

Evolução na Ciência e Engenharia de Materiais

Henrique Ajuz Holzmann
(Organizador)



Atena
Editora

Ano 2020

Evolução na Ciência e Engenharia de Materiais

Henrique Ajuz Holzmann
(Organizador)



Atena
Editora

Ano 2020

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação: Karine de Lima

Edição de Arte: Lorena Prestes

Revisão: Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. 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.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense

Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia

Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá

Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima

Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões

Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie di Maria Ausiliatrice

Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense

Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão

Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste

Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador

Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano

Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná

Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Msc. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Msc. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Msc. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Msc. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
 Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
 Prof. Msc. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
 Prof. Msc. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
 Prof^a Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
 Prof. Msc. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
 Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Prof^a Msc. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
 Prof^a Msc. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
 Prof^a Dr^a Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
 Prof. Msc. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
 Prof. Msc. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual de Maringá
 Prof. Msc. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
 Prof^a Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
 Prof^a Msc. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
 (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

E93 Evolução na ciência e engenharia de materiais [recurso eletrônico] /
 Organizador Henrique Ajuz Holzmann. – Ponta Grossa, PR:
 Atena Editora, 2020.

Formato: PDF
 Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
 Modo de acesso: World Wide Web
 Inclui bibliografia
 ISBN 978-85-7247-921-9
 DOI 10.22533/at.ed.219201601

1. Engenharia de materiais – Pesquisa – Brasil. I. Holzmann,
 Henrique Ajuz.

CDD 620.11

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Atena Editora
 Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A engenharia de materiais, se tornou um dos grandes pilares da revolução técnica industrial, devido a necessidade de desenvolvimento de novos materiais, que apresentem melhores características e propriedades físico-químicas. Grandes empresas e centros de pesquisa investem maciçamente em setores de P&D a fim de tornarem seus produtos e suas tecnologias mais competitivas.

Destaca-se que a área de material compreende três grandes grupos, a dos metais, das cerâmicas e dos polímeros, sendo que cada um deles tem sua importância na geração de tecnologia e no desenvolvimento dos produtos. Aliar os conhecimentos pré-existentes com novas tecnologias é um dos grandes desafios da nova engenharia.

Neste livro são explorados trabalhos teóricos e práticos, relacionados as áreas de materiais, dando um panorama dos assuntos em pesquisa atualmente. Apresenta capítulos relacionados ao desenvolvimento de novos materiais, com aplicações nos mais diversos ramos da ciência, bem como assuntos relacionados a melhoria em processos e produtos já existentes, buscando uma melhoria e a redução dos custos.

De abordagem objetiva, a obra se mostra de grande relevância para graduandos, alunos de pós-graduação, docentes e profissionais, apresentando temáticas e metodologias diversificadas, em situações reais.

Boa leitura!

Henrique Ajuz Holzmann

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
INFLUÊNCIA DO ESPAÇAMENTO DE FIBRAS VEGETAIS NA RESISTÊNCIA À TRAÇÃO E MORFOLOGIA DA FRATURA DE COMPÓSITOS COM FIBRAS CONTÍNUAS E ALINHADAS	
Fábio Santos de Sousa Edwillson Gonçalves de Oliveira Filho Luciano Monteiro Almeida Roberto Tetsuo Fujiyama	
DOI 10.22533/at.ed.2192016011	
CAPÍTULO 2	10
COMPÓSITOS POLIMÉRICOS HÍBRIDOS COM FIBRAS NATURAIS E SINTÉTICAS CONTÍNUAS E ALINHADAS	
Luciano Monteiro Almeida César Tadeu Nasser Medeiros Branco Douglas Santos Silva Edwillson Gonçalves de Oliveira Filho Roberto Tetsuo Fujiyama	
DOI 10.22533/at.ed.2192016012	
CAPÍTULO 3	23
CARACTERIZAÇÃO DE NANOFILTRO REDUTOR DE SULFETO DE HIDROGÊNIO E UMIDADE DO BIOGÁS	
Mateus Sousa Pinheiro Gabrielle Dias Coelho Maria del Pilar Hidalgo Falla	
DOI 10.22533/at.ed.2192016013	
CAPÍTULO 4	36
DESCRIÇÃO TERMODINÂMICA DE MICRODOMÍNIOS DENTRO DE PICHE MESOFÁSICO PRECURSOR PARA FIBRAS DE CARBONO	
Caio Cesar Ferreira Florindo Adalberto Bono Maurizio Sacchi Bassi	
DOI 10.22533/at.ed.2192016014	
CAPÍTULO 5	51
NANOBIOSENSOR ELETROQUÍMICO BASEADO EM APTAMERO PARA DETECÇÃO DE OCRATOXINA A EM CAFÉ TORRADO	
Maurília Palmeira da Costa Itala Gabriela Tavares Lima Idjane Silva de Oliveira Cesar Augusto Souza de Andrade Maria Danielly Lima de Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.2192016015	

CAPÍTULO 6 63

DETECÇÃO ESPECÍFICA DE SCHISTOSOMA MANSONI EM LCR USANDO UM BIOSSENSOR ELETROQUÍMICO DE DNA BASEADO EM NANOPARTICULAS DE OURO E MERCAPTOSILANO

Giselle Soares dos Santos
César Augusto Sousa de Andrade
Fábio Lopes de Melo
Maria Danielly Lima de Oliveira

DOI 10.22533/at.ed.2192016016

CAPÍTULO 7 73

PRODUÇÃO DE NANOMATERIAIS BIOMIMÉTICOS A PARTIR DE UM NOVO SISTEMA DE *ELECTROSPINNING* PARA ENGENHARIA DE TECIDOS DOS MENISCOS DO JOELHO

Thiago Domingues Stocco
Anderson de Oliveira Lobo

DOI 10.22533/at.ed.2192016017

CAPÍTULO 8 87

PLATAFORMA NANOSTRUTURADA BASEADA EM APTÂMERO PARA DETECÇÃO DE OCRATOXINA A

Maurília Palmeira da Costa
Ítala Gabriela Tavares Lima
Idjane Silva de Oliveira
Cesar Augusto Souza de Andrade
Maria Danielly Lima de Oliveira

DOI 10.22533/at.ed.2192016018

CAPÍTULO 9 96

CARACTERIZAÇÃO DE NANOCOMPÓSITOS PLA/ZNO POR REOLOGIA E NMR NO DOMÍNIO DO TEMPO

Amanda Ramos Aragão Melo
José Carlos Dutra Filho
Maria Inês Bruno Tavares

DOI 10.22533/at.ed.2192016019

CAPÍTULO 10 108

INFLUÊNCIA DA SUBSTITUIÇÃO DE CÁLCIO E BÁRIO EM COMPOSIÇÕES DE PEROVSKITAS $TR_{(1-x)}M_xO_3$ (TR= PR, GD), (M = CA, BA) (X= 0,2) NA ATIVIDADE CATALÍTICA

Cássia Carla de Carvalho
Anderson Costa Marques
Symone Leandro de Castro
Davidson Nunes de Oliveira
Filipe Martel de Magalhães Borges
Alexandre de Sousa Campos

