicações localizadas na revisão foi similar com os três termos pesquisados. O Ag_2WO_4 tem potencial com fotocalisador, mas não é fotoestável. A revisão mostrou que as estratégias para contornar a dificuldade da fotoestabilidade e maximizar a atividade do tungstato de prata como fotocatalisador envolvem a formação de compósito e uso de suporte. Essas estratégias melhoraram o desempenho do Ag_2WO_4 e a fotoestabilidade. A maioria dos artigos analisados trata da fotodegradação de corantes, especialmente rodamina B, alaranjado de metila e azul de metileno. Os artigos apresentaram a degradação de até 100% dos corantes e possibilidade de executar até seis ciclos de reuso. Os compósitos são bem diversificados, mas o estudo com suporte ainda está muito focado apenas no $g-C_3N_4$.

PALAVRAS-CHAVE: remoção, degradação, corantes.

A BRIEF REVIEW OF THE PERFORMANCE OF Ag_2WO_4 IN THE REMOVAL OF DYE IN AQUEOUS SOLUTION BY PHOTOCATALYSIS

ABSTRACT: This work presents a brief review of articles on silver tungstate (Ag_2WO_4) with application in photocatalysis, aiming to verify the potential of this material in the degradation of dyes,

as well as the challenges and strategies to maximize the mentioned application. Searches were performed on the ScienceDirect database, delimiting the period from 2013-2021 and including the terms: Ag_2WO_4 photocatalytic; Ag_2WO_4 degradation and Ag_2WO_4 photocatalyst. The number of publications found increased each year, which indicates the interest of the scientific community in the material (Ag_2WO_4). The number of publications found was similar with the three search terms. Ag_2WO_4 has potential as a photolyser, but it is not photostable. The review showed that the strategies to overcome the difficulties of photostability and maximize the activity of silver tungstate as a photocatalyst involve composite formation and use of support. These strategies improved Ag_2WO_4 performance and photostability. Most of the articles analyzed deal with the photodegradation of dyes, especially rhodamine B, methyl orange and methylene blue. The articles presented the degradation of up to 100% of the dyes and the possibility of executing up to six reuse cycles. Composites are well diversified, but the supported study is still very focused on $\text{g-C}_3\text{N}_4$ alone.

KEYWORDS: removal, degradation, dyes.

1 | INTRODUÇÃO

Um dos processos promissores na remediação da poluição ambiental é a fotocatalise, a qual consiste em um processo físico-químico baseado na fotorreação de um semicondutor (ROCA *et al.*, 2015). O fundamento básico da fotocatalise heterogênea consiste na ativação do fotocatalisador ao absorver energia de radiação visível ou ultravioleta que deve ser igual ou superior a energia do band gap do fotocatalisador (LI; YU; JARONIEC, 2016). Isso promove a formação do par elétron (e^-)/lacuna (h^+), essas espécies podem migrar para superfície e iniciar uma série de reações (oxidação e redução) com espécies adsorvidas na catalisador (ROCA *et al.*, 2015; LI; YU; JARONIEC, 2016). A fotocatalise vem atraindo a atenção da comunidade científica pela boa eficiência na remediação de poluentes ambientais (JING; KANG, 2020).

Um aspecto importante para a fotocatalise é o fotocatalisador, um tradicional é o TiO_2 conhecido desde 1972, uma vez que tem bom desempenho e boa disponibilidade (XU *et al.*, 2018; JING; KANG, 2020). Entretanto, TiO_2 tem energia de band gap em torno de 3,2 eV e, portanto, absorve pouco da luz visível (CHEN; XU, 2014). Isso levou a busca por outros óxidos metálicos e semicondutores que tivessem potencial para a fotocatalise. Assim vários óxidos vêm sendo investigados, tais como: ZnO (ORTEGA *et al.*, 2021), CuO (NAYAK *et al.*, 2020), Fe_3O_4 e WO_3 (LIMA *et al.*, 2020), $\text{Ag}_3(\text{PO}_4)_2$ (CRUZ-FILHO *et al.*, 2019) e Ag_2WO_4 , Ag_2MoO_4 e Ag_2CrO_4 (XU *et al.*, 2015; ZHU, ZHOU, ZHAN, 2020).

Nos últimos 5 anos, fotocatalisador à base de prata tem despertado o interesse da comunidade científica (LI *et al.*, 2015). Entre esses compostos, o tungstato de prata (Ag_2WO_4) tem se destacado por apresentar boa atividade fotocatalítica (SAN-MIGUEL *et al.*, 2016; ZHU; ZHOU; ZHAN, 2020). Esse óxido apresenta poliformismo com três formas cristalográficas: α - (alfa), β - (beta) e γ - (gamma) (FOGGI *et al.*, 2017; ZHOU; ZHAN, 2020). A fase α - (alfa) é a mais estável e apresenta uma estrutura complexa formada por clusters

octaédricos (AgO_6 e WO_6), bipirâmide pentagonal (AgO_7), tetraédricos (AgO_4) e angulares (AgO_2) (FOGGI *et al.*, 2017; ZHU; ZHOU; ZHAN, 2020).

