



*João Dallamuta
(Organizador)*

*Estudos
Transdisciplinares
nas Engenharias 3*

Atena
Editora

Ano 2019

João Dallamuta
(Organizador)

Estudos Transdisciplinares nas Engenharias

3

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Rafael Sandrini Filho
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 Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Faria – 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 Internazionele 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. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

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 Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
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 Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
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
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
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

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
E82	Estudos transdisciplinares nas engenharias 3 [recurso eletrônico] / Organizador João Dallamuta. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Estudos Transdisciplinares nas Engenharias; v. 3) Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-682-9 DOI 10.22533/at.ed.829190710 1. Engenharia – Pesquisa – Brasil. 2. Transdisciplinaridade. I. Dallamuta, João. II. Série. CDD 620
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

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

APRESENTAÇÃO

Se o Senhor Leonardo di Ser Piero da Vinci, por uma hipótese, fosse realizar concurso público para lecionar em uma universidade brasileira, teria enorme dificuldade para se adequar às regras do certame. Ele era cientista, matemático, inventor, engenheiro, médico anatomista, escultor, desenhista, arquiteto, artista plástico pintor poeta e músico. Dificilmente iria conseguir comprovar títulos ou se adequar as exigências.

Em termos mais modernos da Vinci teria conhecimentos transdisciplinares, um conceito para conhecimento de forma plural. Disciplinas e carreiras são divisões artificiais para facilitar a organização de cursos, currículos, regulamentações profissionais e facilitar a prática do ensino. Em tempos onde isto não existia, como na Grécia antiga ou na renascença havia o conhecimento plural na qual Leonardo da Vinci talvez seja o maior expoente.

Não se sugere que todo conhecimento transdisciplinar prove de um gênio, tão pouco que a organização por áreas do conhecimento não tenha seu valor. Apenas que a boa engenharia, em função da sua crescente complexidade trás necessidades de conhecimentos e competências transdisciplinares.

Neste livro são apresentados artigos abordando problemas de fornecimento de energia, água potável, urbanismo, gestão de varejo, técnicas de projeto e fabricação, uma combinação de áreas e temas que possuem um ponto em comum; são aplicações de ciência e tecnologia que buscam soluções efetivas para problemas técnicos, como deve ser em tese a boa engenharia.

Aos pesquisadores, editores e aos leitores para quem em última análise todo o trabalho é realizado, agradecemos imensamente pela oportunidade de organizar tal obra.

Boa leitura!
João Dallamuta

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
DEMANDA ENERGÉTICA E PROPOSTAS DE SOLUÇÕES NO ESTADO DE RORAIMA	
Laura Vieira Maia de Sousa	
Talyta Viana Cabral	
Josiane do Socorro Aguiar de Souza de Oliveira Campos	
Luciano Gonçalves Noleto	
Maria Vitória Duarte Ferrari	
Túlio Costa de Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.8291907101	
CAPÍTULO 2	15
ANÁLISE DO POTENCIAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NA SANTA CASA DE AREALVA: SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO E AR CONDICIONADO	
José Rodrigo de Oliveira	
Matheus Henrique Gonçalves	
DOI 10.22533/at.ed.8291907102	
CAPÍTULO 3	25
TRATAMENTO DA ÁGUA DE DRENAGEM PLUVIAL: UM MAL NECESSÁRIO?	
Carlos Augusto Furtado de Oliveira Novaes	
DOI 10.22533/at.ed.8291907103	
CAPÍTULO 4	36
DIAGNÓSTICO DA GESTÃO DE ÁGUAS URBANAS DA CIDADE DE CARAÚBAS/RN	
Larisa Janyele Cunha Miranda	
Leonete Cristina de Araújo Ferreira Medeiros Silva	
Rokátia Lorrany Nogueira Marinho	
Guilherme Lopes da Rocha	
Clélio Rodrigo Paiva Rafael	
DOI 10.22533/at.ed.8291907104	
CAPÍTULO 5	46
CALIBRAÇÃO DO FATOR DE ATRITO EM REDES DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	
Alessandro de Araújo Bezerra	
Renata Shirley de Andrade Araújo	
Marco Aurélio Holanda de Castro	
DOI 10.22533/at.ed.8291907105	
CAPÍTULO 6	55
AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DE ALTERNATIVAS DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO, SOB ASPECTOS DE RESILIÊNCIA A INUNDAÇÕES E REQUALIFICAÇÃO AMBIENTAL	
Bruna Peres Battemarco	
Lilian Marie Tenório Yamamoto	
Aline Pires Veról	
Marcelo Gomes Miguez	
DOI 10.22533/at.ed.8291907106	
CAPÍTULO 7	67
MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM EDIFICAÇÕES PÚBLICAS: ESTUDO DE CASO EM ALGUNS	

TEATROS NA CIDADE DO RECIFE/PE

Carlos Fernando Gomes do Nascimento
Eduardo José Melo Lins
Eliana Cristina Barreto Monteiro
Amanda de Moraes Alves Figueira
Cynthia Jordão de Oliveira Santos
Débora Cristina Pereira Valões
Edenia Nascimento Barros
George da Mota Passos Neto
Gilmar Ilário da Silva
Lucas Rodrigues Cavalcanti
Marcionillo de Carvalho Pedrosa Junior
Maria Angélica Veiga da Silva
Mariana Santos de Siqueira Bentzen
Paula Gabriele Vieira Pedrosa

DOI 10.22533/at.ed.8291907107

CAPÍTULO 8 80

CARACTERIZAÇÃO E ANÁLISE COMPARATIVA DE PÓS NANOMÉTRICOS OBTIDOS POR MOAGEM DE ALTA ENERGIA COM E SEM LIXÍVIA ÁCIDA PARA APLICAÇÃO EM FOTOCATÁLISE

Lucca Monteiro Silva Semensato
Luis Fernando Baldo Estorari
Maisa Helena Mancini
Veridiana Magalhães Costa Moreira
Ana Gabriela Storion
Eliria Maria de Jesus Agnolon Pallone
Tânia Regina Giraldi
Sylma Carvalho Maestrelli