DOI 10.22533/at.ed.21920160110

CAPÍTULO 11 119

CERÂMICAS AVANÇADAS: PRODUÇÃO DE NANOESTRUTURAS DE ÓXIDOS TERRA RARA-NÍQUEL

Bruna Niccoli Ramirez
Márcia Tsuyama Escote

DOI 10.22533/at.ed.21920160111

CAPÍTULO 12 133

INSERÇÃO DE ESCÂNDIO E FÓSFORO NO SEMICONDUTOR DE DIÓXIDO DE TITÂNIO PARA APLICAÇÃO EM FOTOCATÁLISE

Eduardo Felipe De Carli
Eliane Kujat Fischer
Natali Amarante da Cruz
Alberto Adriano Cavalheiro

DOI 10.22533/at.ed.21920160112

CAPÍTULO 13 146

INDUTORES DE RÁDIO FREQUÊNCIA EXTERNOS COM ALTOS FATORES DE QUALIDADE USANDO OURO, SU8 E ALUMINA

Lucas Martins Miranda de Almeida
Alexandre da Silva Nascimento
Richard Alexandrino de Macedo
Angélica dos Anjos Ayala

DOI 10.22533/at.ed.21920160113

CAPÍTULO 14 153

INCLUSÃO DE NANOPARTÍCULAS DE $3Y-ZrO_2$ EM MATRIZ DE $\alpha-AL_2O_3$ PARA CONFECCÃO DE INSERTO CERÂMICO

Miguel Adriano Inácio
José Victor Candido de Souza
Maria do Carmo de Andrade Nono
Sergio Luiz Mineiro
Daniel Alessander Nono

DOI 10.22533/at.ed.21920160114

CAPÍTULO 15 160

OPTICAL AND ELECTROCHEMICAL PROPERTIES IN CDSE/CDTE AND CDSE/CDTE NANOCRYSTALS PREPARED BY AQUEOUS SYNTHESIS

Raul Fernando Cuevas Rojas
Miguel Angel González Balanta
Silvio José Prado
Pablo Henrique Menezes
Lauro Antonio Pradela Filho
Victor Ciro Solano Reynoso

DOI 10.22533/at.ed.21920160115

CAPÍTULO 16 170

PRODUCTION OF ALKALINE PHOSPHATASE BY DENTAL PULP STEM CELLS IN INTERFACE WITH PLASMA MODIFIED TITANIUM

Keylla Dayanne Coelho Marinho de Melo
Laís Albuquerque Vasconcelos
Clodomiro Alves Junior
Jussier Oliveira Vitoriano
Hugo Alexandre de Oliveira Rocha
Moacir Fernandes de Queiroz Neto
José Sandro Pereira da Silva

DOI 10.22533/at.ed.21920160116

CAPÍTULO 17 187

SÍNTESE HIDROTÉRMICA ASSISTIDA POR MICRO-ONDAS DE ALUMINA TRI-HIDRATADA

Ricardo Ritter de Souza Barnasky
Cristiane Wienke Raubach Ratmann
Marciel Gaier
Mário Lúcio Moreira
Sergio da Silva Cava

DOI 10.22533/at.ed.21920160117

CAPÍTULO 18 201

MODIFICAÇÃO QUÍMICA DA LIGA DE ALUMÍNIO 5052 PARA OBTENÇÃO DE SUPERFÍCIES SUPER-HIDROFÓBICAS

Rafael Gleymir Casanova da Silva
Maria Isabel Collasius Malta
Severino Leopoldino Urtiga Filho
Sara Horácio de Oliveira
Magda Rosângela Santos Vieira

DOI 10.22533/at.ed.21920160118

CAPÍTULO 19 207

INFLUENCE OF THE ALUMINA ADDITION IN THE WEAR RESISTANCE OF THE SINTERED AISI 52100 STEEL

Bruna Horta Bastos Kuffner
Gilbert Silva
Carlos Alberto Rodrigues
Geovani Rodrigues

DOI 10.22533/at.ed.21920160119

CAPÍTULO 20 212

IMPROVEMENT OF TITANIUM SURFACE WITH PLASMA NITRIDING TREATMENT

Laís Albuquerque Vasconcelos
Keylla Dayanne Coelho Marinho de Melo
Clodomiro Alves Junior
Jussier Oliveira Vitoriano
Hugo Alexandre de Oliveira Rocha
Moacir Fernandes de Queiroz Neto
José Sandro Pereira da Silva

DOI 10.22533/at.ed.21920160120

CAPÍTULO 21 226

AValiação de termofosfatos de alumínio com a adição de escória siderúrgica

Maria Sílvia Camarão de Sousa
Oscar Jesus Choque Fernandez
Edilson Carvalho Brasil
Marcondes Lima da Costa
Érika Raiol Pinheiro
Marlo Oliveira Costa

DOI 10.22533/at.ed.21920160121

CAPÍTULO 22 236

CARACTERIZAÇÃO DA LAMA DE ALTO-FORNO DE UMA SIDERÚRGICA INTEGRADA DO SUDESTE DO PARÁ

Wellington Bruno Silva de Jesus
Alacid do Socorro Siqueira Neves
Emanuel Negrão Macêdo
José Antônio da Silva Souza
Luiz Felipe Silva Pereira
Roseane de Lima Silva
Verônica Scarpini Cândido
Antonio Lourenço da Costa Neto
Raimunda Figueiredo da Silva Maia
Daniel José Lima de Sousa

DOI 10.22533/at.ed.21920160122

CAPÍTULO 23 242

MÉTODO EQUACIONADO PARA PREVISÃO DO TEMPO DE REMOAGEM DE MINÉRIO DE FERRO

Simone Silva Neves
Filipe Mattos Gonçalves
Júnia Soares Alexandrino
Telma Ellen Drumond Ferreira

DOI 10.22533/at.ed.21920160123

SOBRE O ORGANIZADOR..... 254

ÍNDICE REMISSIVO 255

INSERÇÃO DE ESCÂNDIO E FÓSFORO NO SEMICONDUTOR DE DIÓXIDO DE TITÂNIO PARA APLICAÇÃO EM FOTOCATÁLISE

Data de aceite: 08/01/2020

Eduardo Felipe De Carli

Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul,
CDTEQ.

Naviraí – MS. E-mail: eduardo.decarli@hotmail.com

Eliane Kujat Fischer

Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul,
CDTEQ.

Naviraí – MS. E-mail: fischerkeliane@gmail.com

Natali Amarante da Cruz

Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul,
CDTEQ.

Naviraí – MS. E-mail: nataliamarante19@gmail.com

Alberto Adriano Cavalheiro

Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul,
CDTEQ.

Naviraí – MS. E-mail: albecava@gmail.com

RESUMO: A fotocatalise heterogênea é um processo avançado de oxidação baseado em semicondutores irradiados com luz ultravioleta de baixa energia capaz de produzir espécies radicais oxidantes no meio aquoso a ser tratado. O dióxido de titânio é o semicondutor mais usado para este propósito, mas a eficiência fotocatalítica depende fundamentalmente da estrutura cristalina predominante. Neste

trabalho, investigou-se a modificação deste material com um par de dopantes que combinasse raios iônicos e estados de oxidação buscando estabilizar a fase anatase durante seu processo de cristalização por tratamento térmico e também evitando a criação de centros estáveis de cargas positivas ou negativas que atuassem como aprisionadores de cargas e compromettesse a eficiência fotocatalítica. Utilizando o método Sol-Gel de síntese, foram obtidos amostras de semicondutores de dióxido de titânio não modificado e contendo 5 mol% do par equimolar de dopantes escândio (III) e fósforo (V). Os xerogéis obtidos foram tratados de 500 a 800 °C por 2 horas e caracterizados por diversas técnicas, demonstrando que o par de dopantes estabiliza a fase anatase e impede a transição para fase rutilo acima de 600 °C, como ocorre com o material não modificado. Como consequência, o material modificado tratado em qualquer temperatura apresentou eficiência fotocatalítica superior ao material não modificado, uma diferença que se torna mais significativa quanto maior a temperatura de tratamento térmico.

