

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 inside, positioned above 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

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

Data de aceite: 01/03/2022

Data de submissão: 07/02/2022

Luana Góes Soares da Silva

Universidade Federal do Rio Grande do Sul,
Departamento de Engenharia de Materiais
Porto Alegre – RS
<http://lattes.cnpq.br/8474215025680480>

Annelise Kopp Alves

Universidade Federal do Rio Grande do Sul,
Departamento de Engenharia de Materiais
Porto Alegre – RS
<http://lattes.cnpq.br/0064626732086273>

RESUMO: A síntese de fibras por electrospinning nos proporciona a obtenção de nanoestruturas unidimensionais com boa flexibilidade, propriedades ópticas, catalíticas, elevada área superficial e porosidade. Podem ser utilizadas em aplicações como: catálises, células solares, células combustíveis, membranas, baterias de hidrogênio, entre outras. Sendo assim, neste trabalho sintetizamos nanofibras de TiO₂ e de TiO₂/WO₃ por electrospinning. Estas nanofibras foram tratadas termicamente entre 650 °C e 800 °C, e caracterizadas quanto: a morfologia por microscopia eletrônica de varredura (MEV), fases cristalinas por difração de raios X (DRX), fotoatividade mediante ensaios de degradação de 125 mL de uma solução 20 ppm do corante alaranjado de metila e por colorimetria. Os resultados parciais, apontam a amostra de TiO₂/WO₃ tratada termicamente à 800 °C mais

efetiva na degradação do corante e na reflexão das diferentes cores, possivelmente devido a existência de uma sincronicidade entre as propriedades químicas e físicas dos óxidos de titânio e tungstênio.

PALAVRAS-CHAVE: Electrospinning, Nanofibras, Titânio, Tungstênio

ABSTRACT: The synthesis of fibers by electrospinning allows us to obtain one-dimensional nanostructures with good flexibility, optical, catalytic properties, high surface area and porosity. They can be used in applications such as: catalysis, solar cells, fuel cells, membranes, hydrogen batteries, among others. Therefore, in this work we synthesized TiO₂ and TiO₂/WO₃ nanofibers by electrospinning. These nanofibers were heat treated between 650 °C and 800 °C, and characterized as: the morphology by scanning electron microscopy (SEM), crystalline phases by X-ray diffraction (XRD), photoactivity through tests of degradation of 125 mL of a solution 20 ppm of orange methyl dye and by colorimetry. The partial results indicate the TiO₂/WO₃ sample heat treated at 800 °C more effective in the degradation of the dye and in the reflection of the different colors, possibly due to the existence of a synchronicity between the chemical and physical properties of the titanium and tungsten oxides.

KEYWORDS: Electrospinning, Nanofibers, Titanium, Tungsten.

1 | INTRODUÇÃO

Propriedades ópticas compreendem a resposta de um material quando submetido à

radiação eletromagnética e, em particular a luz visível [1]. O comportamento óptico de um material sólido é o resultado de suas interações, com a radiação eletromagnética e comprimentos de onda dentro da região visível do espectro [1]. A capacidade de percepção das ondas eletromagnéticas pelos olhos humanos é compreendida em comprimentos de onda (λ) entre 380 e 780 nm. A rigor, o olho humano capta três diferentes estímulos de cor: azul, verde e vermelho. A união destes três estímulos define as reproduções coloridas no cérebro, dessa maneira qualquer cor pode ser constituída pela adição de vermelho, verde e azul [2,3,4].

Quando a luz incide sobre a superfície de um objeto, podem ocorrer um ou mais fenômenos correspondentes à cor: transmissão, absorção ou reflexão [5]. A luminescência em materiais sólidos diz respeito ao processo de emissão de luz. Pode ocorrer através da fotoluminescência e a eletroluminescência. Determina a quantidade de luz que é percebida em determinada cor, ou seja, a capacidade de ser clara ou escura [6].

