



*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: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie di Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
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
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

Atena Editora  
Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://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

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8291907101</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>15</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8291907102</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>25</b>
TRATAMENTO DA ÁGUA DE DRENAGEM PLUVIAL: UM MAL NECESSÁRIO?	
Carlos Augusto Furtado de Oliveira Novaes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8291907103</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>36</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8291907104</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>46</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8291907105</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>55</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8291907106</b>	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>67</b>
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 Sarmiento

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 TiO<sub>2</sub> 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**

## 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**

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

### **Veridiana Magalhães Costa Moreira**

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  
Professor Associado  
Poços de Caldas – Minas Gerais

**RESUMO:** Os corantes são substâncias amplamente utilizadas em diversos processos industriais, tornando-se resíduos bastante nocivos ao meio ambiente se descartados inadequadamente. A fotocatálise heterogênea é uma técnica alternativa para a despoluição, sobretudo no que se refere à utilização de sistemas óxidos multicomponentes para tal fim. Os óxidos de Zinco e de Titânio têm sido amplamente investigados devido às suas capacidades de degradação de corantes por fotocatálise heterogênea. O presente trabalho visou investigar o efeito da lixívia ácida nas características de pós nanométricos obtidos através de moagem de alta energia, a qual destaca-se pela praticidade e menor custo se comparada às rotas químicas, em moinho vibratório do tipo SPEX *Mixer/ Mill*. Assim, foi investigada a influência da lixívia ácida para

retirada do Ferro proveniente da moagem e nas características dos pós do sistema ZnO:TiO<sub>2</sub> (0:100, 25:75, 50:50, 75:25 e 100:0) obtidos após moagem durante 2 e 4 horas. Os pós precursores foram caracterizados através das técnicas de difração de raios X (DRX) e B.E.T.. Após a MAE, os pós, lixiviados ou não, foram caracterizados por DRX, sendo determinadas suas propriedades fotocatalíticas. Os resultados indicaram que a MAE foi eficiente na obtenção de nanopós; entretanto, o processo de lixívia não foi totalmente suficiente para retirar todo o ferro presente; ainda, comprovou-se que o ferro entrou na estrutura cristalina do material, comprometendo as propriedades fotocatalíticas do sistema. Para o ZnO, houve a formação de Oxalato de Zinco após lixívia, provocando um aumento no tamanho médio de partículas, diminuindo a reatividade do pó.

**PALAVRAS-CHAVE:** Moagem de alta energia, fotocátalise, nanopartículas.

## CHARACTERIZATION AND COMPARATIVE ANALYSIS OF NANOMETRIC POWDERS OBTAINED BY HIGH ENERGY MILLING WITH AND WITHOUT ACID LEACHING FOR PHOTOCATALYTIC APPLICATION

**ABSTRACT:** Dyes are substances widely used in several industrial processes and are very harmful to the environment if improperly discarded, especially regarding water resources. Heterogeneous photocatalysis is an alternative technique for decontamination, mostly regarding the use of multicomponent oxide systems for this purpose. Zinc oxide and Titanium dioxide, or titania, have been broadly investigated due to their heterogeneous photocatalytic degradation capabilities. The present paper aimed to investigate the effect of acid leaching in the properties of nanometric powders obtained by high energy milling, which stands out for its practicality and lower cost compared to chemical routes, in a SPEX type vibrating mill. Thus, the influence of the presence of Iron and its absence (with the use of acid leaching) in the properties of the powders of the system ZnO:TiO<sub>2</sub> obtained after milling for 2 and 4 hours were investigated. The precursors powders were evaluated using Nitrogen Physisorption (B.E.T.) and X-Ray Diffraction (XRD). After the milling in duplicate, for each composition of the ZnO:TiO<sub>2</sub> system (0:100, 25:75, 50:50, 75:25 and 100:0), every powder, whether or not followed by acid leaching, was characterized by X-Ray diffraction and by its photocatalytic potential. The results indicated that the HEM was efficient in obtaining nanopowders; however, the leaching process in all systems studied was not enough to remove all the iron present; it was also verified that Iron entered the material's crystalline structure, which compromise the photocatalytic properties of the system. As for the ZnO, there was the formation of Zinc Oxalate after the leaching, causing an increase in the average particle size, reducing the reactivity of the powder.