PALAVRAS-CHAVE: Fotocatálise; Sol-Gel, Fase Anatase, Fosfato metálico.

INSERTION OF SCANDIUM AND PHOSPHOR IN THE TITANIUM DIOXIDE SEMICONDUCTOR FOR PHOTOCATALYSIS APPLICATION

ABSTRACT: Heterogeneous photocatalysis is an advanced oxidation process based on low energy ultraviolet light irradiated semiconductors capable of producing oxidizing radical species in the aqueous medium to be treated. Titanium dioxide is the most commonly used semiconductor for this purpose, but photocatalytic efficiency depends fundamentally on the predominant crystal structure. In this work, it was investigated the modification of this material with a pair of dopants that combines ionic radii and oxidation states, seeking to stabilize the anatase phase during its heat treatment for crystallization process and also preventing the dopants to create stable centers of positive or negative charges that act as charge trappers and compromised photocatalytic efficiency. Using the Sol-Gel synthesis method, unmodified and modified titanium dioxide semiconductor containing 5 mol% of equimolar dopants pair scandium (III) and phosphorus (V) were treated from 500 to 800 °C for 2 hours. Using several characterization techniques, it was demonstrated that the presence of the doping pair leads to the stabilization of the anatase phase, preventing the transition to rutile phase above 600 °C, as occurs with the unmodified material. As a consequence, the modified material treated at any temperature showed photocatalytic efficiency higher than the unmodified material, a difference that becomes more significant the higher the heat treatment temperature.

KEYWORDS: Photocatalysis, Sol-Gel, Anatase phase, metallic phosphate.

1 | INTRODUÇÃO

As alterações antrópicas acumuladas ao longo do desenvolvimento humano afetaram as reservas de água potável em proporção direta ao crescimento populacional como consequência do aumento do consumo direto e indireto e o comprometimento dos mananciais pelo descarte de poluentes. Nas décadas mais recentes, um tipo específico de poluente altamente danoso ao meio ambiente vem se tornando cada vez mais frequente nos mananciais hídricos, pois possui alta toxicidade em níveis baixíssimos de concentração, persistência no meio aquático e efeito biocumulativo. Este tipo poluente, denominado micropoluentes orgânicos, se origina de fármacos, corantes e hormônios, não sendo degradados por tratamentos convencionais de água. Isto demanda novos processos, como a fotocatalise (NOGUEIRA & JARDIM, 1998; STACKELBERG et al., 2007; SHANNON et al., 2008).

A fotocatalise heterogênea depende da eficiência fotônica do semiconductor, o qual deve reunir determinadas características para que haja formação do par elétron-buraco e sua transferência para o meio reacional. O semiconductor será fotocataliticamente ativo se o tempo de existência do par elétron-buraco gerado em sua excitação luminosa for suficiente longo para que migre para superfície da partícula e gere reações de oxidação e redução no meio aquoso a ser tratado. Os buracos são hábeis para oxidar o íon hidroxila da autoprotólise da água e gerar o radical hidroxila:

$\text{OH}^- + h^+ \rightarrow \cdot\text{OH}$. Por outro lado, o elétron foto gerado é capaz de reduzir o oxigênio molecular e formar o radical superóxido: $\text{O}_2 + e^- \rightarrow \cdot\text{O}_2^-$. Estes radicais são as espécies que efetivamente oxidam as espécies orgânicas do meio a ser tratado e se aniquilam caso não haja mais matéria orgânica a ser oxidada: $\cdot\text{O}_2^- + \cdot\text{OH} \rightarrow \text{O}_2 + \text{OH}^-$, o que faz com que este processo seja considerado limpo e seguro, pois não gera resíduos químicos ou radioativos (LIU et al., 2016; SETVIN et al., 2016).

A principal característica do material semiconductor para aplicação em fotocatalise é possuir energia de bandgap na faixa de comprimento de onda da luz ultravioleta, seja atóxico e quimicamente estável em ampla faixa de pH. O dióxido de titânio TiO_2 possui estas características, com energia de bandgap entre 3,0 e 3,2 eV, o que corresponde ao intervalo de comprimento de onda de 410 a 385 nm. Mas, apenas uma de suas fases estáveis em condições ambientes, denominada de anatase, de simetria tetragonal I41/ amd possui eficiência fotocatalítica. Durante a síntese, ela pode se converter em fase rutilo também tetragonal, mas de simetria P42/mnm, ganhando densidade (SELLONI, 2008; JCPDS; 2003; GUO et al., 2013).

Durante o tratamento térmico da fase anatase ocorre eliminação dos grupos hidroxilas de superfície acima de 350 °C, gerando um semiconductor intrínseco do tipo N devido às vacâncias de oxigênio, o que favorece a redução do oxigênio molecular e a eficiência passa a ser dependente da oxigenação do meio a ser tratado. A dopagem com não metais, como o nitreto N-3 substituindo o íon óxido O_2 , por exemplo, visa acentuar esta característica. Mas, para baixa oxigenação do meio, materiais com baixa concentração de vacâncias de oxigênio apresentam melhores resultados, pois permite que os buracos positivos se desloquem para a superfície das partículas e forme radical hidroxila (BATZILL et al., 2006; CAVALHEIRO et al., 2007; DOZZI & SELLI, 2013; SCHNEIDER et al., 2014; AL-DOKHEILY, 2014). A dopagem com cátions de metais de transição com estado de oxidação menor que o titânio IV, como Fe(III), Cr(III), Co(II) e outros, é investigada para este propósito, criando centros de carga positiva que favorecem a oxidação do íon hidroxila, mas a eficiência fotocatalítica passa a depender do pH do meio a ser tratado (KANG & ZHANG, 2006; CAVALHEIRO et al., 2008; LOPES et al., 2014; SMIRNOVA et al., 2017).

Em qualquer dos casos, o processo fotocatalítico possui uma taxa de degradação inicial alta, mas decresce na medida em que o oxigênio dissolvido e o pH diminuem. Por isso, foi proposta neste trabalho a inserção de um par de dopantes que impeça a formação de centros estáveis de cargas e o uso de fósforo +5 na forma de fosfato PO_4^{3-} e do escândio III parece ser o par mais promissor, pois são estáveis termicamente e possuem raios iônicos cuja média é compatível com o raio iônico do cátion de titânio IV (61 pm). Se o par de dopantes for usado em razão equimolar de fósforo (V) (38 pm) e escândio (III) (75 pm), a média será de 57 pm, evitando grandes distorções e a segregação dos dopantes (SHANNON, 1976; ZHANG, 2013; SUTISNA et al., 2017).