Os métodos de síntese para a obtenção do Ag_2WO_4 são variados, mas recentemente os métodos de precipitação ou co-precipitação (ANDRADE NETO *et al.*, 2019; SILVA F *et al.*, 2020), hidrotermal convencional (AYAPPAN *et al.*, 2019), hidrotermal assistido com micro-ondas (DA SILVA *et al.*, 2016) e sonoquímico (SILVA F *et al.*, 2020) têm sido frequentemente utilizados. A aplicação do tungstato de prata é ampla: bactericida (FOGGI *et al.*, 2017), adsorvente (DUTTA *et al.*, 2014; SILVA F *et al.*, 2020), sensor (DA SILVA *et al.*, 2016) e fotocatalisador (ANDRADE NETO *et al.*, 2019; ZHU; ZHOU; ZHAN, 2020).

Diante do exposto, essa revisão analisa o potencial do tungstato de prata (Ag_2WO_4) como fotocatalisador para verificar o potencial e/ou limitação para aplicação em fotocatalise, bem como meios ou estratégias para contornar limitação na referida aplicação. O foco principal da revisão foram as atividades fotocatalíticas para os corantes rodamina B, azul de metileno e alaranjado de metila, pois estão entre os corantes mais utilizados na indústrias e os mais danosos para o meio ambiente (SILVA M *et al.*, 2020; KOKILAVANI *et al.*, 2021).

2 | APLICAÇÃO DE Ag_2WO_4 COMO FOTOCATALISADOR

O interesse da comunidade científica na atividade fotocatalítica do Ag_2WO_4 pode ser verificado através da busca por artigos publicados com este enfoque em diferentes bases de dados de pesquisa. A Figura 1 apresenta o quantitativo de publicações sobre Ag_2WO_4 , como fotocatalisador, na base *ScienceDirect*.

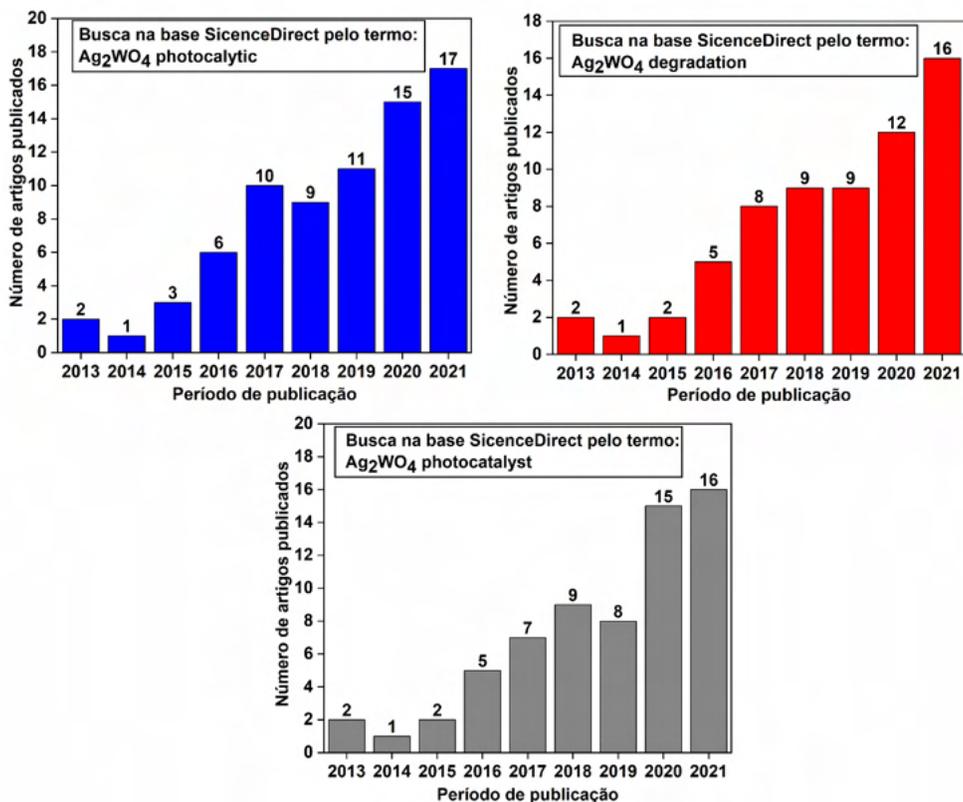


Figura 1. Evolução de publicações sobre Ag_2WO_4 como fotocatalisador no período de 2013-2021 na base *ScienceDirect*.