**KEYWORDS:** High energy milling, photocatalysis, nanoparticles.

## 1 | INTRODUÇÃO

Processos físicos e físico-químicos como adsorção, flotação e precipitação são amplamente utilizados no tratamento de efluentes. Todavia, tais processos acarretam a geração de resíduos sólidos, necessitando também de tratamentos posteriores, o que aumenta o custo e prejudica o caráter ambiental (DIAS *et al.*, 2016). Os Processos Oxidativos Avançados (POAs) se mostram uma alternativa eficiente no tratamento de tais efluentes, pois atuam de maneira a eliminar os contaminantes e não apenas transferir a poluição para resíduos sólidos.

Um dos principais desafios a ser superado para que os processos de fotocatalise heterogênea (um tipo de POA) se tornem economicamente praticáveis é a supressão da recombinação dos pares foto gerados e uma utilização eficiente da luz visível, para diminuição de custos energéticos utilizados para fornecimento da radiação necessária (RIBEIRO, 2013). A fim de contornar essas barreiras, estudos acerca da dopagem de  $\text{TiO}_2$  com impurezas metálicas e não-metálicas vêm sendo realizados, já que este é o semicondutor mais utilizado em fotocatalise, devido às suas características diferenciadas e alta eficiência (BIRBEN, 2015; RIBEIRO, 2013). Além do mais, é desejável a obtenção de pós de elevada área superficial, uma vez que os processos de degradação ocorrem na superfície do catalisador.

Métodos químicos de síntese apresentam alta eficiência na produção de pós nanométricos sob pequena dispersão na média do tamanho de partícula, porém constituem em uma via de custo elevado e de alta complexidade, o que limita sua produção em escala industrial (DIAS *et al.*, 2016).

Neste contexto, este trabalho visou o estudo de obtenção de pós de  $\text{ZnO}:\text{TiO}_2$  e posterior tratamento via lixívia ácida a fim de verificar a influência da presença de Ferro nas características do pó obtido. Para isso foi utilizada Moagem de Alta Energia (MAE) como meio de obtenção de pós em escala nanométrica, uma vez que esta se apresenta como uma via de baixo custo e complexidade, surgindo como uma potencial rota industrial. Após a MAE, o material obtido foi avaliado quando ao seu potencial fotocatalítico na degradação do corante Rodamina-B.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Caracterização dos pós precursores

Óxidos de Zinco (99% de pureza, Synth) e Óxido de Titânio (99,9% de pureza, Hombitan®), na forma de partículas micrométricas, foram utilizados como matérias primas. Tais óxidos foram caracterizados previamente pelo grupo de pesquisa via Difração de Raios X (DRX) no Laboratório de Cristalografia da Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL-MG). Também foi determinada a área superficial pela técnica de B.E.T no Laboratório de Materiais da Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL-MG),

campus de Poços de Caldas/ MG.

## 2.2 Moagem de Alta Energia (MAE)

Os pós precursores foram submetidos à moagem de alta energia no Laboratório de Materiais da Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL-MG), no campus de Poços de Caldas/ MG, em um moinho de alta energia do tipo *SPEX Mixer/Mill*, com frasco e bolas feitos de aço endurecido. Foi utilizada proporção mássica de bola:material de 5:1.



Figura 1 - Moinho de alta energia do tipo SPEX 8000 *Mixer/Mill* (A) e frasco e corpos moedores (B) feitos de aço endurecido (STORION, 2018).

As moagens foram realizadas a seco, variando-se as proporções mássicas de  $[\text{TiO}_2:\text{ZnO}]$  conforme segue: [0:100], [30:70], [50:50], [70:30] e [100:0] e os tempos de moagem de 2 e 4 horas, sendo cada moagem realizada em duplicata (2 lotes). Após a obtenção dos pós moídos, foi realizado o tratamento via lixívia ácida em um dos lotes.