O escândio tem a vantagem de não possuir outro cátion estável além da forma trivalente, o que poderia estabilizar as vacâncias de oxigênio por equilíbrio entre pares

redoxes do elemento modificador ou permitir a alteração do estado de oxidação do par dopante de fósforo (V). Além disso, como este par de dopantes na forma isolada forma fosfato de escândio ScPO₄ de estrutura tetragonal I41/amd, similar a da fase anatase, sua presença tende a estabilizar a estrutura e impedir sua segregação (JCPDS; 2003).

2 | METODOLOGIA EXPERIMENTAL

Os materiais foram sintetizados pelo Método Sol-Gel, que envolve a fixação espacial dos elementos constituintes na estrutura gelificada, conferindo homogeneidade química ao material final. Além disso, a maior parte dos resíduos de síntese é eliminada em baixa temperatura, dando origem a fase anatase de baixa cristalinidade, que pode ser cristalizada com tratamentos térmicos até 600 °C (HIRATSUKA et al., 1995; HUANG et al., 2001; LIDE, 2007; NADZIRAH et al., 2015).

Foram preparadas duas composições, a Amostra Branco de TiO₂ (ABT) sem modificadores e a amostra modificada com 5 mol% do de escândio (III) e fósforo (V), de composição (Sc-P)_{0,05}Ti_{0,95}O₂ (SP). Em ambas as composições, o complexo de acetato de titânio foi obtido adicionando-se tetraisopropóxido de titânio IV 97% (P.A., Aldrich) em ácido acético glacial (P.A., Dinâmica) com razão molar metal : ligante de 1 : 4. Após o resfriamento, a solução foi diluída a 50 % com etanol (P.A., Dinâmica) e agitada por 1 hora antes da hidrólise.

Em paralelo, duas soluções aquosas foram preparadas para promover a hidrólise ácida em cada composição. Para a amostra ABT, adicionou-se ácido nítrico 65 % (P. A., Vetec) até que o pH se reduzisse para 3,0 em um volume de água destilada calculada para constituir 10 mols de H₂O para cada mol de cátion Ti⁺⁴ presente no sistema. Para a amostra dopada SP, a quantidade calculada de óxido de escândio (III) (P.A., Aldrich) foi previamente dissolvida em ácido nítrico concentrado e acrescido de água destilada na mesma quantidade da amostra ABT e depois de ácido fosfórico (P.A., Vetec) na estequiometria desejada, resultando em um pH de 3,0, como na amostra ABT. Em ambos os casos, às soluções aquosas acidificadas foram adicionadas ao complexo de acetato de titânio mediante agitação, permanecendo em homogeneização por 1 hora antes da gelificação em repouso por 24 horas.

Os géis obtidos foram então levados à estufa a 100 °C por 24 horas para remoção dos voláteis e triturados em almofariz de porcelana. Depois desta etapa, foram retiradas pequenas alíquotas de cada um dos xerogéis para análise térmica em um equipamento TA Instruments, com o módulo TGA-Q50, com razão de aquecimento de 10°C min⁻¹ e fluxo de ar sintético de 60 mL min⁻¹. O restante dos xerogéis foi dividido em quatro partes iguais e levados a etapa de tratamento térmico por tempos de 2 horas nas temperaturas de 500°C, 600°C, 700°C e 800°C, cujas amostras foram caracterizadas por espectroscopia de absorção no infravermelho com transformada de Fourier em um equipamento BRUKER, modelo VERTEX 70, com detector DLaTGS e também por espectroscopia Raman, em um equipamento B&W Tek Inc., modelo

BWN-532-50E, com laser de 532 nm com potência de 80 mW.

Os testes fotocatalíticos foram realizados a partir de suspensões dos materiais ($0,15 \text{ g L}^{-1}$) para um volume de 300 mL de solução de Azul de Metileno $0,05 \text{ g L}^{-1}$ e comparados à fotólise. Os testes foram executados durante 4 horas com incidência de luz ultravioleta proveniente de uma lâmpada de vapor de mercúrio de 125W. Alíquotas da solução foram analisadas em um espectrômetro UV-Vis Varian, modelo Cary 50 UV-Vis e a porcentagem de fotodegradação %FD calculada pela equação $\%FD=100 \cdot (C_0 - C_t)/C_0$, considerando a absorbância em 665 nm proporcional à concentração ($A \propto C$) de acordo com a Lei de Lambert-Beer, onde C_0 é a concentração inicial e C_t é a concentração no tempo t (SKOOG, et al., 2009).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 são mostradas as curvas de análises térmicas (TG/DTG) com quatro perdas de massa. A primeira perda de massa (perda I) ocorre com pico em torno de 40°C , o que indica que o principal componente perdido é o etanol solvente remanescente. Mas esta perda se estende até pouco acima de 120°C , indicando a perda de excesso umidade, que parece ser maior para a amostra dopada. A amostra ABT apresenta uma perda total nesta etapa de 6,0 % (Fig. 1.a) contra uma perda total de 8,5 % da amostra SP (Fig. 1.b). Este resultado pode estar associado à maior umidade residual associada aos íons escândio (III) e fosfato (IONASHIRO & GIOLITO, 1980; LIDE, 2007).

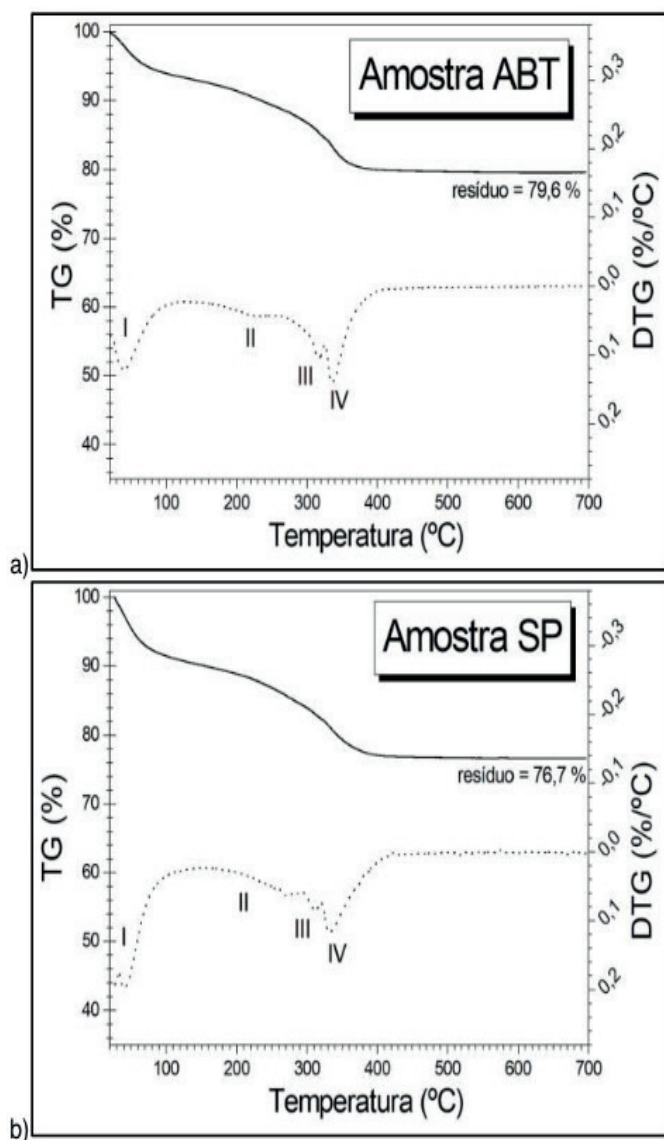


Figura 1. Curvas de análise térmica dos xerogéis das amostras: a) ABT e b) SP.