A busca foi realizada na base *ScienceDirect* usando os termos: Ag_2WO_4 *photocatalytic*, Ag_2WO_4 *degradation* e Ag_2WO_4 *photocatalyst*. A busca utilizando esses termos mostrou um crescimento do número de artigos publicados ao longo dos anos. Os termos Ag_2WO_4 *photocatalytic*, Ag_2WO_4 *degradation* e Ag_2WO_4 *photocatalyst* exibiram respectivamente 74, 64 e 65 artigos publicados nos últimos 9 anos (2013-2021). A busca por Ag_2WO_4 *photocatalytic* exibiu o maior número de artigo publicado, o ano de 2021 apresenta um aumento de 8,5 vezes em relação às publicações de 2013, conforme mostrado na Figura 1. Dessa forma é inegável a importância desse material (Ag_2WO_4) para remediação ambiental, mas é pertinente analisarmos qual o enfoque e estágio dessas pesquisas. Nesse sentido, os próximos tópicos estão relacionados à análise do desempenho em fotocatalise e estratégias para contornar a fotoestabilidade de Ag_2WO_4 .

2.1 Análise do desempenho de ag_2wo_4 em fotocatalise

Após a busca dos artigos na base *ScienceDirect*, uma triagem foi realizada para identificar os trabalhos com Ag_2WO_4 com aplicação voltada para degradação de corante. A triagem identificou apenas um trabalho com Ag_2WO_4 puro aplicado na degradação de

corante. Esse trabalho é do ano de 2014, no qual os autores sintetizaram o tungstato de prata na fase α e β e usaram na degradação do corante X3B (Vermelho reativo brilhante). Esse estudo usou a concentração de 1g/L de Ag_2WO_4 e 0,066 mM do corante sob radiação ultravioleta (CHEN e Xu, 2014). O estudo de Chen e Xu (2014) conclui que Ag_2WO_4 , nas fases α e β , é fotoativo na degradação do corante, mas não é fotoestável porque se decompõe em prata metálica quando exposto a radiação.

O Ag_2WO_4 se mostrou promissor como fotocatalisador para remediação ambiental, mas apresentava o desafio da fotoestabilidade. A princípio pode parecer contraditório afirmar que Ag_2WO_4 é promissor como fotocatalisador, uma vez que de todos os artigos analisados apenas um, usa o Ag_2WO_4 puro. Entretanto não há contradição pois os outros artigos tratam de Ag_2WO_4 combinados com outros compostos ou elementos para contornar o problema da fotoestabilidade, corroborando o potencial de Ag_2WO_4 como fotocatalisador para remediação ambiental.

3 I ESTRATÉGIAS PARA CONTORNAR A FOTOESTABILIDADE DE Ag_2WO_4

As pesquisas com foco na problemática da fotoestabilidade e na melhora do desempenho de Ag_2WO_4 como fotocatalisador envolveram algumas estratégias, tais como: formação de fotocatalisador plasmônico (LIU *et al.*, 2013; DAI *et al.*, 2016), uso de suporte (VIGNESH e KANG, 2015; ZHU *et al.*, 2017; ZHU, ZHOU E ZHAN, 2020) formação de compósito, tais como $\text{Ag}_2\text{S}/\text{Ag}_2\text{WO}_4$ (HE *et al.*, 2016), $\text{g-C}_3\text{N}_4/\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{Ag}_2\text{WO}_4/\text{AgBr}$ (MOUSAVI e HABIBI-YANGJEH, 2018), $\text{CaWO}_4/\text{Ag}_2\text{WO}_4$ (AYAPPAN *et al.*, 2019) e $\text{ZnS}/\text{Ag}_2\text{WO}_4$ (KOKILAVANI *et al.*, 2021).

Os dados foram organizados em tabelas para facilitar o entendimento e visualização do desempenho dos melhores fotocatalisadores, à base de Ag_2WO_4 , para degradação dos corantes rodamina B, azul de metileno e alaranjado de metila. Estes resultados foram obtidos a partir da busca na base *Science Direct* no período de 2013-2021. A tabela 1 apresenta o resumo do desempenho dos fotocatalisadores, à base de Ag_2WO_4 , na degradação do corante Rodamina B, pesquisados na base *ScienceDirect* no período de 2013-2021.

Fotocatalisador	Dose	Tempo ^a	Taxa ^b	Reuso	Referências
$\text{Ag}_2\text{WO}_4/\text{AgCl}$	4,8 mg L ⁻¹	60	100%	-	Liu <i>et al.</i> , 2013
$\text{Ag}_2\text{WO}_4@\text{g-C}_3\text{N}_4$	10 mg L ⁻¹	20	~100%	4	LI <i>et al.</i> , 2016
$\text{ZnO}/\text{Ag}/\text{Ag}_2\text{WO}_4/\text{AgI}$	4,8 mg L ⁻¹	60	~100%	4	Pirhashemi e Habibi-Yangjeh, 2017