As amostras foram identificadas de acordo com a tabela 1, sendo o primeiro dígito referente ao tempo de moagem. Por exemplo, a amostra 4.3 possui 4h de moagem e é composta por 25% de  $\text{TiO}_2$  e 75% de  $\text{ZnO}$ . Os materiais identificados com as letras “WL” não passaram pelo tratamento via lixívia ácida. Já amostras identificadas apenas com a letra “L” foram submetidas ao tratamento.

Nomenclatura	Percentual $\text{TiO}_2$	Percentual $\text{ZnO}$	Tempo de Moagem
2.1WL, 2.1L	0	100	2
2.2WL, 2.2L	100	0	2
2.3WL, 2.3L	50	50	2
2.4WL, 2.4L	25	75	2
2.5WL, 2.5L	75	25	2
4.1WL, 4.1L	0	100	4
4.2WL, 4.2L	100	0	4
4.3WL, 4.3L	50	50	4
4.4WL, 4.4L	25	75	4
4.5WL, 4.5L	75	25	4

Tabela 1: Nomenclatura adotada na identificação das amostras que não passaram pela lixívia ácida. Amostras identificadas com “WL” não passaram pelo tratamento via lixívia ácida; amostras identificadas com “L” foram submetidas ao tratamento.

Fonte: Autores.

## 2.3 Lixívia ácida

O tratamento via lixívia ácida para descontaminação do ferro oriundo da MAE foi feito utilizando uma proporção de 3g do pó moído e 100mL de uma solução de Ácido Oxálico 0.5M. O sistema foi mantido sob agitação e aquecimento (aproximadamente 100°C) por 4 horas. Em seguida, a mistura foi deixada em repouso para que o pó decantasse, possibilitando a retirada do líquido reagido. Foram realizadas 3 repetições para cada sistema, baseando-se em resultados obtidos previamente pelo grupo de pesquisa (STORION 2018). As suspensões em que o pó apresentou dificuldade em decantar foram centrifugadas em Centrífuga *LGI Scientific D1008* a 10000 rpm. Ao final do processo de lixiviação, os pós foram colocados em água destilada sob agitação por 30 minutos para remoção de eventuais ácidos residuais. Este processo de lavagem foi repetido 4 vezes. Após a lavagem, adicionou-se Álcool Isopropílico às amostras, que então ficaram 30 minutos sob agitação. Posteriormente, realizou-se a desaglomeração dos pós em lavadora Ultrassônica *Sanders* por 25 minutos. Em seguida, deixou-se as amostras em repouso para a secagem. Após a secagem dos pós, estes foram passados em peneira de abertura de 45  $\mu\text{m}$ .

## 2.4 Caracterização após MAE e lixívia ácida

Após a MAE, os pós, tratados ou não por lixívia ácida, foram caracterizados via Difração de Raios X (DRX) para a análise da possível formação de heteroestruturas oriundas da MAE. Também foram realizados testes para determinação do potencial fotocatalítico de todos os pós (lotes 1 e 2).

## 2.5 Determinação do potencial fotocatalítico

Maiores detalhes destes procedimentos podem ser obtidos em Dias (2015) e Storion (2018). Os ensaios fotocatalíticos foram feitos utilizando-se a Espectrometria de Absorção no UV-Vis, tendo em vista obter uma análise quantitativa da degradação do corante Rh-B quando em presença dos pós preparados anteriormente (seguidos ou não de lixívia ácida), sob incidência de radiação UV-C. Foi utilizado um reator fotoquímico com quatro lâmpadas ultravioleta de 15W e com água circulante em serpentina de cobre para o resfriamento e controle da temperatura, que foi bombeada por banho termostático *Solab SL152/18*, a uma temperatura controlada de 10°C. No reator também se encontrava um ventilador na lateral direita com 1,4W para a circulação de ar. Na parte inferior do reator havia uma placa de agitação magnética (STORION, 2018; DIAS, 2015).