DOI 10.22533/at.ed.8291907108

CAPÍTULO 9 93

CONTRIBUIÇÕES DA ANÁLISE DE REDES SOCIAIS A UM CLUSTER COMERCIAL PLANEJADO DE VAREJO DE AUTOMÓVEIS

Marco Aurélio Sanches Fittipaldi
Denis Donaire

DOI 10.22533/at.ed.8291907109

CAPÍTULO 10 106

IMPLEMENTAÇÃO DE UMA MESA DE VARREDURA XY E APRIMORAMENTO DO SISTEMA FOCAL DE UM APARELHO DE LITOGRAFIA

Raul de Queiroz Mendes
Arlindo Neto Montagnoli

DOI 10.22533/at.ed.82919071010

CAPÍTULO 11 120

ANÁLISE DO IMPACTO DO ROTEAMENTO FIXO EM REDES ÓPTICAS ELÁSTICAS TRANSLÚCIDAS CONSIDERANDO DIFERENTES CENÁRIOS DE DEGRADAÇÃO DA QUALIDADE DE TRANSMISSÃO

Arthur Hendricks Mendes de Oliveira
Helder Alves Pereira

DOI 10.22533/at.ed.82919071011

CAPÍTULO 12 128

ANÁLISE DO IMPACTO DO CASCATEAMENTO DE FILTROS ÓPTICOS CONSIDERANDO

DIFERENTES ARQUITETURAS DE REDES ÓPTICAS ELÁSTICAS

Eloisa Bento Sarmento

Helder Alves Pereira

DOI 10.22533/at.ed.82919071012

CAPÍTULO 13 138

MODELAGEM DO EQUILÍBRIO SÓLIDO-LÍQUIDO NA SOLUBILIDADE DE ÁCIDOS GRAXOS EM SOLVENTES ORGÂNICOS

Bruno Rossetti de Souza

Vanessa Vilela Lemos

Jessica Cristina Silva Resende

Karolina Soares Costa

Marlus Pinheiro Rolemberg

Rodrigo Corrêa Basso

DOI 10.22533/at.ed.82919071013

CAPÍTULO 14 149

AVALIAÇÃO DE NANOPARTÍCULAS DE TiO₂ OBTIDAS POR MOAGEM DE ALTA ENERGIA COM E SEM LIXIVIAÇÃO

Lucca Monteiro Silva Semensato

Vanessa Vilela Lemos

Gabriel de Paiva

Luis Fernando Baldo Estorari

Maisa Helena Mancini

Ana Gabriela Storion

Eliria Maria de Jesus Agnolon Pallone

Tânia Regina Giraldi

Sylma Carvalho Maestrelli

DOI 10.22533/at.ed.82919071014

CAPÍTULO 15 161

ANÁLISE DA INTERFERÊNCIA DO PRÉ-AQUECIMENTO DO ÓLEO E DA TEMPERATURA DE TRANSESTERIFICAÇÃO NAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DO BIODIESEL

Gerd Brantes Angelkorte

Ivenio Moreira da Silva

DOI 10.22533/at.ed.82919071015

CAPÍTULO 16 170

ASPECTOS BOTÂNICOS DOS ÓLEOS ESSENCIAIS

Sebastião Gomes Silva

Jorddy Neves da Cruz

Pablo Luis Baia Figueiredo

Wanessa Almeida da Costa

Mozaniel Santana de Oliveira

Rafael Henrique Holanda Pinto

Renan Campos e Silva

Fernanda Wariss Figueiredo Bezerra

Raul Nunes de Carvalho Junior

Eloisa Helena de Aguiar Andrade

DOI 10.22533/at.ed.82919071016

CAPÍTULO 17 182

ESTUDO DOS EFEITOS DAS VARIÁVEIS DE IMPRESSÃO 3D POR EXTRUSÃO SOBRE AS PROPRIEDADES MECÂNICAS DO ÁCIDO POLILÁTICO (PLA) OBTIDAS POR INTERMÉDIO DE

ENSAIO DE TRAÇÃO

Camila Colombari Bomfim
Antônio Carlos Marangoni
Rafael Junqueira Marangoni

DOI 10.22533/at.ed.82919071017

CAPÍTULO 18 194

ESTUDO DO ASPECTO GEOMÉTRICO DOS CORDÕES DE SOLDA COMO ORIENTAÇÃO OPERACIONAL PARA O USO NA SOLDAGEM MAG ROBOTIZADA

Everaldo Vitor
Paulo Eduardo Alves Fernandes

DOI 10.22533/at.ed.82919071018

SOBRE O ORGANIZADOR..... 206

ÍNDICE REMISSIVO 207

AVALIAÇÃO DE NANOPARTÍCULAS DE TiO_2 OBTIDAS POR MOAGEM DE ALTA ENERGIA COM E SEM LIXIVIAÇÃO

Lucca Monteiro Silva Semensato

Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL-MG),
Campus Poços de Caldas
Estudante de Iniciação Científica
Poços de Caldas – Minas Gerais

Vanessa Vilela Lemos

Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL-MG),
Campus Poços de Caldas
Engenheira Química
Poços de Caldas – Minas Gerais

Gabriel de Paiva

Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL-MG),
Campus Poços de Caldas
Engenheiro Químico
Poços de Caldas – Minas Gerais

Luis Fernando Baldo Estorari

Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL-MG),
Campus Poços de Caldas
Estudante de Iniciação Científica
Poços de Caldas – Minas Gerais

Maisa Helena Mancini

Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL-MG),
Campus Poços de Caldas
Estudante de Iniciação Científica
Poços de Caldas – Minas Gerais

Ana Gabriela Storion

FZEA – USP
Doutoranda
Pirassununga – São Paulo

Eliria Maria de Jesus Agnolon Pallone

FZEA – USP
Professor titular
Pirassununga – São Paulo

Tânia Regina Giraldi

Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL-MG),
Campus Poços de Caldas
Professor Associado
Poços de Caldas – Minas Gerais

Sylma Carvalho Maestrelli

Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL-MG),
Campus Poços de Caldas
Professora Associada
Poços de Caldas – Minas Gerais