A segunda e a terceira perdas de massa são similares para ambas às amostras, apresentando perdas de 4,6 % e 4,8 % em cada uma destas etapas, respectivamente. A perda II ocorre até 230 °C para amostra ABT e até 280 °C para a amostra SP, enquanto a perda III ocorre em 310 °C para ambas as amostras e ambas estão associadas à perda de água presente nos poros dos xerogéis apresentando diferenças morfológicas que justificam estas diferenças de temperatura nas perdas de massa.

A quarta perda ocorre até 450 °C em 330 °C e é maior para a amostra SP (5,2 %) do que para a amostra ABT (4,8%). A curva DTG mostra que o final desta perda é mais alongado na amostra SP, refletindo maior dificuldade de eliminação de resíduos orgânicos. A perda cinética de 450 °C até 700 °C é de 0,2 % para ambas as amostras, o que representa uma diferença de 2,9% de resíduo final entre elas, como observado nos gráficos.

Na Figura 2 são observados os espectros na região do infravermelho médio para ambas as amostras calcinadas de 500 a 800 °C por 2 horas. É possível observar que em nenhum dos espectros há bandas proeminentes entre 3500 e 3000 cm^{-1} , associadas

ao estiramento O-H da molécula de água ou grupo hidroxila, nem bandas de absorção associadas a grupos orgânicos ou carbonatos, principalmente entre 1650 e 1400 cm^{-1} (SMITH, 1999; BARBOSA, 2007). Estes resultados mostram que as amostras foram cristalizadas na forma de solução sólida a partir de 500 $^{\circ}\text{C}$ e são coerentes com os dados de análise térmica, com apenas um resíduo de 0,2 % eliminado acima desta temperatura.

A banda de absorção em torno de 1.050 cm^{-1} associada à deformação do grupo Ti-O-Ti no dióxido de titânio mostra-se mais intensa na amostra SP (Fig. 2.b) para qualquer temperatura, revelando o ganho de alguma liberdade estrutural, o que é coerente com os 4 pm de relaxamento provocado pela substituição do par de dopantes com média de raio iônico de 57 pm no lugar do cátion de titânio de 61 pm.

A banda de vibração de rede cristalina de óxidos em torno de 450 cm^{-1} é ligeiramente mais estreita para a amostra SP em todas as temperaturas. Para a amostra ABT (Fig. 2.a), a partir de 700 $^{\circ}\text{C}$, esta banda apresenta um desmembramento, originando uma nova banda em 520 cm^{-1} , a qual pode ser associada à vibração de rede de óxidos da fase rutilo.

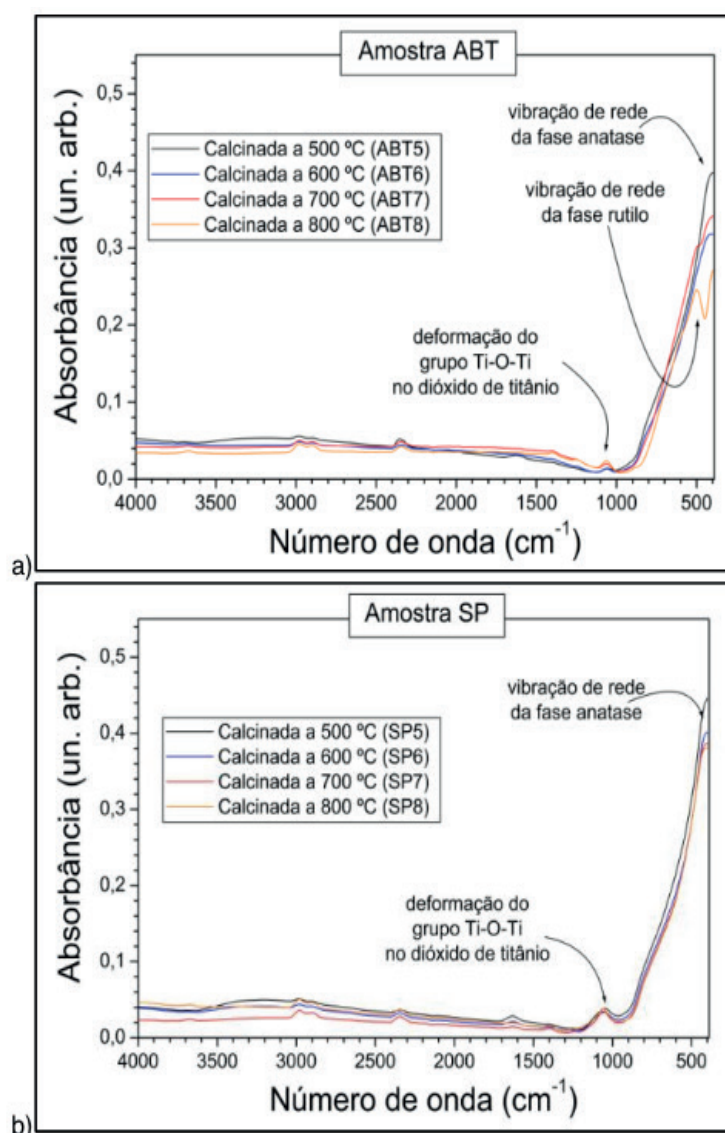


Figura 2. Espectros de absorção no infravermelho para as amostras de dióxido de titânio: a)

A espectroscopia Raman permite revelar alterações da simetria local nos octaedros TiO_6 , que possui um orbital de maior energia T_{1u} inativo, três modos ativos associados aos orbitais E_g em 170 cm^{-1} , 210 cm^{-1} e 640 cm^{-1} , e dois modos ativos associados aos orbitais B_{1g} , em 400 cm^{-1} e 520 cm^{-1} , sendo este último sobreposto ao modo ativo associado ao orbital A_{1g} (ZHANG et al., 2006).

Na Figura 3 são mostrados os espectros para ambas as amostras e o efeito do par de dopantes ao longo da temperatura de 500 a 800 °C. Observando o conjunto de bandas entre as duas composições se observa que o par de dopantes escândio-fosfato (amostra SP) (Fig. 3.b) é capaz de ordenar continuamente os octaedros TiO_2 da fase anatase ao longo da temperatura de tratamento térmico, apresentando a banda E_g em 170 cm^{-1} cada vez mais definida e intensa até 800 °C.

As bandas associadas aos modos mais energéticos possuem intensidades proporcionalmente menores do que a banda E_g de menor energia em 170 cm^{-1} , mas à medida que a temperatura de tratamento térmico se eleva, estes modos mais energéticos sofrem um aumento nas intensidades proporcionalmente maior, indicando aumento do ordenamento da fase anatase.