A cor é determinada pela disposição espectral de radiação emitida, transmitida ou refletida. A composição da luz é observada através do efeito da cor no objeto, por comprimentos de onda e pela maneira que o objeto altera a luz que irradia sobre ele. Essas alterações podem ser demonstradas por curvas de absorbância, transmitância ou de reflectância espectral [1]. É uma informação visual, gerada por um estímulo que é percebido pelo nosso olho e interpretado pelo nosso cérebro. Para que os olhos sejam capazes de perceber uma cor é fundamental presença de raios de luz. Os raios de luz refletidos nos olhos percorrem um longo trajeto até chegar na retina. Lá se localizam numa região central da retina chamada fóvea. O olho humano possui dois tipos de células que são responsáveis por nos fazer enxergar: os cones e os bastonetes. Os bastonetes são células que necessitam de pouca luz para serem sensibilizadas. Entretanto não conseguem formar imagens coloridas ou nítidas. Já os cones são sensibilizados com uma grande quantidade de luz e geram imagens nítidas e coloridas [7].

Existem 3 tipos de cones: os azuis, os vermelhos, e os verdes. O cone azul é ativado em comprimentos de onda curtos, o cone verde é ativado em comprimentos de onda médio e o cone vermelho é ativado em comprimentos de onda longos. Assim, as cores supracitadas são os três tipos de coloração que os nossos olhos captam. Todas as outras cores que vemos são formadas a partir destas 3 cores [7].

A percepção visual colorida é particular e no espectro visível depende da iluminação. Sendo assim, neste trabalho avaliamos a luminescência e como os olhos percebem a região de absorbância de cores por nanofibras de TiO_2 e de TiO_2/WO_3 quando irradiadas com luz visível.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Electrospinning

As nanofibras foram obtidas através do preparo de 2 soluções precursoras. A solução de TiO_2 foi obtida através da mistura de 2,5 mL de propóxido de titânio (TIP), 2,0 mL de ácido acético glacial e 5,0 mL de uma solução alcoólica contendo 10% em peso de polivinilpirrolidona (PVP). A solução de TiO_2/WO_3 foi preparada misturando os reagentes acima mencionados acrescida de 1 mL de peróxido de hidrogênio e 0,10 g de H_2WO_4 , que foram mantidos sob agitação magnética por 15 minutos. Em seguida, uma seringa de plástico foi carregada com 5 mL da solução precursora de TiO_2 ou de TiO_2/WO_3 que foi conectada a uma agulha de alimentação de aço inoxidável hipodérmica por uma fonte de alta tensão. A distância entre o tubo capilar e o coletor cilíndrico foi de 12 cm, a tensão foi de 13,5 kV com um fluxo de 1,8 mL/h. O coletor cilíndrico foi recoberto com uma folha de alumínio para coletar as nanofibras produzidas a cada 30 minutos por um período de 4 horas. As nanofibras foram tratadas termicamente em um forno elétrico (SANCHIS) a 650 °C, 700 °C, 750 °C ou 800 °C com patamar de 1 h e taxa de aquecimento de 1,4 C/min.

Caracterização

Utilizou-se um difratômetro PHILIPS com radiação $\text{CuK}\alpha$, com tensão de 40 kV e 40 mA, equipado com o software X'PERT HighScore, para identificar as fases presentes nas fibras. Um microscópio eletrônico de varredura (MEV, JEOL 6060) equipado com EDS (espectroscopia de energia dispersiva), usado para avaliar a morfologia das nanofibras e identificar a presença de átomos de W, Ti e O nas amostras, dependendo da composição das nanofibras. O equipamento utilizado para medir a energia de *band gap* foi um espectrofotômetro de feixe duplo UV-vis- NIR (Cary 5000), com uma esfera integradora no modo de reflexão difusa de luz. Os valores da energia de *band gap* foram obtidos através da correlação de Kubelka e Munk. A colorimetria foi determinada por um espectrofotômetro (Konica-Minolta, CM 2600 d) equipado com um *software*. O equipamento possui uma esfera integrada a um filtro ultra-violeta. O iluminante utilizado foi D65, que corresponde a faixa espectral da luz do dia, e o observador utilizado foi o que corresponde a um campo de visão de 10°. O equipamento registra as informações para definir o índice de cor com base no sistema Cie-La*b*. Neste sistema, a cor é determinada conforme os valores positivos ou negativos das coordenadas a* (vermelho e verde) e b* (amarelo e azul). O L* define a luminescência variando entre 0 a 100%.