RESUMO: A aplicação de nanopós semicondutores na fotocatalise heterogênea tem se mostrado uma importante linha de estudos, que visa oxidar compostos orgânicos a formas inertes e menos tóxicas, diminuindo os impactos ambientais causados pelo descarte destes. Neste contexto, o presente trabalho objetivou a obtenção de nanopós de TiO_2 através da moagem de alta energia, utilizando-se moinho do tipo SPEX para aplicação em fotocatalise. Amostras de TiO_2 comercial, sob a forma de pós, foram caracterizadas via Difração de Raios X (DRX), fisissorção de nitrogênio (B.E.T.), Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC), Termogravimetria (TG) e Microscopia

Eletrônica de Varredura (MEV). Elas foram então moídas em moinho vibratório de alta energia tipo SPEX variando-se os tempos de moagem (1, 2, 3, 4 e 5h), a fim de se estudar a influência desta variável na obtenção de nanopartículas. O processo de lixívia ácida foi aplicado aos nanopós obtidos, objetivando a descontaminação causada pelo ferro liberado pelos corpos moedores e moinho (ambos constituídos de aço) sobre a amostra. Os pós moídos obtidos, já em escala nanométrica, foram caracterizados por DRX, determinando-se o tamanho de cristalitos por Rietveld. Ensaios fotocatalíticos também foram realizados. A lixívia ácida utilizando HCl mostrou-se parcialmente eficaz na remoção do ferro proveniente da MAE. Além da contaminação, a MAE também promoveu a transformação da fase anatase em rutilo, o que prejudicou no potencial fotocatalítico das amostras com maiores tempos de moagem. A amostra com 1h de moagem obteve maior potencial de degradação fotocatalítica, devido ao menor contato com ferro e menor formação da fase rutilo.

PALAVRAS-CHAVE: Nanopós, TiO_2 , Moagem de Alta Energia, fotocatalise, lixívia ácida.

EVALUATION OF TiO_2 NANOPARTICLES OBTAINED BY HIGH ENERGY MILL WITH AND WITHOUT LEACHING

ABSTRACT: The application of semiconductor nanopowders in heterogeneous photocatalysis is an important line of studies, whose purpose is to oxidize organic compounds to inert and less toxic forms, reducing the environmental impacts caused by their disposal. In this context, the focus of this work was to obtain TiO_2 nanopowders through high energy milling, using a SPEX type mill for application in photocatalysis. Commercial TiO_2 samples were characterized by X-Ray Diffraction (XRD), Nitrogen Screening (BET), Differential Scanning Calorimetry (DSC), Thermogravimetry (TG), Scanning Electron Microscopy (SEM) and FTIR. These samples were then milled in a high-energy SPEX type vibrating mill, varying the milling times (1, 2, 3, 4 and 5h) in order to study the influence of this variable on nanoparticles obtainment. The acidic leaching process was applied to the nanopowders obtained, with the purpose of obtaining decontamination by the iron released by the grinding and milling bodies (both made of steel) on the sample. The obtained milled powders, already in nanometric scale, were characterized by XRD, determining the size of crystallites by the Rietveld method. Photocatalytic tests were also performed. Acidic leaching using HCl was partially effective in the removal of iron from the MAE. In addition to the contamination, the MAE also promoted the transformation of the anatase phase into rutile, which impaired the photocatalytic potential of the samples with longer milling times. The sample with 1h of milling obtained a greater potential of photocatalytic degradation, due to the lower contact with the iron and less formation of the rutile phase.

KEYWORDS: Nanopowders, TiO_2 , High Energy Milling, photocatalysis, acid leaching.

1 | INTRODUÇÃO

Uma vez que os recursos ambientais têm se tornado cada vez mais escassos, é de suma importância que os resíduos tenham características adequadas para o descarte no meio ambiente, visto que a qualidade de vida das comunidades, da fauna e a flora dependem disso. Processos tradicionais de tratamento de efluentes ainda são utilizados, porém para algumas aplicações eles se mostram ineficazes e insuficientes (PASCOAL, 2007).

É neste contexto que os processos oxidativos avançados - POAs- se destacam como alternativa promissora para o tratamento de efluentes, por serem capazes de oxidar compostos orgânicos complexos, se mostrando um processo eficiente para eliminação de compostos resistentes aos tratamentos químicos, físicos e biológicos. Os poluentes tratados são mineralizados a formas menos tóxicas e inertes, como CO_2 e H_2O (FERREIRA, 2005).

Na fotocatalise heterogênea, um tipo de POA, a radiação solar pode ser utilizada como fonte de energia, ativando o catalisador e induzindo reações de oxirredução. Alguns semicondutores minerais vêm sendo aplicados neste processo como catalisadores, por exemplo, o TiO_2 , ZnO , ZnS , CdS , Bi_2O_3 , entre outros (FERREIRA, 2005).

A efetividade da fotocatalise heterogênea depende da área superficial do semicondutor, o que tem chamado atenção para fotocatalisadores obtidos a partir de pós nanométricos, visto que estes, pelo menor tamanho, possuem uma grande área superficial (MOURÃO; MENDONÇA, 2009).

Diversas técnicas podem ser utilizadas para a obtenção de pós nanométricos; a Moagem de Alta Energia (MAE) tem ganho destaque na comunidade científica uma vez que é uma técnica rápida, eficiente, de fácil transposição para a escala industrial e que envolve custo relativamente baixo, principalmente no que tange a questão das matérias primas utilizadas para obtenção de nanopós (TAKIMI, 2004). Esta pesquisa investigou a obtenção de nanopós para aplicação em fotocatalise de um material semicondutor (TiO_2) a partir da MAE, e o efeito da presença de ferro contaminante oriundo do frasco e meio de moagem nas propriedades fotocatalíticas de TiO_2 .

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Foi utilizado como matéria-prima o Óxido de Titânio em pó (TiO_2 , 99% de pureza, MW:79,87 g/mol, Sigma-Aldrich®). Solução de 20% de ácido clorídrico foi utilizada para descontaminação dos nanopós pelo processo de lixívia ácida após moagem.