Ag/AgBr/Ag ₂ WO ₄	10 mg L ⁻¹	50	~100%	6	Li <i>et al.</i> , 2018
Ag/Ag ₂ WO ₄ /UiO-66	48 mg L ⁻¹	60	90%	5	Sofi e Majid, 2019
Ag ₂ WO ₄ /Sb ₂ WO ₆	40 mg L ⁻¹	70	86%	4	Rafiq <i>et al.</i> , 2020
Ag ₂ WO ₄ /BiOCl	5 mg L ⁻¹	25	~81%	4	Cen <i>et al.</i> , 2021

a = tempo em minutos; b = taxa de degradação em porcentagem

Tabela 1. Desempenho fotocatalítico de fotocatalisador, à base de Ag₂WO₄, na degradação do corante Rodamina B

De acordo com a Tabela 1, as estratégias de formar compósito por heterojunção com o tungstato de prata e o uso de suporte são eficientes para fotodegradação. As vantagens podem ser avaliadas em relação ao tempo, taxa de degradação e ciclo de reuso. Em relação ao tempo, a variação foi de 25 a 70 minutos, a taxa de degradação está entre 81 e 100%, e reuso com 4 a 6 ciclos.

Esses trabalhos mostrados na tabela e outros, tais como: (QIU *et al.*, 2017; FEIZPOOR e HABIBI-YANGJEH, 2018; LIU *et al.*, 2019; RAFIQ *et al.*, 2020) corroboram que a formação de compósitos e o uso de suporte para obter fotocatalisador, à base de Ag₂WO₄, para degradação de corantes são estratégias promissoras para remediação ambiental.

A Tabela 2 apresenta os principais parâmetros de desempenho dos fotocatalisadores, à base de Ag₂WO₄, na degradação do corante alaranjado de metila, pesquisados na base *ScienceDirect* no período de 2013-2021.

Fotocatalisador	Dose	Tempo ^a	Taxa ^b	Reuso	Referências
α-Ag ₂ WO ₄ /AgBr	-	30	60%	3	Li <i>et al.</i> , 2015
Ag ₂ WO ₄ /AgX X = Cl, I, Br	10 mg L ⁻¹	30	60%	3	Liu <i>et al.</i> , 2015
Ag ₂ WO ₄ @g-C ₃ N ₄	10 mg L ⁻¹	50	~85%	4	LI <i>et al.</i> , 2016
Ag ₂ S/Ag ₂ WO ₄	20 mg L ⁻¹	60	70%	3	He <i>et al.</i> , 2016
g-C ₃ N ₄ /Ag ₂ WO ₄	10 mg L ⁻¹	150	95%	-	Zhu <i>et al.</i> , 2017
Sb ₂ S ₃ /Ag ₂ WO ₄	10 mg L ⁻¹	180	74%	5	Ayappan <i>et al.</i> , 2020

a = tempo em minutos; b = taxa de degradação em porcentagem

Tabela 2. Desempenho fotocatalítico de fotocatalisador, à base de Ag₂WO₄, na degradação do corante Alaranjado de metila

Segundo os dados apresentados na Tabela 2 é evidente que a estratégia de

formar compósito por heterojunção com tungstato de prata e uso de suporte melhora o desempenho para fotodegradação do corante alaranjado de metila. Ao comparar a Tabela 1 com a Tabela 2, percebe-se que para o corante alaranjado de metila: a taxa e o tempo de degradação são, respectivamente, menores e maiores. Isso deve estar relacionado com a diferença de estrutura do corante rodamina B e o corante alaranjado de metila.

A Tabela 3 apresenta o resumo do desempenho dos fotocatalisadores, à base de Ag_2WO_4 , na degradação do corante azul de metileno, pesquisados na base *ScienceDirect* no período de 2013-2021.

Fotocatalisador	Dose	Tempo ^a	Taxa ^b	Reuso	Referências
$\text{Ag}_2\text{WO}_4 @ \text{g-C}_3\text{N}_4$	10 mg L ⁻¹	180	100%	4	Vignesh, Kang, 2015
$\text{g-C}_3\text{N}_4 / \text{Ag}_2\text{WO}_4 / \text{Ag}$	10 mg L ⁻¹	60	91%	5	Dai <i>et al.</i> , 2016
$\text{Ag}_2\text{WO}_4 / \text{Ag} / \text{Bi}_2\text{MoO}_6$	8 mg L ⁻¹	100	90%	5	Lv <i>et al.</i> , 2017
$\text{AgCl} / \text{Ag}_2\text{WO}_4$	10 mg L ⁻¹	120	~96%	5	Xu <i>et al.</i> , 2018
$\text{Sb}_2\text{S}_3 / \text{Ag}_2\text{WO}_4$	20 mg L ⁻¹	60	~91%	5	Ayappan <i>et al.</i> , 2020
$\text{Fe}_3\text{O}_4 @ \text{SiO}_2 @ \text{Ag}_2\text{WO}_4 @ \text{Ag}_2\text{S}$	30 mg L ⁻¹	60	100%	5	Jabbar e Ebrahim, 2021
$\text{MnS} / \text{Ag}_2\text{WO}_4$	10 mg L ⁻¹	200	~92%	5	Kokilavani <i>et al.</i> , 2021

a = tempo em minutos; b = taxa de degradação em porcentagem

Tabela 3. Desempenho fotocatalítico de fotocatalisador, à base de Ag_2WO_4 , na degradação do corante azul de metileno