Nos ensaios utilizou-se a proporção de 10mg de pó para 50mL de solução do corante Rh-B, sendo esta solução preparada a uma concentração de 5mg/L. Para cada ensaio foi preparada uma solução de 5mg/L de Rh-B para comparação. As soluções preparadas foram levadas à lavadora ultrassônica *Sanders* por 5 minutos e então deixadas em repouso por 24 horas no escuro, para melhor difusão das moléculas

do corante com a superfície dos pós fotocatalisadores. Após o repouso, as amostras foram levadas novamente à sonda ultrassônica *Sanders* por 5 minutos, a fim de evitar aglomerações residuais do pó na solução (STORION, 2018; DIAS, 2015).

No reator, os ensaios tiveram 15 minutos iniciais de agitação no escuro para definição do ponto inicial, e 120 minutos posteriores sob incidência de radiação UV-C. Foram coletados pontos a cada 15 minutos durante a primeira hora, e, até completar o tempo total da análise, a cada 30 minutos. A cada intervalo, interrompia-se a incidência de luz e coletava-se 3mL de cada solução, que foram transferidos para dois microtubos *ependorf* e centrifugados a 10000 rpm por 4 minutos. Em seguida, as amostras foram encaminhadas para análise espectrofotométrica, com varredura efetuada nos comprimentos de onda de 400 a 800 nm (STORION, 2018; DIAS, 2015).

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1 Caracterização dos pós precursores

Os pós precursores foram previamente caracterizados por STORION (2018). Os resultados de área superficial encontram-se na Tabela 2. A área superficial do pó de titânia apresentou resultado 2 vezes superior ao do óxido de zinco, evidenciando uma maior reatividade do pó.

Amostra	TiO <sub>2</sub>	ZnO
Área Superficial (m <sup>2</sup> /g)	10,9456	5,44

Tabela 2: Área superficial dos óxidos precursores.

Fonte: STORION, 2018.

Os difratogramas de Raios X obtidos são apresentados na Figura 2 para os óxidos de titânio e zinco, respectivamente. No que diz respeito ao óxido de titânio, o difratograma evidencia que o TiO<sub>2</sub> precursor encontra-se estável na fase anatase, com estrutura cristalina tetragonal (Ficha PDF 2003 #21-1272 - JCPDS-ICDD); para o ZnO, a estrutura cristalina é hexagonal, correspondente ao mineral Zincita (Ficha PDF 2003 #36-1451 - JCPDS-ICDD).

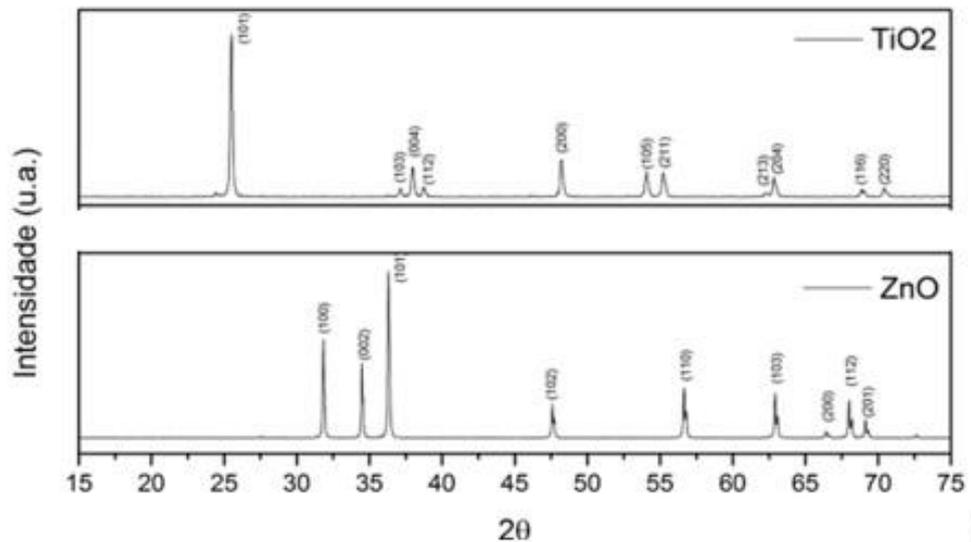


Figura 2 - Difratomogramas de Raios X para as amostras dos pós precursores de  $\text{TiO}_2$  e  $\text{ZnO}$ .