Para o desenvolvimento deste projeto de pesquisa, a metodologia foi dividida em três fases, na qual a fase A consistiu na caracterização do pó precursor (feita previamente pelo grupo de pesquisa), na fase B na obtenção dos pós finos por meio da moagem de alta energia, e por fim, a fase C consistiu na caracterização do material

obtido após a fase B.

Fase A: Realizada previamente pelo grupo de pesquisa (STORION, 2018). Para a caracterização por difração de Raios X dos pós de TiO_2 antes da moagem (Laboratório de Cristalografia da Universidade Federal de Alfenas, campus de Alfenas/MG), foi empregado tubo de cobre ($K\alpha = 0,1542 \text{ nm}$), com potencial de aceleração de 40 kV e 30 mA, em varredura angular entre 15 e 75°, com passo de $2 \times 10^{-2}^\circ$. A análise de DSC e TG (equipamento Netzsch Júpiter STA 449F3, UNIFAL, *campus* de Poços de Caldas/MG) foi utilizada para avaliar eventos físico-químicos endo/exotérmicos e de alterações na massa das amostras em função do incremento da temperatura. Foi utilizado 10 mg de óxido em cadinhos de liga platina-ródio sob a atmosfera de nitrogênio, com taxa de aquecimento de 10K/min e faixa de temperatura de 200 a 1100°C. As caracterizações por microscopia eletrônica de varredura (MEV) e fisissorção de nitrogênio (BET) foram realizadas no DEMa/UFSCar. Para análise dos pós em termos de morfologia, distribuição e tamanho, foi utilizado o Microscópio Eletrônico de Varredura modelo Philips XL-30Field Emission Gun (MEV-FEG) e o software ImageJ 1.48v. A técnica de fisissorção de nitrogênio foi realizada em equipamento Micromeritics ASAP 2020, na temperatura de 77 K.

Fase B: A moagem dos pós precursores foi realizada em um moinho de alta energia do tipo SPEX *Mixer/ Mill*, cujo frasco e bolas são constituídos de aço endurecido (UNIFAL, *campus* de Poços de Caldas). Antes de cada moagem as bolas foram pesadas em balança analítica e a massa de TiO_2 também foi medida seguindo a proporção mássica de Bola:Material de 5:1, relação ótima já investigada em trabalhos anteriores do grupo de pesquisa (STORION, 2018). As moagens foram realizadas a seco, variando-se o tempo de moagem total da titânia em 1, 2, 3, 4 e 5h horas, sendo comparadas com o tempo zero que corresponde àquelas amostras submetidas somente à passagem em almofariz e pistilo.

Não foram necessários tempos de moagem mais longos, visto que o moinho vibratório tipo SPEX produz elevada energia, com elevado grau de moagem mesmo em tempos mais curtos de moagem, quando comparados a outros moinhos de alta energia, como é o caso do atritor ou planetário; além disso, tempos elevados de moagem encareceriam o projeto, o que seria contraditório com a pesquisa proposta uma vez que pretende-se obter os nanopós através de tecnologia de menor custo quando comparado aos processos químicos. Ao fim de cada tempo de moagem, os pós foram retirados do frasco com a ajuda de um pincel, e então foram transferidos para um béquer. Como alguns pós permaneceram aderidos à parede, foi adicionado álcool e o frasco foi levado novamente ao moinho, por mais cinco minutos, sendo o pó e álcool posteriormente retirados e transferidos para o mesmo béquer. Este foi deixado à temperatura ambiente para que o álcool evaporasse e o pó fosse então utilizado na lixívia.

Após a obtenção dos pós finos foi realizada a lixívia ácida utilizando solução de 20 % de ácido clorídrico para a descontaminação e posterior desaglomeração do pó via

ultrassom de ponto. Para a realização da lixívia ácida, 3 g do pó moído foram medidos em balança analítica e adicionados a um béquer com 100 mL da solução de ácido clorídrico. Eles foram agitados por 4 horas em uma temperatura entre 90 e 100°C. O béquer foi então deixado em repouso para a decantação do pó e então retirada da solução residual. Após a retirada da parte líquida, o pó foi novamente misturado a 100 mL de solução de HCl e o procedimento foi repetido. A lixívia foi realizada quatro vezes para os pós moídos por 1, 2 e 3h e cinco vezes para os pós moídos por 4 e 5h até eliminação aparente do ferro.

Quando a solução foi extraída pela última vez de cada amostra foi necessário realizar a lavagem do pó para retirar o ácido residual. Para isso, foi adicionado ao béquer 100 mL de água, e a mistura foi deixada sob agitação por 30 min. Após alguns dias, para os pós que não decantaram completamente, a parte líquida foi centrifugada para a completa separação do pó e da água. Esta última foi então descartada e o pó novamente misturado a 100 mL de água destilada. O processo de lavagem foi repetido três vezes para cada amostra, e após a última retirada da parte líquida, o béquer foi deixado em uma estufa para completa evaporação da água. Por fim, álcool foi adicionado ao béquer e o pó foi desaglomerado na Sonda Ultrassônica Sanders, por 25 min. Após alguns dias em repouso, o álcool evaporou e os pós foram passados em uma peneira de abertura de 45 μm .

Fase C: Depois de obtidos os nanopós de titânia, utilizou-se novamente a Difração de Raios X para determinação do tamanho de cristalito pelo método de Rietveld. Foi utilizado para os testes fotocatalíticos um reator fotoquímico operante com radiação ultravioleta na região do UV-C presente no Laboratório de Espectroscopia e Cromatografia Ambiental da Universidade Federal de Alfenas, *campus* de Poços de Caldas. Foi utilizado o corante Rodamina B Synth para mensurar a atividade fotocatalítica. Solução estoque desse corante foi previamente preparada a 1000 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ em água deionizada ($3\ \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) armazenada em frasco âmbar a 4°C. Anterior a cada análise, foi preparada solução a 5 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ a partir da diluição da solução estoque em água com mesma procedência.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Fase A

Durante a caracterização dos pós precursores determinou-se a área superficial do óxido de titânio pela técnica de fisissorção de nitrogênio, obtendo-se o valor de $A = 10,9456\ \text{m}^2/\text{g}$ (STORION, 2018).