Nas duas amostras, o ordenamento estrutural da fase anatase aumenta de 500 para 600 °C, mesmo que a amostra não modificada ABT (Fig. 3.a) seja mais cristalina (maiores intensidades das bandas). Com a elevação da temperatura de tratamento térmico de 600 para 700 °C, ambas as amostras apresentam pequeno aumento de intensidade para as bandas de maior energia, mas não para a banda de menor energia E_g em 170 cm^{-1} . Este efeito está relacionado ao mecanismo de transição de fases anatase-rutilo, que envolve quebra e reconstrução das ligações Ti-O-Ti (ZALESKA, 2008).

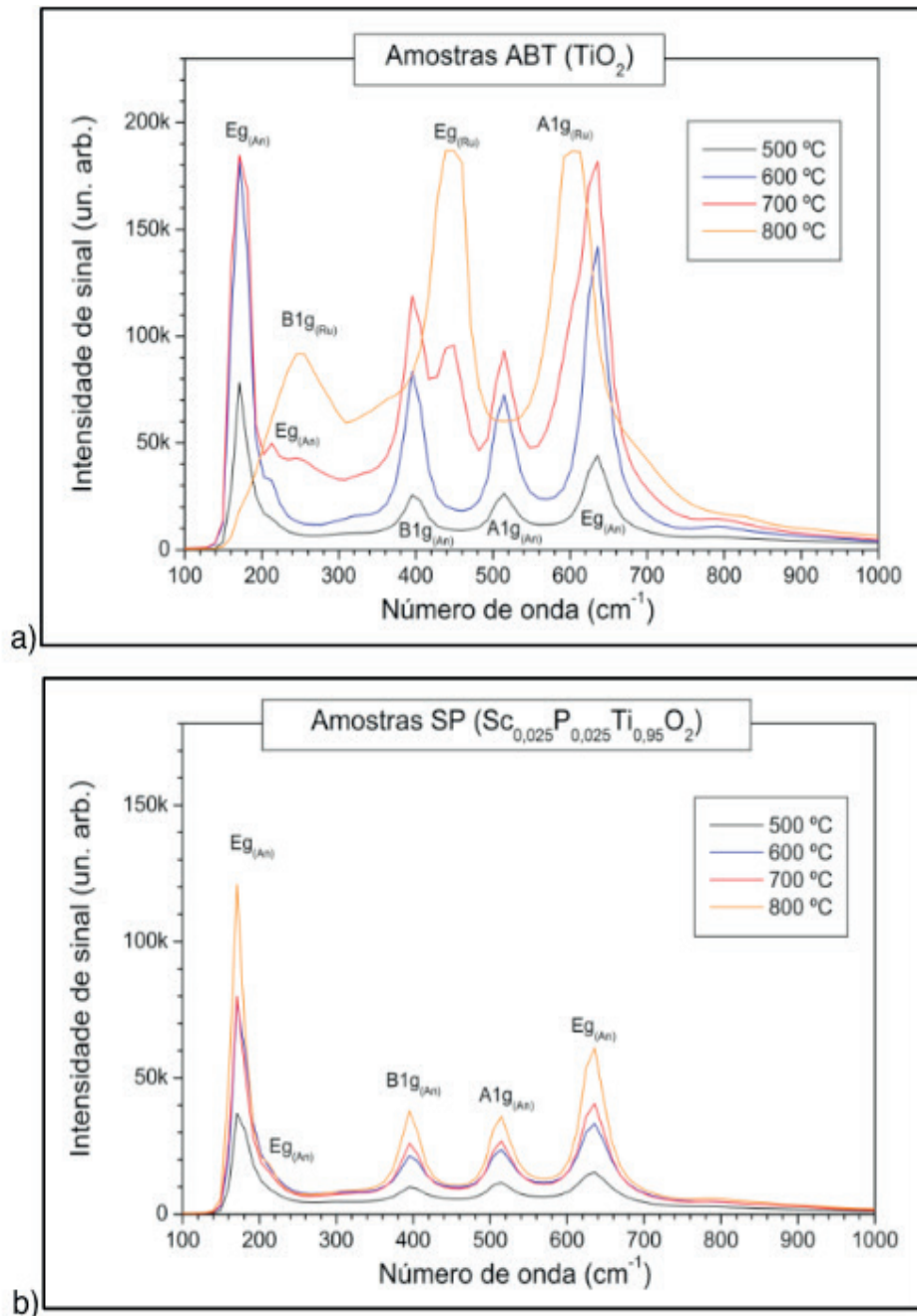


Figura 3. Espectros Raman para as amostras de dióxido de titânio: a) ABT e b) SP.

Na temperatura de 800 °C, a amostra ABT se cristaliza como fase rutilo, enquanto a amostra SP se recristaliza como fase anatase sob o efeito dos dopantes, que impede a transição de fases. Este efeito do par de dopantes está relacionado à impossibilidade de que todos os cátions possam ser posicionados no mesmo plano, característico da fase rutilo, o que não é possível quando há cátions substituintes ao titânio diferindo em estado de oxidação e raio iônico.

Todas as amostras foram testadas como fotocatalisadores para a degradação do corante Azul de Metileno e os resultados comparados com o processo fotolítico, tomando os valores de máxima absorvância para o Azul de Metileno em 665 nm, como mostrado na Figura 4.