Fonte: STORION, 2018.

### 3.2 Moagem de Alta Energia e tratamento via lixívia ácida

Durante a MAE, foi possível observar a mudança na coloração dos pós (Figura 3), devido à contaminação por Ferro, após moagem e o efeito da lixívia na descontaminação dos pós por Ferro (Figuras 4 e 5). A lixívia, como já mencionada, foi realizada com Ácido Oxálico no lugar do Ácido Clorídrico, pois este último reage com o  $\text{ZnO}$  quando aquecido, eliminando o Ferro e o  $\text{ZnO}$ . Observou-se que diversas amostras não apresentaram total remoção do Ferro (o que pode ser observado através da coloração amarelada da solução). Tais amostras são as que possuem maior percentagem de  $\text{TiO}_2$ , visto que o ácido mais indicado para a realização de lixívia ácida deste composto é o Ácido Clorídrico, porém, como este reage com o  $\text{ZnO}$ , não foi possível utilizá-lo.

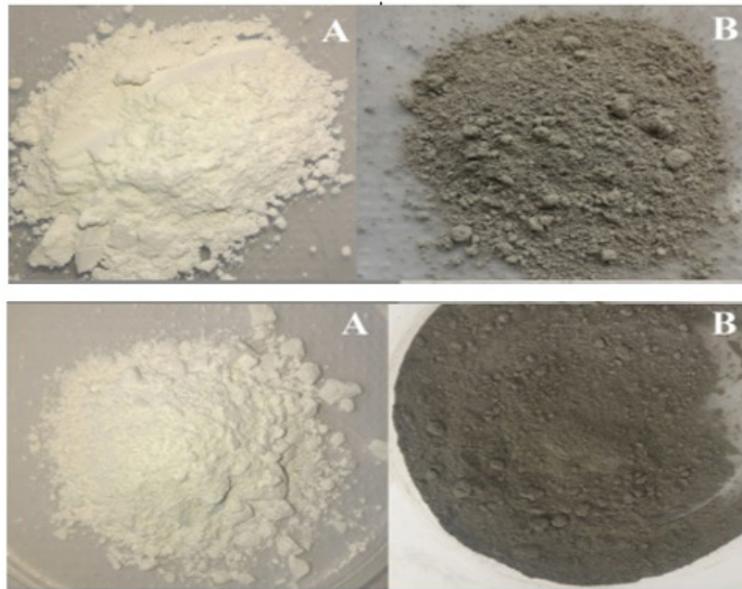


Figura 3- Comparação entre as colorações dos pós de  $\text{TiO}_2$  (imagens superiores) e  $\text{ZnO}$  (imagens inferiores) antes da moagem - precursores (A) e após moagem - processados (B), evidenciando a contaminação durante moagem.

Fonte: Autores.