O desempenho fotocatalítico das nanofibras de TiO_2 e de TiO_2/WO_3 foi analisado através da alteração na concentração do corante alaranjado de metila, sob irradiação UVA. O processo de fotocatalise foi realizado em um reator fotocatalítico, de vidro *pyrex*, onde a radiação foi proporcionada por 12 lâmpadas negras UVA, de 8 W cada, modelo Flúor BLB

T5 e da marca *Sadokin*. As lâmpadas estão dispostas em dois semi-cilindros, que possuem superfície interna refletora. Os outros componentes do reator fotocatalítico incluem; um agitador magnético, um sistema de aeração de ar comprimido e um banho termostático. Para a execução dos ensaios fotocatalíticos, as nanofibras de TiO_2 ou de TiO_2/WO_3 foram misturadas a 125 mL de uma solução contendo 20 ppm do corante alaranjado de metila. A mistura foi colocada em um ultrassom (Cole-Parmer CP-750), por 15 minutos. A solução foi então transferida para o reator fotocatalítico, sob constante agitação, e a temperatura de 30 °C. Fez-se borbulhar ar no período de exposição à luz UVA. Antes do início de cada ensaio, uma amostra de 4 mL desta solução foi coletada e definida como amostra inicial. Durante o ensaio, com sistema de luz UVA ligado, foram retiradas com uma seringa de plástico, alíquotas de 4 mL da solução, em intervalos de 15 minutos, filtradas em filtros de 0,2 μm e, colocadas em cubetas de polimetilmetacrilato (PMMA) para em seguida serem analisadas por espectrofotometria.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta o difratograma das nanofibras sintetizadas por *electrospinning*. As amostras antes do tratamento térmico apresentaram-se amorfas para todas as formulações. As nanofibras de TiO_2 (Figura 1a) tratadas até a temperatura de 700 °C apresentaram somente a presença da fase cristalina anatase (JCPDS 010782486), com o primeiro pico característico em aproximadamente $2\Theta = 25,271^\circ$. As nanofibras tratadas a partir de 750 °C apresentaram além da fase anatase, a fase rutilo (JCPDS 01-077-0442), com o primeiro pico característico em aproximadamente $2\Theta = 27,294^\circ$, resultado da ocorrência de uma transição de fases do TiO_2 , previsto após o aumento da temperatura de tratamento térmico [8,9]. Nas nanofibras de TiO_2/WO_3 (Figura 1b) tratadas até 650 °C foram identificadas as fases anatase (JCPDS 01-078-2486) e brookita (JCPDS 01-075-1582) para TiO_2 com picos característicos em aproximadamente $2\Theta = 25,271^\circ$ e $25,425^\circ$, respectivamente. As nanofibras tratadas a partir de 700 °C apresentaram para o TiO_2 as fases anatase, brookita e rutilo (JCPDS 01-077-0442), com o primeiro pico característico em aproximadamente $2\Theta = 27,294^\circ$. Para WO_3 a fase monoclinica (JCPDS 00-032-1393) apareceu em todas as temperaturas de tratamento térmico, com o primeiro pico característico a aproximadamente $2\Theta = 23^\circ$.

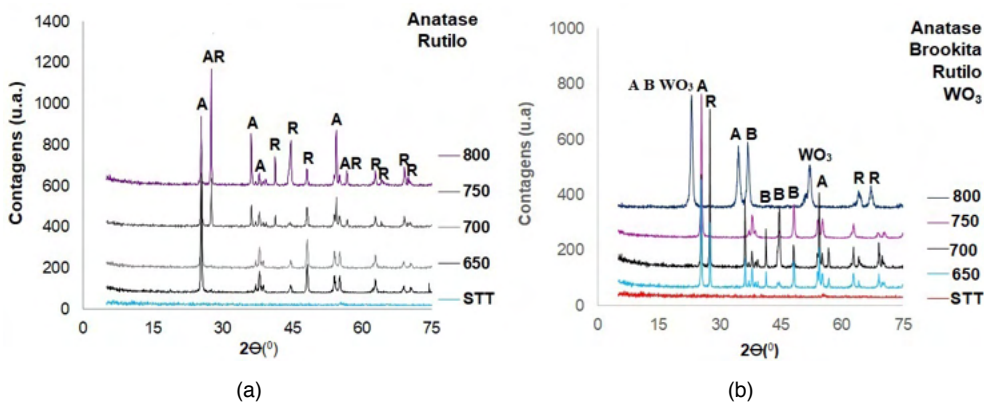


Figura 1. Difratoograma das nanofibras de (a) TiO_2 e de (b) TiO_2/WO_3 .