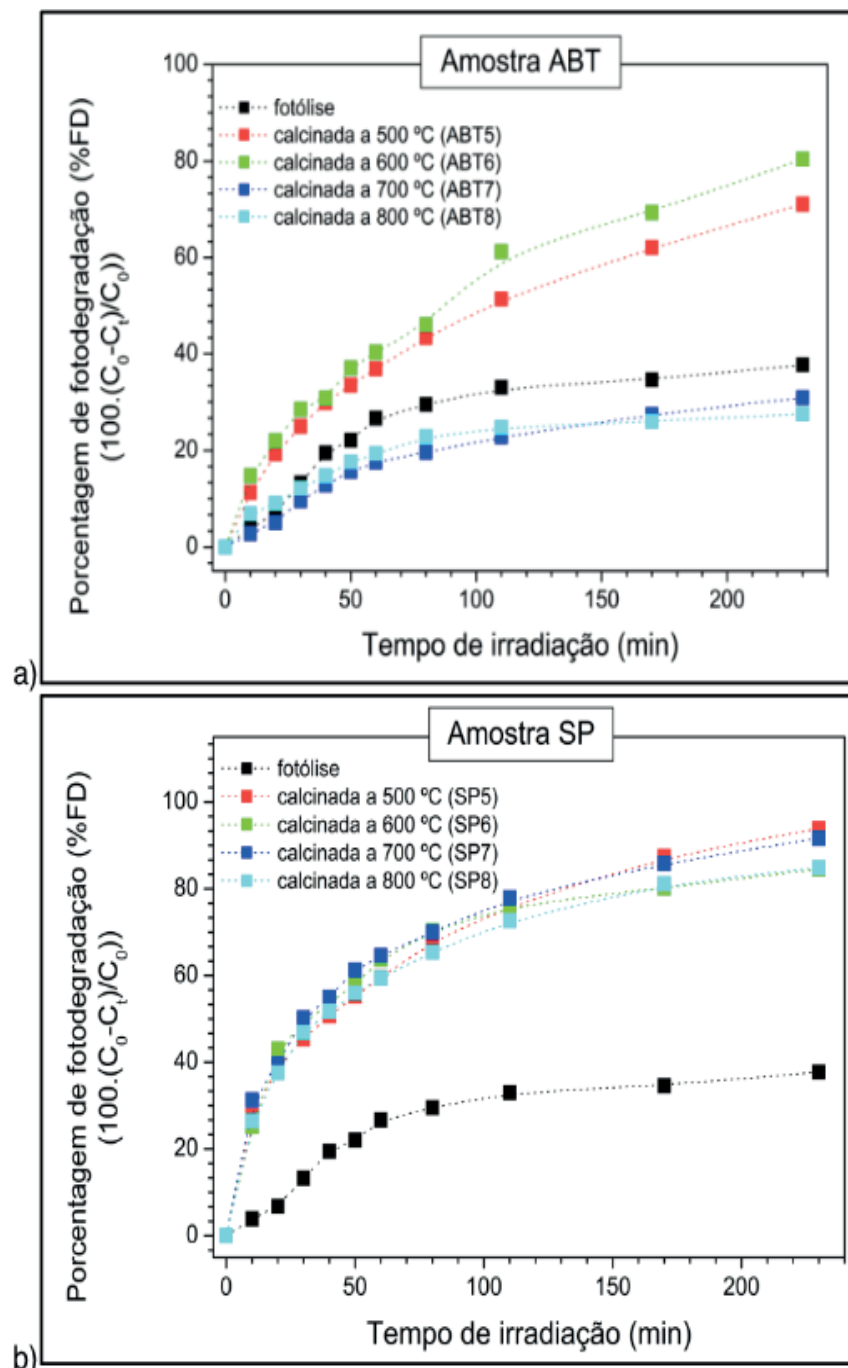


Figura 4. Porcentagem de fotodegradação do Azul de Metileno submetido à Fotocatálise comparativa a Fotólise para as amostras de dióxido de titânio: a) ABT e b) SP.

É possível observar as curvas de porcentagem de fotodegradação para as amostras ABT (Figura 4.a) e as amostras SP (Figura 4.b), ambas comparadas à fotólise. A eficiência fotocatalítica só é considerada quando apresenta fotodegradação superior a fotólise, e este não é o caso para as amostras ABT tratadas a 700 e 800 °C, devido à predominância de fase rutilo e perda de área específica do pó calcinado em temperaturas maiores.

As amostras ABT com fase única anatase obtidas a 500 e 600 °C possuem eficiência fotocatalítica, mas em grau maior para a amostra tratada a 600 °C, que chega ao patamar de 80 % depois de 4 horas de fotodegradação, mostrando que a cristalinidade da fase anatase tem mais efeito do que a perda de área específica do

pó. Este mesmo efeito é observado nas amostras SP, mas como não há fase rutilo em nenhuma delas, somente a cristalinidade e área específica afetam a porcentagem de fotodegradação, mas todas as amostras apresentam um valor final superior a 80 % depois de 4 horas de processo, chegando a 90 % para as amostras tratadas a 500 e 700 °C.

4 | CONCLUSÃO

Neste trabalho foi possível observar a influência do processo de cristalização da fase anatase e sua transição para a fase rutilo com o uso da espectroscopia de absorção no infravermelho e espalhamento Raman e como a inserção do par de dopantes escândio (III) e fósforo (V) torna a fase anatase estável até altas temperaturas de tratamento térmico. Foi possível também fazer correlações entre a eficiência fotocatalítica para a degradação do corante azul de metileno e a presença da fase única anatase e sua cristalinidade, demonstrando que a eficiência fotocatalítica é dependente da predominância da fase anatase livre de defeitos estruturais aprisionadores de cargas.

5 | AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a FUNDECT-MS, CNPq, CAPES, FINEP e PIBAP/UEMS pelo apoio financeiro e bolsas de pesquisa.

REFERÊNCIAS

AL-DOKHEILY, M. E. **Structure and Band Gap Energies of Nano Titanium Dioxide Doped With the Fifth Group Elements**. Chemical and Process Engineering Research. V. 25, p. 67-75, 2014.

BARBOSA, L. C. A. **Espectroscopia no Infravermelho na Caracterização de Compostos Orgânicos**. Viçosa: UFV, 189p, 2007.

BATZILL, M.; MORALES, E. H.; DIEBOLD, U. **Influence of Nitrogen Doping on the Defect Formation and Surface Properties of TiO₂ Rutile and Anatase**. Physical Review Letters. V. 96, n. 026103, 2006.

CAVALHEIRO, A. A.; BRUNO, J. C.; SAEKI, M. J.; VALENTE, J. P. S.; FLORENTINO, A. O. **Photocatalytic Decomposition of Diclofenac Potassium using Silver-Modified TiO₂ thin Films**. Thin Solids Films. V. 516, n. 18, p. 6240-6244, 2007.

CAVALHEIRO, A. A.; BRUNO, J. C.; SAEKI, M. J.; VALENTE, J. P.S.; FLORENTINO, A. O. **Effect of scandium on the structural and photocatalytic properties of titanium dioxide thin films**. Journal of Materials Science. V. 43, p. 602-608, 2008.

DOZZI, M. V.; SELLI, E. **Doping TiO₂ with p-block elements: Effects on photocatalytic activity**. Journal of Photochemistry and Photobiology A Chemistry. C 14, p. 13-28, 2013.

GUO D., ITO A., GOTO T., TU R., WANG C., SHEN Q., ZHANG L. **Preparation of Rutile TiO₂ Thin Films by Laser Chemical Vapor Deposition Method**. Journal of Advanced Ceramics. V. 2, n. 2; p. 162-166, 2013.