As informações da Tabela 3 evidenciam o melhoramento da fotoatividade e da fotoestabilidade dos catalisadores, à base de tungstato de prata (Ag_2WO_4), testados para a degradação do corante azul de metileno. O melhoramento da atividade é percebido pela taxa de degradação próxima de 100%, e a fotoestabilidade permitiu até 6 ciclos de reuso mantendo bom desempenho fotocatalítico.

Os resumos dos artigos, apresentados nas Tabelas (1, 2 e 3), bem como a análise global da revisão mostraram que os compósitos são diversificados, incluindo: AgX (X = Cl, Br, I), AgS , CoS , MnS , Fe_3O_4 , WO_3 , ZnO , BiOCl . Quanto ao uso do suporte, o mais frequente é o $\text{g-C}_3\text{N}_4$, pois ele absorve na região do visível.

4 | CONCLUSÕES

A revisão verificou o interesse da comunidade científica no tungstato de prata como fotocatalisador para degradação de corantes. Isso foi corroborado pelo crescente número de publicações ao longo dos anos. Os trabalhos têm focado em formar compósito com Ag_2WO_4 e no uso de suporte para melhorar a fotoestabilidade e o desempenho dos fotocatalisadores, à base de tungstato de prata (Ag_2WO_4). Essas estratégias têm se mostrado eficientes, sendo possível a realização de até 6 ciclos, mantendo boa taxa de degradação. Os compostos com melhores fotoestabilidade são complexos, alguns formados por mais de três materiais ($\text{Fe}_3\text{O}_4@ \text{SiO}_2@ \text{Ag}_2\text{WO}_4@ \text{Ag}_2\text{S}$). O uso de suporte também foi eficiente para melhorar o desempenho e fotoestabilidade, porém os trabalhos vêm explorando especialmente o suporte $\text{g-C}_3\text{N}_4$. Dessa forma ainda há a lacuna de explorar outros suportes, tipo SBA-15, MCM-41, HDL (hidróxido duplo lamelar), e focar também em novos compostos.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE NETO, N. F.; OLIVEIRA, P. M.; BOMIO, M. R. D.; MOTTA, F. V. **Effect of temperature on the morphology and optical properties of Ag_2WO_4 obtained by the co-precipitation method: Photocatalytic activity.** *Ceramics International*, v. 45, p. 15205-15212, 2019.
- AYAPPAN, C.; PALANIVEL, B.; JAYARAMAN, V.; MAIYALAGAN, T.; MANI, A. **One-step hydrothermal synthesis of $\text{CaWO}_4/\alpha\text{-Ag}_2\text{WO}_4$ heterojunction: An efficient photocatalyst for removal of organic contaminants.** *Materials Science in Semiconductor Processing*, v. 104, p. 104693, 2019.
- AYAPPAN, C.; JAYARAMAN, V.; PALANIVEL, B.; PANDIKUMAR, A.; MANI, A. **Facile preparation of novel Sb_2S_3 nanoparticles/rod-like $\alpha\text{-Ag}_2\text{WO}_4$ heterojunction photocatalysts: Continuous modulation of band structure towards the efficient removal of organic contaminants.** *Separation and Purification Technology*, v. 236, p. 16302, 2020.
- CEN, S.; LV, X.; LIU, Q.; LI, D.; JIANG, Y.; HOU, C.; ZHANG, P.; XU, Y. **Direct Z-scheme $\text{Ag}_2\text{WO}_4/\text{BiOCl}$ composite photocatalyst for efficient photocatalytic degradation of dissolved organic impurities.** *Optik – International Journal for Light and Electron Optics*, v. 243, p. 166847, 2021.
- CHEN, H.; XU, Y. **Photoactivity and stability of Ag_2WO_4 for organic degradation in aqueous suspensions.** *Applied Surface Science*, v. 319, p. 319-323, 2014.
- CRUZ-FILHO, J. F.; COSTA, T. M. S.; LIMA, M. S.; SILVA, L. J.; SANTOS, R. S.; CAVALCANTE, L. S.; LONGO, E. **Effect of different synthesis methods on the morphology, optical behavior, and superior photocatalytic performances of Ag_3PO_4 sub-microcrystals using white-light-emitting diodes.** *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, v. 377, p. 14-25, 2019.
- DAI, K.; LV, J.; LU, L.; LIANG, C.; GENG, L.; ZHU, G. **A facile fabrication of plasmonic $\text{g-C}_3\text{N}_4/\text{Ag}_2\text{WO}_4/\text{Ag}$ ternary heterojunction visible-light photocatalyst.** *Materials Chemistry and Physics*, v. 177, p. 529-537, 2016.
- FEIZPOOR, S.; HABIBI-YANGJEH, A. **Integration of Ag_2WO_4 and AgBr with TiO_2 to fabricate ternary nanocomposites: Novel plasmonic photocatalysts with remarkable activity under visible light.** *Materials Research Bulletin*, v. 99, p. 93-102, 2018.