A Figura 2 (a-b) apresenta as imagens de microscopia eletrônica de varredura (MEV) da superfície das nanofibras de TiO_2 e de TiO_2/WO_3 , tratadas termicamente a 800 °C, respectivamente. Pelas imagens, nota-se que as nanofibras de TiO_2 e de TiO_2/WO_3 aparentam morfologia similar, parecem ser constituídas de um aglomerado de partículas primárias, com forma alongada, contínua e sem uma orientação preferencial.

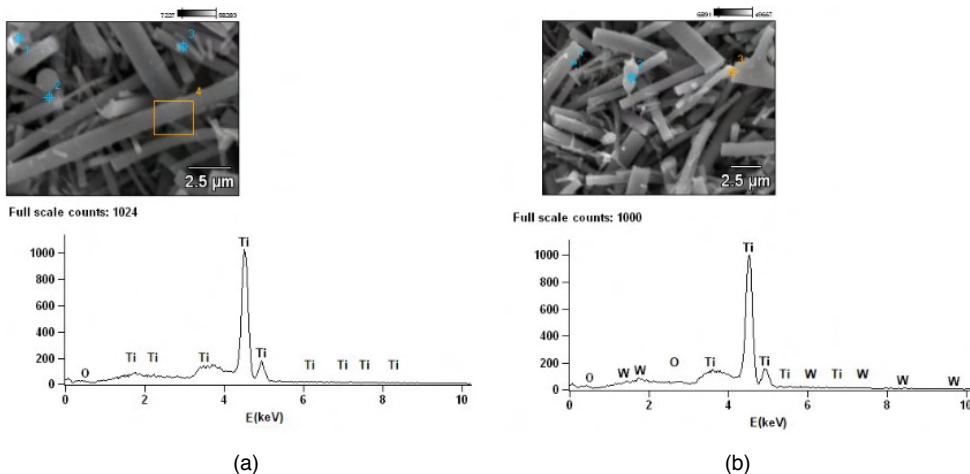


Figura 2. Imagens de microscopia eletrônica de varredura (MEV) das nanofibras de (a) TiO_2 e de (b) TiO_2/WO_3 tratadas a 800 °C.

A Figura 3 (a-b) apresenta a atividade fotocatalítica das nanofibras de TiO_2 e de TiO_2/WO_3 na degradação do corante alaranjado de metila durante 135 minutos de exposição à luz UVA ($\lambda = 365 \text{ nm}$). Todas as nanofibras apresentaram atividade fotocatalítica. Para as

nanofibras de TiO_2 , as mais fotoativas foram as que receberam tratamento térmico a 650 °C, conseguiram degradar aproximadamente 40% do corante alaranjado de metila em 135 minutos de irradiação UVA. As nanofibras tratadas a 700 °C e o padrão P25 tiveram um comportamento similar, degradaram aproximadamente 30% do corante em 135 minutos de irradiação UVA. E as nanofibras tratadas a 750 °C e 800 °C, degradaram aproximadamente 20% e 10%, respectivamente, do corante em 135 minutos de irradiação UVA.

Este decréscimo observado na fotoatividade das amostras é o resultado da formação da fase rutilo, que no caso das nanofibras surge a partir de tratamentos acima de 700 °C. A forma rutilo é menos fotoativa do que a forma anatase e, por esta razão o seu aparecimento reduz a atividade fotocatalítica das nanofibras sintetizadas [8,9].

A presença de tungstênio nas amostras de TiO_2/WO_3 aumentou a atividade fotocatalítica das nanofibras tratadas a temperatura de 700 °C, 750 °C e 800 °C, para aproximadamente 36%, 50% e 90% de degradação, respectivamente. Tal efetividade se deve; a redução do *band gap* de 3,05 eV até 2,89 eV, inibição da recombinação do par elétron/lacuna [(e)/(h⁺)], que permitiu a transferência de cargas entre o TiO_2 e o WO_3 , e ao aumento na formação de defeitos pontuais (vacâncias de O_2). A elevação da temperatura de tratamento térmico possibilitou que as vacâncias de O_2 adquirissem a mobilidade necessária para passar para um estado desordenado na rede, aumentando a capacidade de degradação e a eficiência do processo [10,11,12].