A Figura 1 mostra o difratograma de Raios X para o TiO_2 precursor, indicando que o óxido de titânio se encontra na fase anatase, com estrutura cristalina tetragonal (STORION, 2018).

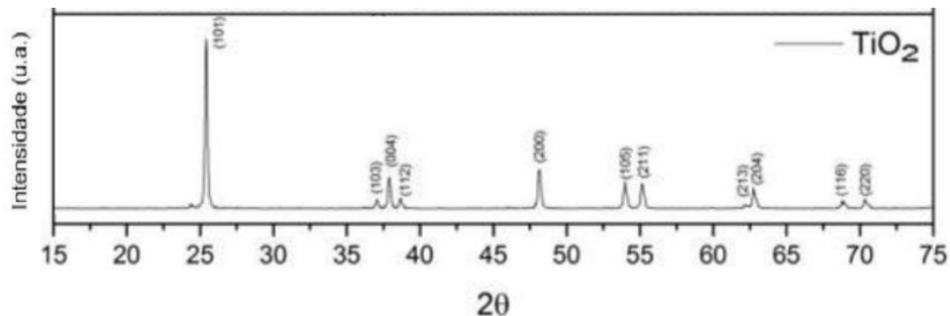


Figura 1 - Difratoograma de Raios X para o pós precursor de TiO_2 .

Fonte: STORION, 2018.

A Figura 2 apresenta os resultados dos ensaios DSC/TG para o pó precursor. É possível notar que em torno de 500°C , a curva de fluxo de calor, que antes estava caminhando para o sentido de diminuição da perda de calor, apresenta um pico exotérmico, enquanto que a curva termogravimétrica não sofreu alteração. A transição do pó de uma fase menos estável para uma mais estável, no caso em questão, da fase anatase para rutilo, pode ser a causa deste pico.

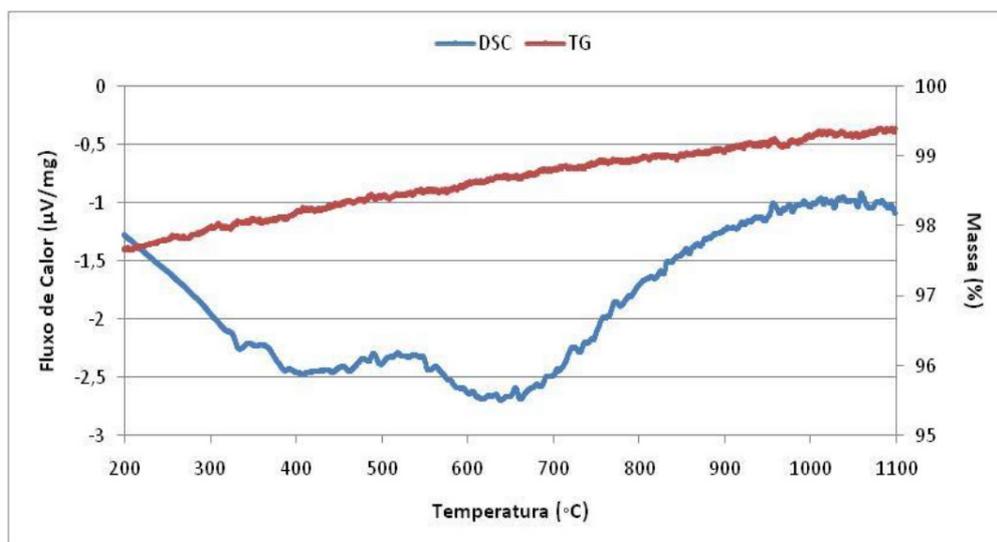


Figura 2 - Resultados do ensaio DSC/TG para o pó precursor.

Fonte: STORION, 2018.

Para a determinação do tamanho de partículas de TiO_2 foi utilizado o *Software* ImageJ 1.48v, tendo sido obtido um tamanho médio de $166,30 \pm 37,98\text{nm}$ antes da moagem de alta energia (Figura 3).

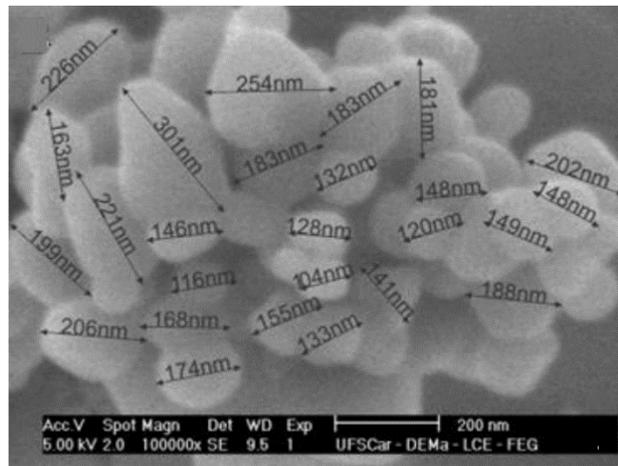


Figura 3 – Determinação do tamanho de partículas do TiO_2 (100000x).

Fonte: Autores.

3.2 Fase B

Após realizar a moagem do óxido de titânio com diferentes tempos, foi possível perceber uma maior contaminação conforme o tempo de moagem aumentava, visto que a coloração do pó se tornou cada vez mais escura, o que já era esperado. Esse fato pode ser comprovado pela Figura 4.



Figura 4 – TiO_2 após 1, 2, 3, 4 e 5 h de moagem (da esquerda para direita).

Fonte: Autores.

Como já discutido na metodologia, a lixívia ácida foi empregada para descontaminar esse pó, por meio da reação do ácido com o ferro. Após a lixívia, a cor característica da solução é amarelada, e conforme a quantidade de ferro no pó diminui, a solução vai se tornando mais clara. Na maioria dos casos, conforme foram sendo realizadas mais lixívias, a solução foi se tornando menos amarela. Em poucos casos a solução se tornou mais escura novamente, mas isso provavelmente se deve ao fato de a lixívia anterior não ter sido realizada eficientemente. Isso pode ocorrer devido a diversos fatores, como um descontrole na temperatura, por exemplo. A Figura 5 mostra a mistura após cada uma das lixívias para a amostra moída por cinco horas.