- FOGGI, C. C.; FABBRO, M. T.; SANTOS, L. P. S.; DE SANTANA, Y. V. B.; VERGANI, C. E.; MACHADO, A. L.; CORDONCILLO, E.; ANDRÉS, J.; LONGO, E. **Synthesis and evaluation of α - Ag_2WO_4 as novel antifungal agent**. *Chemical Physics Letters*, v. 674, p. 125-129, 2017.
- HE, H.; XUE, S.; WU, Z.; YU, C.; YANG, K.; PENG, G.; ZHOU, W.; LI, D. **Sonochemical fabrication, characterization and enhanced photocatalytic performance of $\text{Ag}_2\text{S}/\text{Ag}_2\text{WO}_4$ composite microrods**. *Chinese Journal of Catalysis*, v. 37, p. 1841-1850, 2016.
- JABBAR, Z. H.; EBRAHIM, S. E. **Synthesis, characterization, and photocatalytic degradation activity of core/shell magnetic nanocomposites ($\text{Fe}_3\text{O}_4@ \text{SiO}_2@ \text{Ag}_2\text{WO}_4@ \text{Ag}_2\text{S}$) under visible light irradiation**. *Optical Material*, <https://doi.org/10.1016/j.optmat.2021.11.1818>.
- JIN, Y.-J.; KANG, L. **CdS nanoparticles decorated Ag_2WO_4 nanorods for increased photocatalytic performance and stability under visible light irradiation**. *Ceramics International*, v. 46, p. 18826-18831, 2020.
- KOKILAVANI, S.; SYED, A.; RAJESHWARI, M. R.; SUBHIKSHA, V.; ELGORBAN, A. M.; BAHKALI, A. H.; ZAGHLOUL, N. S. S.; DAS, A.; KHAN S. S. **Decoration of Ag_2WO_4 on plate-like MnS for mitigating the charge recombination and tuned bandgap for enhanced white light photocatalysis and antibacterial applications**. *Journal of Alloys and Compounds*, v. 889, p. 161662, 2021.
- LI, J.; YU, C.; ZENG, C.; ETOGO, A.; XIE, Y.; ZHONY, Y.; HU, Y. **Facile formation of $\text{Ag}_2\text{WO}_4/\text{AgX}$ (X= Cl, Br, I) hybrid nanorods with enhanced visible-light-driven photoelectrochemical properties**. *Materials Research Bulletin*, v. 61, p. 315-320, 2015.
- LIMA, M. S.; CRUZ-FILHO, J. F.; NOLETO, L. F. G.; SILVA, L. J.; COSTA, T. M. S.; LUZ JR., G. E. **Synthesis, characterization, and catalytic activity of $\text{Fe}_3\text{O}_4@ \text{WO}_3/\text{SBA-15}$ on photodegradation of the acid dichlorophenoxyacetic (2,4-D) under UV irradiation**. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, v. 8, p. 104145, 2020.
- LI, S.; JIANG, W.; HU, S.; LIU, Y.; LIU, J. **Construction of a novel ternary $\text{Ag}/\text{AgBr}/\text{Ag}_2\text{WO}_4$ composite for efficient photocatalytic removal of rhodamine B dye and tetracycline hydrochloride antibiotic**. *Materials Letters*, v. 224, p. 29-32, 2018.
- LIU, H.; HUANG, J.; CHEN, J.; ZHONG, J.; LI, J.; DUAN, R. **Preparation and characterization of novel $\text{Ag}/\text{Ag}_2\text{WO}_4/\text{ZnWO}_4$ heterojunction with significantly enhanced sunlight-driven photocatalytic performance**. *Solid State Sciences*, v. 95, p. 105923, 2019.
- LIU, X.; HU, J.; LI, J.; HU, Y.; SHAO, Y.; YANG, H.; TONG, G.; QIAN, H. **Facile synthesis of $\text{Ag}_2\text{WO}_4/\text{AgCl}$ nanorods for excellent photocatalytic properties**. *Materials letters*, v. 91, p. 129-132, 2013.
- LI, X.; YU, J.; JARONIEC, M. **Hierarchical photocatalysts**. *Chemical Society Reviews*, v. 45, p. 2603-2636, 2016.
- LI, Y.; JIN, R.; FANG, X.; YANG, Y.; YANG, M.; LIU, X.; XING, Y. SONG, S. **In situ loading of Ag_2WO_4 on ultrathin $g\text{-C}_3\text{N}_4$ nanosheets with highly enhanced photocatalytic performance**. *Journal of Hazardous materials*, v. 313, p. 219-228, 2016.
- LV, J.; DAI, K.; ZHANG, J.; LU, L.; LIANG, C.; GENG, L.; WANG, Z.; YUAN, G.; ZHU, G. **In situ controllable synthesis of novel surface plasmon resonance-enhanced $\text{Ag}_2\text{WO}_4/\text{Ag}/\text{Bi}_2\text{MoO}_6$ composite for enhanced and stable visible light photocatalyst**. *Applied Surface Science*, v. 391, p. 507-515, 2017.
- MOUSAVI, M.; HABIBI-YANGJEH, A. **Magnetically recoverable highly efficient visible-light-active $g\text{-C}_3\text{N}_4/\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{Ag}_2\text{WO}_4/\text{AgBr}$ nanocomposites for photocatalytic degradations of environmental pollutants**. *Advanced Powder Technology*, v. 29, p. 94-105, 2018.