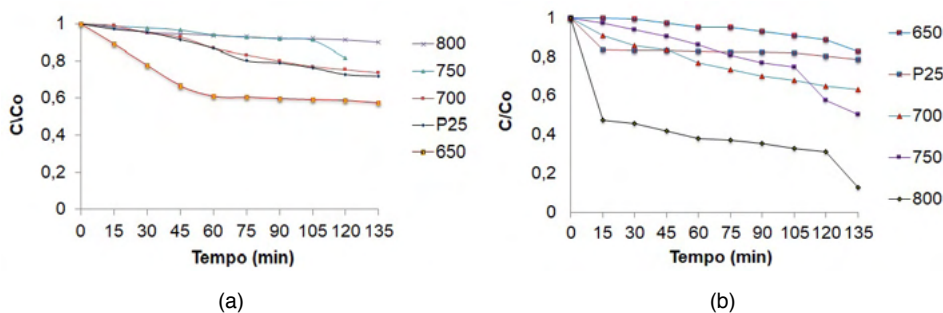


Figura 3. Atividade fotocatalítica das nanofibras na degradação da concentração relativa do corante alaranjado de metila: (a) TiO_2 e (b) TiO_2/WO_3 .

Os resultados dos testes colorimétricos realizado no padrão P25 e nas nanofibras de TiO_2 e de TiO_2/WO_3 são apresentados na Tabela I. Os registros para cada amostra foram obtidos com base no sistema CIE-L*a*b* e, a faixa de medição abrangeu todo o espectro visível (400 a 700 nm). A Tabela I também apresenta os valores de luminescência (%L), ou seja, a quantidade de luz que é percebida em determinada cor. Se a luminescência (%L) for próxima de 0% representa a ausência total de luz refletida (preto) e se for próxima de 100% representa a reflexão total da luz (branco) [6]. E os valores de ΔL^* , que informam a respeito

das diferenças entre as tonalidades em mais claro ou escuro. Os valores positivos (+) de ΔL^* indicam a cor mais clara e os valores negativos (-) de ΔL^* indicam a cor mais escura.

Assim, durante os testes colorimétricos o padrão P25 e as nanofibras de TiO_2 tiveram máxima absorvância na região da cor azul-escuro, influência dos valores positivos de a^* (cor vermelho) e negativos de b^* (cor azul). A tonalidade escura das amostras foi determinada com base nos valores negativos de ΔL^* . As nanofibras de TiO_2/WO_3 tiveram máxima absorvância na região da cor azul-claro, influência dos valores negativos de a^* (cor verde) e negativos de b^* (cor azul). A tonalidade clara das amostras foi determinada com base nos valores positivos de ΔL^* . A máxima absorvância na região da cor azul alcançada pelas nanofibras de TiO_2 e de TiO_2/WO_3 já era esperada, visto que ambas soluções precursoras (Figura 4) possuem coloração amarela, diferindo apenas na tonalidade. E, em análises colorimétricas o máximo de absorvância ocorre na região da coloração complementar e, neste caso a cor complementar ao amarelo é o azul.

Tanto o padrão P25 como as nanofibras de TiO_2 e de TiO_2/WO_3 tiveram uma boa quantidade de luz percebida, conforme os valores de luminescência (%L) demonstrados na Tabela I.

Amostras	a^*	b^*	Diferença de tonalidade (claro/escuro) ΔL^*	Cor absorvida	%L
Nanofibras TiO_2 650 °C	+ 1,47	- 12,51	- 35,99	Azul-escuro	83,33
Nanofibras TiO_2 700 °C	+ 3,29	- 2,68	- 57,43	Azul-escuro	61,42
Nanofibras TiO_2 750 °C	+ 7,16	- 10,44	- 24,32	Azul-escuro	92,14
Nanofibras TiO_2 800 °C	+ 4,14	- 8,21	- 42,86	Azul-escuro	86,76
Nanofibras TiO_2/WO_3 650 °C	- 3,13	- 1,45	+ 66,91	Azul-claro	59,73
Nanofibras TiO_2/WO_3 700 °C	- 4,42	- 10,37	+ 58,91	Azul-claro	96,26
Nanofibras TiO_2/WO_3 750 °C	- 3,48	- 11,46	+ 75,41	Azul-claro	84,69
Nanofibras TiO_2/WO_3 800 °C	- 5,18	- 5,99	+ 56,68	Azul-claro	85,47
Padrão TiO_2 -P25	+ 6,45	- 2,23	- 32,21	Azul-escuro	83,13

Tabela I. Resultados colorimétricos das amostras.