Figura 5 – Aparência da solução após cada lixívia para amostra moída por 5h.

Fonte: Autores.

Após quatro lixívias nos pós que foram moídos por 1, 2 e 3 h, a solução já se mostrou suficientemente clara, indicando que o ferro foi eliminado quase que totalmente. Já os pós que foram moídos por 4 e 5h ainda apresentavam uma coloração pouco amarelada após a quarta lixívia, consequência da maior contaminação gerado pelo maior tempo de moagem. Por isso, nestes dois casos, a lixívia foi realizada cinco vezes.

Como já dito na metodologia, os pós foram lavados após a lixívia, para retirada do ácido residual. Todas as amostras mostraram uma total separação da água e do TiO_2 após a primeira lavagem, porém após a segunda e terceira foi necessário utilizar a centrifugação para separá-los. A Figura 6 mostra a amostra de 1 h nos dois casos.

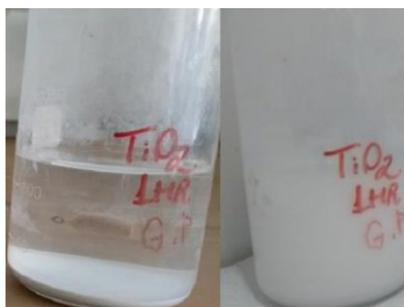


Figura 6 – Amostra moída por 1 h após primeira e segunda lavagem.

Fonte: Autores.

3.2 Fase C

3.2.1 Análises de DRX

As figuras 7 e 8 mostram os difratogramas obtidos para as amostras com e sem lixívia. Na figura 7, onde estão registrados os resultados das amostras que não passaram por lixívia ácida, nota-se que conforme o tempo de moagem aumenta, a amorfização do pó também aumenta, juntamente com a presença do ferro, na forma de magnetita. Além do mais, nota-se que para maiores tempos de MAE, a estrutura anatase (ortorrômbica) transforma-se em rutilo (ALI, 2014), o que também é evidenciado na figura 8, que mostra os difratogramas das amostras submetidas a lixívia ácida. Após a lixívia ácida, foi possível verificar a remoção parcial ou completa do ferro através dos difratogramas da figura 8.

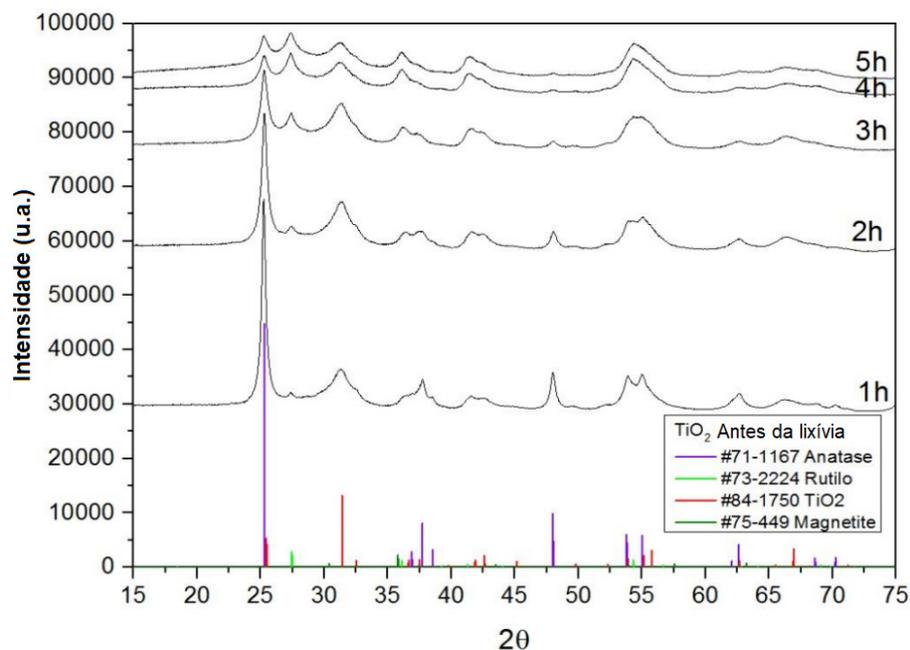


Figura 7 – Difratomogramas para as amostras de TiO_2 que não passaram pelo processo de lixívia ácida. Foram indicadas as fases anatase e rutilo (TiO_2) e a presença do ferro como magnetita.

Fonte: Autores.

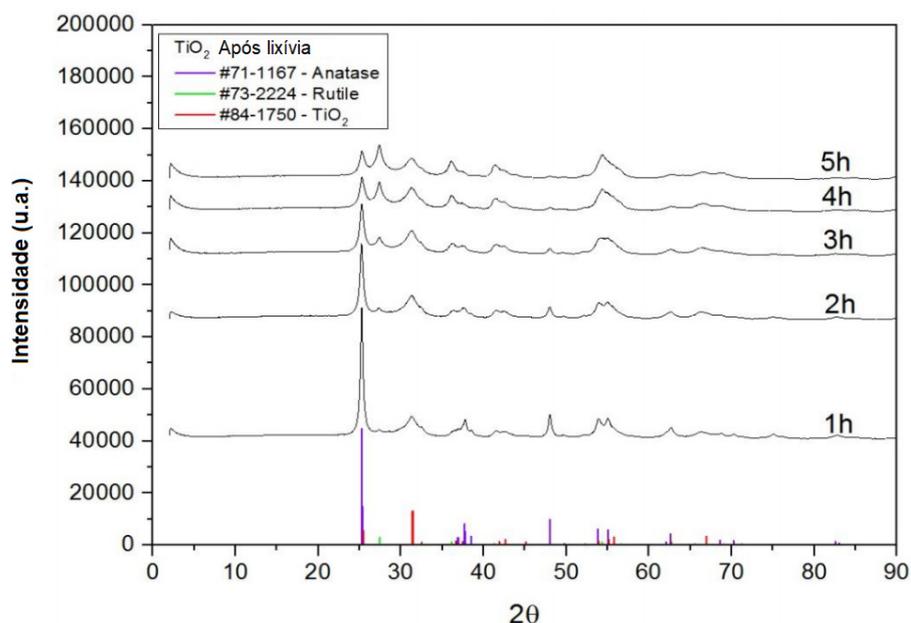


Figura 8 – Difratomogramas para as amostras de TiO_2 que passaram pelo processo de lixívia ácida. Foram indicadas as fases anatase e rutilo (TiO_2).