- ORTEGA, P. P.; SILVA, C. C.; RAMIREZ, M. A.; BIASOTTO, G.; FOSCHINI, C. R.; SIMÕES, A. **Z. Multifunctional environmental applications of ZnO nanostructures synthesized by the microwave-assisted hydrothermal technique.** Applied Surface Science, v. 542, p. 148723, 2021
- NAYAK, R.; ALI, F. A.; MISHRA, D. K.; RAY, D.; ASWAL V. K.; SAHOO, S. K.; NANDA, B. **Fabrication of CuO nanoparticle: An efficient catalyst utilized for sensing and degradation of phenol.** Journal of Materials Research and Technology, v. 9 (5), p. 11045-11059, 2020.
- PIRHASHEMI, M.; HABIBI-YANGJEH, A. **Preparation of novel nanocomposites by deposition of Ag₂WO₄ and AgI over ZnO particles: Efficient plasmonic visible-light-driven photocatalysts through a cascade mechanism.** Ceramics International, v. 43, p. 13447-13460, 2017.
- QIU, F.; ZHU, X.; GUO, Q.; DAI, Y.; XU, J.; ZHANG, T. **Fabrication of a novel hierarchical flower-like hollow structure Ag₂WO₄/WO₃ photocatalyst and its enhanced visible-light photocatalytic activity.** Powder Technology, v. 317, p. 287-292, 2017.
- RAFIQ, U.; MEHRAJ, O.; LONE, S.; WAHID, M.; MAJID, K. **Solvothermal synthesis of Ag₂WO₄/Sb₂WO₆ heterostructures for enhanced charge transfer properties and efficient visible-light-driven photocatalytic activity and stability.** Journal of Environmental Chemical Engineering, v. 8, p. 104301, 2020.
- ROCA, R. A.; SCZANCOSKI, J. C.; NOGUEIRA, J. C.; FABBRO, M. T. ALVES, H. C.; GRACIA, L.; SANTOS, L. P. S.; DE SOUSA, C. P. ANDRÉS, J.; LUZ JR., G. E.; LONGO, E.; CAVALCANTE, L. S. **Facet-dependent photocatalytic and antibacterial properties of α -Ag₂WO₄ crystals: combining experimental data and theoretical insights.** Catalysis Science & Technology, v.5, p. 4091-4107, 2015.
- SAN-MIGUEL, M. A.; DA SILVA, E. Z.; ZANETTI, S. M.; CILENSE, M.; FABBRO, M. T.; GRACIA, L.; ANDRÉS, J.; LONGO, E. **In situ growth of Ag nanoparticles on α -Ag₂WO₄ under electron irradiation: probing the physical principles.** Nanotechnology, v. 27, p. 225703, 2016.
- SILVA, F. C. M.; SILVA, L. K. R.; SANTOS, A. G. D.; CALDEIRA, V. P. S.; CRUZ-FILHO, J. F.; CAVALCANTE, L. S.; LONGO, E.; LUZ JR., G. E. **Structural refinement, morphological features, optical properties, and adsorption capacity of α -Ag₂WO₄ nanocrystals/SBA-15 mesoporous on rhodamine B dye.** Journal Inorganic Organometallic Polymers, v. 30(9), p. 3626-3645, 2020.
- SILVA, M. S.; SILVA, L. S.; FERREIRA, F. J. L.; BEZERRA, R. D. S.; MARQUES, T. M. F.; MENEGUIN, A. B.; BARUD, H. S.; OSAJIMA, J. A.; SILVA FILHO, E. C. **Study of interactions between organic contaminants and a new phosphated biopolymer derived from cellulose.** International Journal of Biological Macromolecules, v. 146, p. 668-677, 2020.
- VIGNESH, K.; KANG, M. **Facile synthesis, characterization, and recyclable photocatalytic activity of Ag₂WO₄@g-C₃N₄.** Materials Science and Engineering B, v. 199, p. 30-36, 2015.
- XU, D.; CHENG, B.; ZHANG, J.; WANG, W.; YU, J.; HO, W. **Photocatalytic activity of Ag₂MO₄ (M = Cr, Mo, W) photocatalysts.** Journal of Materials Chemistry A, v. 3, p. 20153-20166, 2015.
- XU, H.; CAO, Y.; XIE, J.; HU, J.; LI, Y.; JIA, D. **A construction of Ag-modified raspberry-like AgCl/Ag₂WO₄ with excellent visible-light photocatalytic property and stability.** Materials Research Bulletin, v. 102, p. 342-352, 2018.
- ZHU, B.; XIA, P.; LI, Y.; HO, W.; YU, J. **Fabrication and photocatalytic activity enhanced mechanism of direct Z-scheme g-C₃N₄/Ag₂WO₄ photocatalyst.** Applied Surface Science, v.391, p. 175-183, 2017.
- ZHU, Z.; ZHOU, F.; ZHAN, S. **Enhanced antiouling property of fluorocarbon resin coating (PEVE) by the modification of g-C₃N₄/Ag₂WO₄ composite step-scheme photocatalyst.** Applied Surface Science, v. 506, p. 144934, 2020.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Absorção 73, 75, 76, 83, 92

Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) 23

Alaranjado de metila 64, 65, 67, 70, 71, 73, 75, 77, 78, 79, 80, 83, 94, 96, 98, 99, 100

Aminas quirais 53, 63

Antioxidantes 12, 14, 15, 20, 25

Atividade fitoquímica 13

Azul de metileno 94, 96, 98, 100

B

Bambu 85, 86, 87, 89, 90, 91, 92

Band gap 65, 67, 72, 73, 77, 80, 83, 95

Bioativos 12, 14, 15, 20

Biodegradável 85, 87, 92

Biodiesel 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 62

C

Carboximetilcelulose (CMC) 85

Catalisador 24, 27, 35, 36, 39, 42, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 63, 64, 68, 95

Catálise homogênea 36

Combustível 23, 24, 25, 28, 29, 30, 31, 32, 33

Conhecimento químico 1, 10

Corante 64, 65, 67, 68, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 77, 78, 79, 80, 83, 84, 97, 98, 99, 100

D

Densidade 14, 23, 25, 26, 27, 28, 30, 31, 33

Dióxido de Titânio (TiO₂) 64

Dolomita 53, 56, 57, 61, 63

E

Electrospinning 64, 65, 66, 68, 71, 72, 74, 75, 77, 78, 82

Ensino aprendizagem 1

Ensino de química 1

Entropia 45

Estágio supervisionado 1, 2, 6, 11

F

Fenólicos 12, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 20
Fibras de carbono 45
Filmes finos 85, 87, 89, 90, 91, 92
Formação de professores 1, 4
Fotoatividade 65, 72, 73, 74, 75, 80, 83, 84, 100
Fotocatálise heterogênea 64, 65, 72, 95
Fotodegradação 64, 94, 99, 100
Fotoestável 94, 98
Fotorreação 95

L

Luminescência 76, 77, 80, 81
Luz 15, 18, 67, 68, 71, 73, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 83, 94, 95, 102, 103

M

Microestruturas 45
Microscopia Eletrônica de Transmissão (MET) 53, 57
Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) 64, 69, 70, 75, 79, 92

N

Nanocompósitos 85, 86, 87, 89, 91
Nanomateriais 64, 65, 73, 85, 86, 92
Nanotecnologia 65

O

Óleo diesel 23, 24, 25
Óleo vegetal 33, 35, 36, 39, 43
Ouricuri 23, 24, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34
Óxido de ferro 85, 86, 87, 89, 90, 91, 92

P

Paládio 53, 55, 56, 61, 63
Piche mesofásico 45
Polietilenoglicol (PEG) 85
Polímeros 85
Poluição ambiental 95

Propriedades ópticas 64, 72, 75

Propriedades terapêuticas 12, 20

R

Radiação eletromagnética 76

Reflectância 76

Remediação 95, 97, 98, 99, 117

Resolução cinética dinâmica (RCD) 53, 54

Rodamina B 98, 99

S

Semicondutor 95

T

Teoria mesoscópica 45

Termodinâmica 45

Transesterificação 24, 27, 35, 36, 37, 38, 39, 42, 43, 44

Transmissão 53, 57, 76

Tungstênio 64, 72, 73, 75, 80, 83

V

Viscosidade 23, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 33

O papel fundamental da

QUÍMICA entre as CIÊNCIAS NATURAIS 2

-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br



O papel fundamental da

QUÍMICA entre as CIÊNCIAS NATURAIS 2

- 🌐 www.atenaeditora.com.br
- ✉ contato@atenaeditora.com.br
- 📷 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
- 📘 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