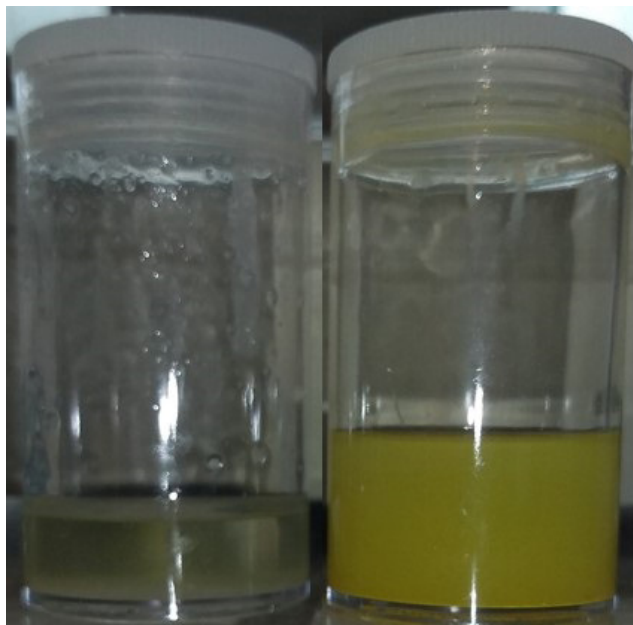


Figura 4. Fotografia da coloração das soluções precursoras antes da *síntese das nanofibras por electrospinning*.

A capacidade dos olhos humanos para diferenciar as alterações de cor nas nanofibras foi determinada através dos valores obtidos pela associação da diferença de cor (ΔE) e a Norma DIN 6174, Tabela II [13].

Diferenças (ΔE^*ab)	Classificação
0,0 – 0,2	Imperceptível
0,2 – 0,5	Muito pequena
0,5 – 1,5	Pequena
1,5 – 3,0	Distinguível
3,0 – 6,0	Facilmente distinguível
Maior que 6,0	Muito grande

Tabela II. Norma DIN 6174.

A diferença de cor (ΔE) mede a capacidade dos olhos humanos para diferenciar as alterações de cor entre os materiais. Esta informação visual apresentou-se distinguível para as nanofibras de TiO_2 e facilmente distinguível para as nanofibras de TiO_2/WO_3 . Estes resultados se basearam nos valores da diferença de cor (ΔE) apresentados na Tabela III.

Amostras	Percepção visual da cor	
	Diferença de cor ΔE^*ab	Classificação
Nanofibras TiO ₂ 650 °C	2,32	Distinguível
Nanofibras TiO ₂ 700 °C	2,43	Distinguível
Nanofibras TiO ₂ 750 °C	2,89	Distinguível
Nanofibras TiO ₂ 800 °C	2,66	Distinguível
Nanofibras TiO ₂ /WO ₃ 650 °C	3,79	Facilmente distinguível
Nanofibras TiO ₂ /WO ₃ 700 °C	3,22	Facilmente distinguível
Nanofibras TiO ₂ /WO ₃ 750 °C	3,51	Facilmente distinguível
Nanofibras TiO ₂ /WO ₃ 800 °C	3,59	Facilmente distinguível
Padrão P25	1,98	Distinguível
Os olhos humanos não conseguem distinguir diferenças de cor (ΔE) menores que 1.		