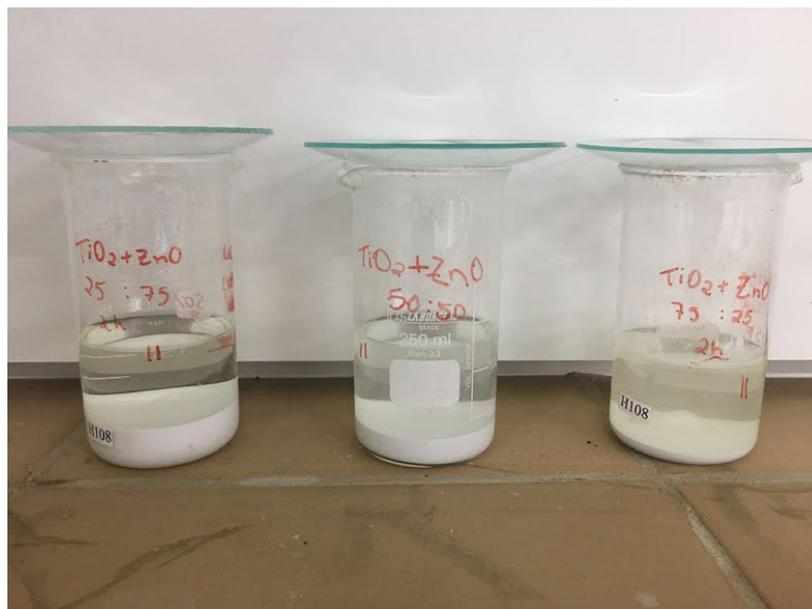


Figura 4- Amostras 2.4L, 2.3L e 2.5L após a primeira etapa da lixívia ácida em repouso para decantação do pó. A coloração amarelada da solução indica a presença do Ferro, ou seja, este está sendo removido do pó.

Fonte: Autores.



Figura 5 - Etapas da lixívia ácida da amostra 2.5L (75%  $\text{TiO}_2$ , 25%  $\text{ZnO}$ ). Nota-se que a coloração amarelada da solução vai se enfraquecendo até ela tornar transparente.

Fonte: Autores.

### 3.3 Caracterização após MAE e lixívia ácida

Os difratogramas das amostras após a MAE sem tratamento via lixívia ácida estão representados na Figura 6. Após a MAE, foi observada a presença do mineral zincita (estrutura hexagonal) e de  $\text{TiO}_2$  na fase anatase, provenientes dos pós precursores. Porém, foram também observadas as fases brookita e rutilo do Óxido de Titânio, formadas pela alta energia do processo de moagem. A contaminação por ferro proveniente do moinho foi confirmada através da presença de magnetita ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ).

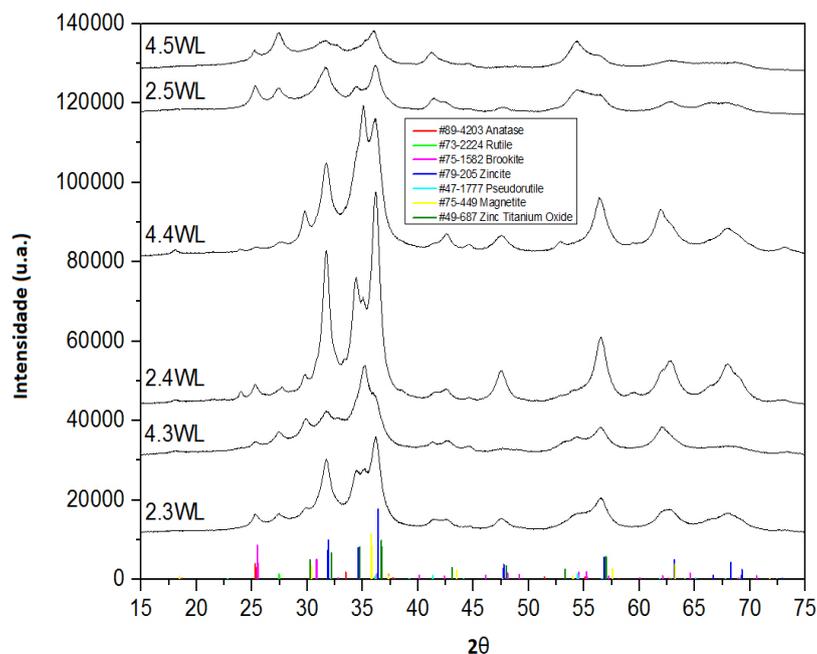


Figura 6 – Difratogramas das amostras que não foram submetidas ao tratamento via lixívia ácida após a MAE.

Fonte: Autores.

Foi possível observar que com o aumento do tempo de moagem, houve maior amorfização do pó, juntamente com a presença do ferro. Também foi possível observar a transformação da estrutura anatase em rutilo (ALI, 2014).