- HIRATSUKA, R. S.; SANTILLI, C. V.; PULCINELLI, S. H. **O Processo Sol-Gel: Uma Visão Físico-Química**. Química Nova. V.18, n.2, p.171-180, 1995.
- HUANG, W.; WANG, F.; WANG, W. **Fabrication Of TiO₂ Colloidal Crystal Films And Characterization Of Their Photocatalytic Properties**. Journal of Nanoscience and Nanotechnology. V. 3, p. 265-271, 2011.
- IONASHIRO, M.; GIOLITO, I. **Nomenclatura, padrões e apresentação dos resultados em análise térmica**. Cerâmica. v. 26, n. 121, p. 17-24, 1980.
- JCPDS - **Joint Committee on Powder Diffraction Standards/International Center for Diffraction Data**. Pennsylvania, Powder Diffraction File 2003.
- KANG Y. S., ZHANG D. R. **Synthesis and Characterization of Titanium Dioxide Doped With Sc³⁺ Ions**. International Journal of Nanoscience. V. 5, n. 2 e 3, p. 351-357, 2006.
- LIDE, D. R. **Handbook of Chemistry and Physics**, 87th ed., Taylor and Francis, 2007.
- LIU, X.; DONG, G.; LI, S.; LU, G.; BI, Y. **Direct Observation of Charge Separation on Anatase TiO₂ Crystals with Selectively Etched {001} Facets**. Journal of the American Chemical Society. V. 138, n. 9, p. 2917-2920, 2016.
- LOPES, S. A.; CRUZ, N. A.; MANFROI, D. C.; DIAS, R. G.; SILVA, M. S.; ZAGHETE, M. A.; DOS ANJOS, A.; CAVALHEIRO, A. A.; OLIVEIRA, L. C. S. **Effect of the iron doping on the thermal decomposition of the polymeric precursor for the titanium dioxide powder synthesis**. Materials Science Forum. V. 798-799, p. 211-216, 2014.
- NADZIRAH, S.; FOO, K. H.; HASHIM, U. **Morphological Reaction on the Different Stabilizers of Titanium Dioxide Nanoparticles**. International Journal of Electrochemical Science. V. 10, p. 5498-5512, 2015.
- NOGUEIRA, R. F. P.; JARDIM, W. F. **A Fotocatálise Heterogênea e sua Aplicação Ambiental**. Química Nova. V. 21, n.1, p.69-72, 1998.
- SCHNEIDER, J.; MATSUOKA, M.; TAKEUCHI, M.; ZHANG, J.; HORIUCHI, Y.; ANPO, M.; BAHNEMANN, D. W. **Understanding TiO₂ Photocatalysis: Mechanisms and Materials**. Chemical Review. V. 19, p. 9919-9986, 2014.
- SELLONI, A. **Crystal growth: Anatase shows its reactive side**. Nature Materials. V. 7, n.8, p. 613-615, 2008.
- SETVIN, M.; ASCHAUER, U.; HULVA, J.; SIMSCHITZ, T.; DANIEL, B.; SCHMID, M.; SELLONI, A.; DIEBOLD, U. **Following the Reduction of Oxygen on TiO₂ Anatase (101) Step by Step**. Journal of the American Chemical Society. V. 138, n. 30, p. 9565-9571, 2016.
- SHANNON, M. A.; BOHN, P. W.; ELIMELECH, M.; GEORGIADIS, J. G.; MARINÁS, B. J.; MAYES, A. M. **Science and technology for water purification in the coming decades**. Nature. V. 452, p. 301-310, 2008.
- SHANNON, R. D. **Revised effective ionic radii and systematic studies of interatomic distances in halides and chalcogenides**. Acta Crystallographica Section A. V. A32, p. 751-767, 1976.
- SKOOG, D. A.; HOLLER, F. J.; CROUCH, S. R. **Princípios de Análise Instrumental**. 6 ed. Porto Alegre: Bookman.1056p, 2009.
- SMIRNOVA N., PETRIK I., VOROBETS V., KOLBASOV G., EREMENKO A. **Sol-gel Synthesis,**

Photo- and Electrocatalytic Properties of Mesoporous TiO₂ Modified with Transition Metal Ions. Nanoscale Research Letters. V. 12, n. 239, 2017.

SMITH, B. **Infrared Spectral Interpretation: A Systematic Approach.** New York: CRC Press. 200p, 1999.

STACKELBERG, P. E.; GIBBS, J.; FURLONG, E. T.; MEYER, M. T.; ZAUGG, S. D.; LIPPINCOTT, L. **Efficiency of conventional drinking-water-treatment processes in removal of pharmaceuticals and other organic compounds.** Science of The Total Environment. V. 377. N. 2-3, p. 255-272, 2007.

SUTISNA; ROKHMAT, M.; WIBOWO, E.; KHAIRURRIJAL; ABDULLAH, M. **Prototype of a flat-panel photoreactor using TiO₂ nanoparticles coated on transparent granules for the degradation of Methylene Blue under solar illumination.** Sustainable Environment Research. V. 27, n. 4, p. 172-180, 2017.

ZALESKA A. **Doped-TiO₂: a review.** Recent Patents on Engineering. V. 2, n. 3, p. 157-164. 2008.

ZHANG, D. **Removal of Cationic Rhodamine-B Dye Using Nano-Titania with Anatase Crystalline Structure and Kinetic Analysis of the Photocatalytic Reaction.** Russian Journal of Physical Chemistry A. V. 87, n. 1, p.129-136, 2013.

ZHANG, J.; LI, M.; FENG, Z.; CHEN, J.; LI, C. **UV Raman Spectroscopic Study on TiO₂. I. Phase Transformation at the Surface and in the Bulk.** The Journal of Physical Chemistry B. V. 110, p. 927-935, 2006.

SOBRE O ORGANIZADOR

Henrique Ajuz Holzmann: Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Graduação em Tecnologia em Fabricação Mecânica e Engenharia Mecânica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Doutorando em Engenharia e Ciência do Materiais pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Trabalha com os temas: Revestimentos resistentes a corrosão, Soldagem e Caracterização de revestimentos soldados.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Alumina-zircônia 154, 156

Aptasensor 51, 52, 54, 55, 56, 57, 58, 60, 87, 88, 91, 92, 93

Área específica 108, 115, 116, 117, 142, 143

B

Biogás 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 31, 32, 33, 34, 35

Biomateriais 74, 75, 209

C

CdTe/CdSe 161, 162, 163, 164, 165, 168, 169, 170

Compósito 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21

Conversão 108, 110, 112, 115, 116, 118

E

Eletrofiação 73, 74, 75, 77, 79, 80, 81, 83, 119, 122, 123, 124, 125, 126, 131

Eletroquímica 52, 53, 55, 57, 60, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 87, 88, 89, 91, 92, 189

Engenharia tecidual 74

Espaçamento de fibra 1

F

Fase Anatase 133, 135, 136, 140, 141, 142, 143

Fator de Qualidade 146, 147, 151, 152

Fibra de Juta 10, 12, 22

Fibra de vidro 10, 12, 13, 20, 21

Fibras de carbono 36, 37, 38, 40, 49

Fibras de sisal 1, 2, 3, 7, 14

Fibras naturais 1, 2, 10, 11, 12, 13, 21

Filtro 23, 28, 33, 97

Fosfato metálico 133

Fotocatálise 133, 134, 135, 142, 144

G

Gelatina 108, 110, 111

Genossensores 64, 65, 66

H

H₂S 23, 24, 25, 28, 29, 32, 33, 34

Híbrido 10, 13, 21

I

Indutores Internos 146, 151

L

Laminados 8, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 21

LaNiO₃ 119, 120, 121, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 131

M

Meniscos 73, 74, 75, 80, 81, 83

Microdomínios 36, 38, 40, 44, 45, 46, 47, 48, 49

N

Nanocompósito 96, 99, 101, 104, 105

Nanocristais 162

Nanopartículas de Ouro 63, 66, 68

Nanotubo de carbono 51, 87

Neuroesquistossomose 63, 64, 65, 70, 71, 72

Núcleo/casca 162

O

Ocratoxina A 51, 52, 87, 88

Óxido de zinco 51, 52, 54, 87, 89, 90, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 103, 104, 106, 205, 206

P

Pechini 23, 24, 27, 34, 108, 109, 110, 111, 118

Perovskita 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 116, 117, 120

Piche mesofásico 36, 38, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 48, 49

Poli(ácido láctico) 96, 97

Propriedades mecânicas 1, 2, 5, 10, 12, 13, 21, 36, 37, 38, 49, 75, 83, 97, 98, 104, 106, 154, 155, 156, 158, 159, 209

R

Rádio Frequência 146, 147

S

Síntese coloidal 162

Sol-Gel 122, 132, 133, 134, 136, 144

T

Teoria mesoscópica do contínuo 36, 39

U

Umidade 12, 14, 23, 24, 25, 27, 28, 31, 32, 33, 52, 77, 97, 123, 137, 230, 239, 240, 241