Tabela III. Capacidade de percepção visual da cor pelos olhos humanos nas nanofibras sintetizadas.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos com as nanofibras sintetizadas quando da sua utilização em colorimetria e fotocatalise, é devido a sincronicidade existente entre as propriedades químicas e físicas dos óxidos de titânio e tungstênio, e pela ocorrência de fenômenos semelhantes. Em ambos os eventos a luz irradiada, a energia de *band gap*, o comprimento de onda, e a formação de defeitos (Vacâncias de O₂) foram essenciais tanto para a percepção visual das diferentes cores quanto para a fotoatividade na degradação do corante alaranjado de metila. Todas as nanofibras puderam ser utilizadas como fotocatalisadores e nos testes colorimétricos. Mesmo as nanofibras de TiO₂ tratadas em temperaturas mais elevadas (750 °C e 800 °C) que tiveram baixa fotoatividade, apresentaram capacidade de degradar o corante alaranjado de metila e absorver cor. A presença de tungstênio aumentou a eficiência fotocatalítica dos materiais, inibiu da recombinação do par elétron/lacuna [(e)/(h⁺)], permitindo a transferência de cargas entre o TiO₂ e o WO₃. A elevação da temperatura de tratamento térmico possibilitou que as vacâncias de O₂ adquirissem a mobilidade necessária para passar para um estado desordenado na rede, aumentando a capacidade de degradação e absorção de luz.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao apoio financeiro da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e do CNPq.

REFERÊNCIAS

- [1] W. D. Jr. Callister, *Ciência e Engenharia de Materiais: Uma introdução*, 5ª edição, LTC, Rio de Janeiro (2002) p.589.
- [2] L. C. Lopes, *Controle metrológico da cor aplicado à estampa digital de materiais têxteis*. 2009. 102p. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Metrologia para a Qualidade e Inovação)–Programa de Pós-Graduação em Metrologia, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.
- [3] C. G. O. Griebeler, *Colorimetria da madeira de eucalyptus grandis w.hill ex maiden modificada termicamente*, 2013, 69p. Dissertação de Mestrado (Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- [4] Y. M. Chiang, D. Birnie, W. D. Kingery, *Physical Ceramics Principles for Ceramics Science and Engineering*, 1ª edição, Wiley, New York (1997) p.544.
- [5] H. Zollinger, *Color Chemistry Synthesis, properties, and applications of organic dyes and pigments*, 2ª edition, Wiley, Universidade de Michigan (1991) p.496.
- [6] K. Minolta, *Precise color communication: color control from feeling to instrumentation*, Osaka, Japan (2007) p.62.
- [7] P. C. M. Tiano, *Cor e colorimetria: minicursos CRQ-IV, estado de São Paulo*, (2009).
- [8] J. FELTRIN, Jr. SARTOR, M. N. A. DE NONI; A. M. BERNARDIN, D. HOTZA, J. A. LABRINCHA, *Superfícies fotocatalíticas de titânia em substratos cerâmicos. Parte I: Síntese, estrutura e fotoatividade*, *Cerâmica*, 2013, v.59, pp.620-632.
- [9] N. Rahimi, R. A. Pax, E. G. Mac, *Review of functional titanium oxides. I: TiO₂ and its modifications*, *Progress in Solid State Chemistry*, 2016, v.44, pp. 86-105.
- [10] E. N. S. Muccillo, *Condutores de íons oxigênio - uma breve revisão*, *Cerâmica*, 2008, v.54, pp.129-144.
- [11] B. Bharti, S. Kumar, H. N. Lee, K. Rajesh, *Formation of oxygen vacancies and Ti³⁺ state in TiO₂ thin film and enhanced optical properties by air plasma treatment*, *Scientific Reports*, 2016, pp.1-12.
- [12] H. G. OLIVEIRA, *Eletrodos porosos contendo TiO₂ e WO₃: propriedades eletroquímicas e atividade fotocatalítica para remoção do corante rodamina 6G e do hormônio 17 α -etinilestradiol em solução aquosa*. 2012. 188p. Doutorado. (Tese de doutorado em Ciências) Instituto de Química da Universidade Estadual de Campinas SP/Campinas.
- [13] R. A. Silva, C. O. Petter, I. A. H. Schneider, *Color loss evaluation of artificially stained agates*. REM: *Revista Escola de Minas*, 2007, v.60, pp.477-482.

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




Ano 2022

O papel fundamental da

QUÍMICA entre as CIÊNCIAS NATURAIS 2

🌐 www.atenaeditora.com.br

✉ contato@atenaeditora.com.br

📷 @atenaeditora

📘 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