Fonte: Autores.

A tabela 2 mostra os tamanhos de cristalito das amostras após moagem. Nota-se que quanto maior o tempo de moagem, menor o tamanho de cristalito, indicando a eficiência da MAE. Para tempos de moagem maiores do que 3 horas, não foram obtidos resultados devido à dificuldade na separação dos picos.

Tempo de moagem (h)	1	2	3	4	5
Tamanho de cristalito (nm)	55	18	15	-	-

Tabela 2: Tamanho de cristalito para as amostras após a moagem.

Fonte: Autores.

3.2.2 Ensaios fotocatalíticos

Após a caracterização das amostras, foram realizados ensaios fotocatalíticos para determinação do potencial de degradação das amostras, utilizando Rodamina B como contaminante a ser degradado. Os resultados dos ensaios encontram-se nas figuras 9 e 10.

Os resultados não foram promissores para as amostras que não foram submetidas ao tratamento por lixívia ácida. Mesmo com a redução do tamanho de cristalito, a MAE causou a contaminação por ferro, o que comprometeu a eficiência fotocatalítica do TiO_2 . No entanto, para as amostras submetidas a lixívia ácida, os resultados mostraram altos valores de degradação da Rodamina. Assim, torna-se evidente a necessidade da descontaminação dos pós para melhor eficiência fotocatalítica.

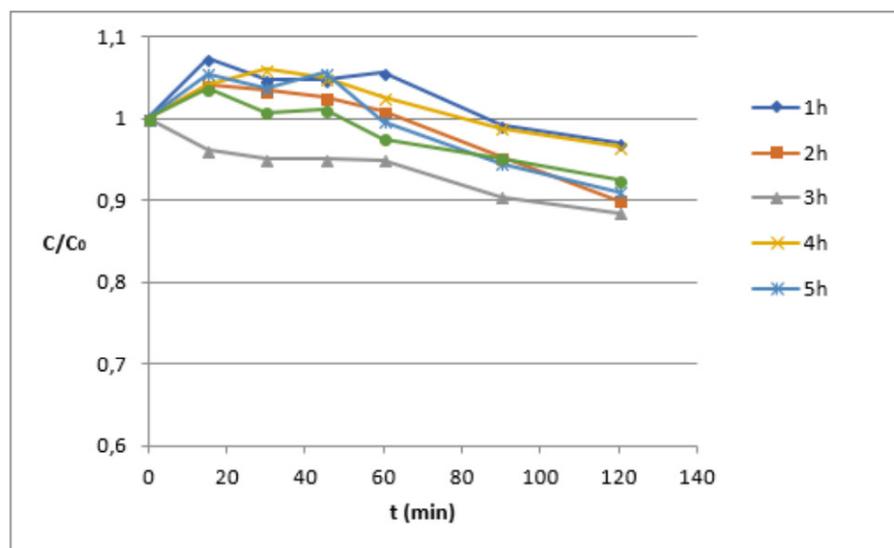


Figura 9 – Resultados dos ensaios fotocatalíticos das amostras de TiO_2 moídas por 1, 2, 3, 4 e 5 horas que não foram submetidas a lixívia ácida.

Fonte: Autores.

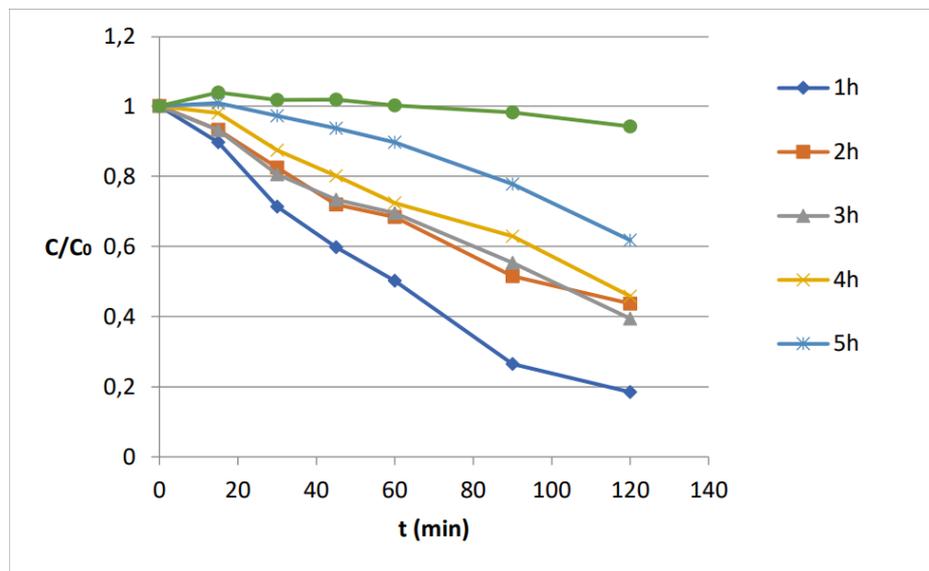


Figura 10 – Resultados dos ensaios fotocatalíticos das amostras de TiO_2 moídas por 1, 2, 3, 4 e 5 horas após lixívia ácida.

Fonte: Autores.

Pela figura 10, nota-se que os melhores resultados foram os obtidos pelas amostras com menor tempo de moagem (1 hora), devido ao menor tempo de contato com o ferro na MAE. Além do mais, o aumento da fase rutilo nas amostras com maior tempo de moagem também contribui para a diminuição das propriedades fotocatalíticas.

4 | CONCLUSÕES

A moagem de alta energia em SPEX Mixer/Mill mostrou-se eficiente na diminuição do tamanho de cristalito das amostras de TiO_2 , porém, promoveu contaminação por ferro proveniente do meio de moagem, feito de aço. A moagem também promoveu a transformação da fase anatase do TiO_2 em rutilo, o que, juntamente com a presença do ferro, afetou negativamente no potencial fotocatalítico das amostras.

A lixívia ácida utilizando HCl mostrou-se parcialmente eficaz na remoção do ferro das amostras, comprovado via DRX. Quanto maior o tempo de moagem, mais contaminação do pó foi observada, dificultando a eficiência da lixívia ácida na obtenção de pós isentos de Ferro contaminante. As amostras que passaram pelo processo de lixívia também apresentaram melhores potenciais de degradação do corante Rh-B, visto que quanto menor o tempo de moagem, maior degradação, devido ao menor tempo de contato com o ferro e menor presença da fase rutilo.

5 | AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq e a CAPES pelo apoio financeiro a esta

pesquisa, e a Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL-MG) e FZEA – USP pelo uso das instalações e equipamentos.

REFERÊNCIAS

ALI, M. Transformation and powder Characteristics of TiO₂ during high energy milling. **Journal of Ceramic Processing Research**, v. 15, n. 5, p. 290-293, 2014.

FERREIRA, I. V. L. **Fotocatálise heterogênea com TiO₂ aplicada ao tratamento de esgoto sanitário secundário**. 2005. 160 f. Tese (Doutorado) - Curso de Hidráulica e Saneamento, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

MOURÃO, H. A. J. L.; MENDONÇA, V. R. de. Nanoestruturas em fotocatalise: uma revisão sobre estratégias de síntese de fotocatalisadores em escala nanométrica. **Quim. Nova**, São Carlos, v. 32, n. 8, p.2181-2190, 06 out. 2009.

PASCOAL, S. A. Aplicação de radiação UV artificial e solar no tratamento fotocatalítico de efluentes de curtume. **Quim. Nova**, Campina Grande, v. 30, n. 5, p.1082-1087, 17 jul. 2007.

STORION, Ana Gabriela. **Nanopartículas de TiO₂:WO₃ e ZnO obtidas pela utilização de moinho vibratório: caracterização e propriedade fotocatalíticas**. 2018. 133 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade Federal de Alfenas, Poços de Caldas, 2018.

TAKIMI, A. S. **Obtenção de Superligas NiCrAlY Nanoestruturadas por Moagem de Alta Energia e sua Aplicação por Aspersão Térmica Hipersônica**. 2004. 91 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

SOBRE O ORGANIZADOR

JOÃO DALLAMUTA Professor assistente da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Graduação em Engenharia de Telecomunicações pela UFPR. MBA em Gestão pela FAE Business School, Mestre pela UEL. Doutorando em Engenharia Espacial pelo INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Ácidos Graxos 138, 139, 143, 146, 147
Águas Pluviais 25, 26, 27, 28, 31, 33, 38, 39, 40, 43, 45, 55, 76
Algoritmo de Roteamento 120, 123, 126, 127
Algoritmo de Utilização de Regeneradores 120
Análise de Redes Sociais 93, 95, 96, 97, 98, 99, 101, 103, 104
Arquitetura 55, 123, 128, 129, 130, 131, 133, 134, 135, 136
Aspectos Botânicos 170, 171

B

Biocombustível 161, 162, 164, 165
Biodiesel 3, 13, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169
Biomassa 3, 8, 13, 161

C

Calibração 46, 48, 49, 50, 52, 53, 54
Caraúbas 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44
Cluster Comercial 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103
Concatenação 128, 129, 135
Conservação de Energia Elétrica 15, 16, 20, 23, 24
Controle de Posição 106, 110, 112, 113, 117, 118, 119

D

Degradação de Estruturas 68
Demanda Energética 1, 2, 7, 8, 9, 10, 12
Desenvolvimento Urbano Sustentável 55
Destilado de Desodorização 138
Drenagem Urbana 25, 37, 38, 40, 43, 44

E

Economia de Energia 15, 22
Eficiência Luminosa 15, 16, 17, 18
Energia Alternativa 161
Equilíbrio Sólido-Líquido 138, 140, 141, 144
Equipamento de Litografia Óptica 106, 108, 110, 111, 112, 118
Escoamentos 25, 27, 29, 30, 31, 33, 56, 62

F

Fator de Atrito 46, 49, 50, 52

Filtro Óptico 128, 129, 130, 132

Fotocatálise 80, 81, 82, 89, 149, 150, 151, 160

G

Gestão de Águas Urbanas 36, 38, 44

L

Lixívia Ácida 80, 82, 83, 84, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 150, 151, 152, 153, 155, 156, 157, 158, 159

M

Mesa Cartesiana XY 106

Microgravação 106

MIGHA 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53

Moagem de Alta Energia 80, 81, 82, 83, 86, 89, 91, 149, 150, 151, 154, 159, 160

Modelagem Termodinâmica 138

N

Nanopartículas 81, 92, 149, 150, 160

Nanopós 81, 149, 150, 151, 152, 153

O

Óleos Essenciais 170, 171

P

Patologias 68, 69

Penalidade Física 128, 129

Propriedades Medicinais 170

Q

Qualidade de Transmissão 120, 121, 128, 129

R

Rede Óptica Elástica 120, 127, 128, 136

Rede Óptica Elástica Translúcida 120, 127, 136

Remoção de Contaminantes 25, 33

Requalificação Ambiental 55, 57, 61, 65

Resiliência a Inundações 55, 57, 60, 62, 65

Roraima 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 14

S

Saneamento Básico 36, 37, 43, 44

Solubilidade 32, 138, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 147, 148

T

Teatros Públicos 68

TiO₂ 81, 82, 83, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160

Tratamento de Efluentes 25, 26, 33, 82, 151

Troca de Informações 93, 96, 98, 101, 103

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-682-9