Na figura 7 encontram-se os difratogramas das amostras submetidas ao tratamento via lixívia ácida. Foi possível observar a formação de Oxalato de Zinco Hidratado, devido à reação entre o ZnO e o ácido oxálico utilizado no procedimento da lixívia. Mesmo após o tratamento para descontaminação, ainda foi possível identificar a presença do ferro proveniente da moagem de alta energia.

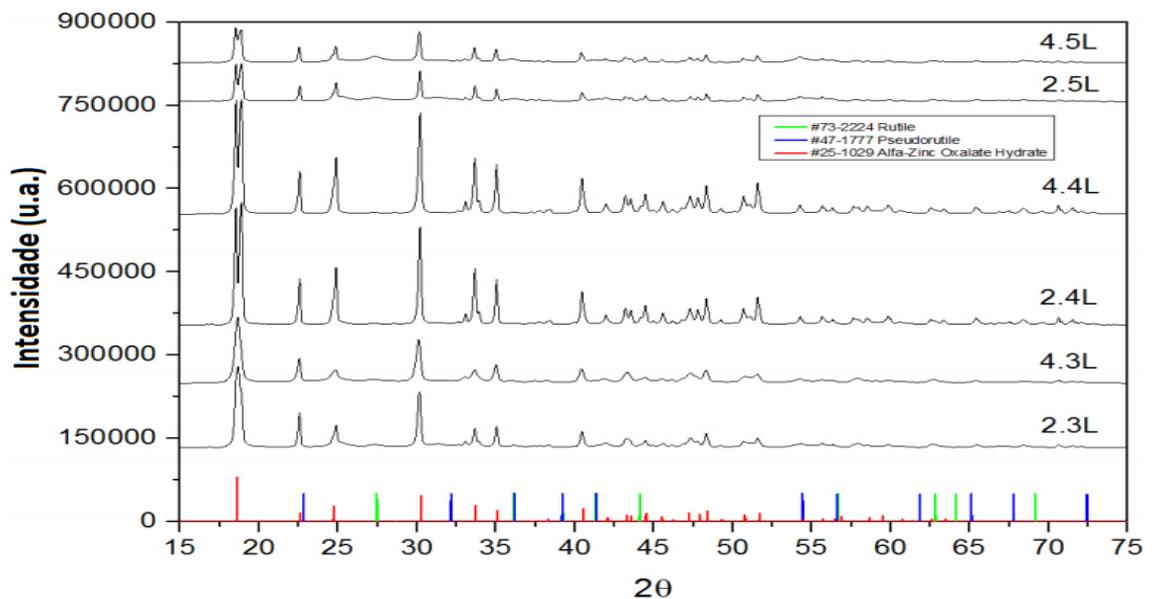


Figura 7 – Difratogramas das amostras que foram submetidas ao tratamento via lixívia ácida após a MAE.

Fonte: Autores.

### 3.4 Determinação do potencial fotocatalítico

Apesar de ser possível observar o efeito da lixívia na coloração dos pós, ensaios fotocatalíticos foram realizados com o intuito de confirmar o efeito deletério do Ferro presente nas amostras. Na figura 8 são apresentados os resultados de fotocatalise, os quais foram pouco promissores devido à presença, ainda que em baixo teor, do ferro contaminante. Na tabela 3 encontram-se os valores totais de degradação obtidos por cada amostra para cada tempo de moagem.

Mesmo após a lixívia ácida o potencial de degradação de Rodamina B dos óxidos ainda era baixo, o que pode ser explicado pela penetração do Ferro na estrutura do composto. Também se deve levar em conta o uso do Ácido Oxálico na lixiviação das amostras contendo  $\text{TiO}_2$ , cujo ácido mais eficiente para tal procedimento seria o Ácido Clorídrico. Visto que o último, quando aquecido, reage com o ZnO, não foi possível utilizá-lo nos procedimentos de lixívia ácida, pois além do Ferro, o ZnO também seria removido pelo HCl.

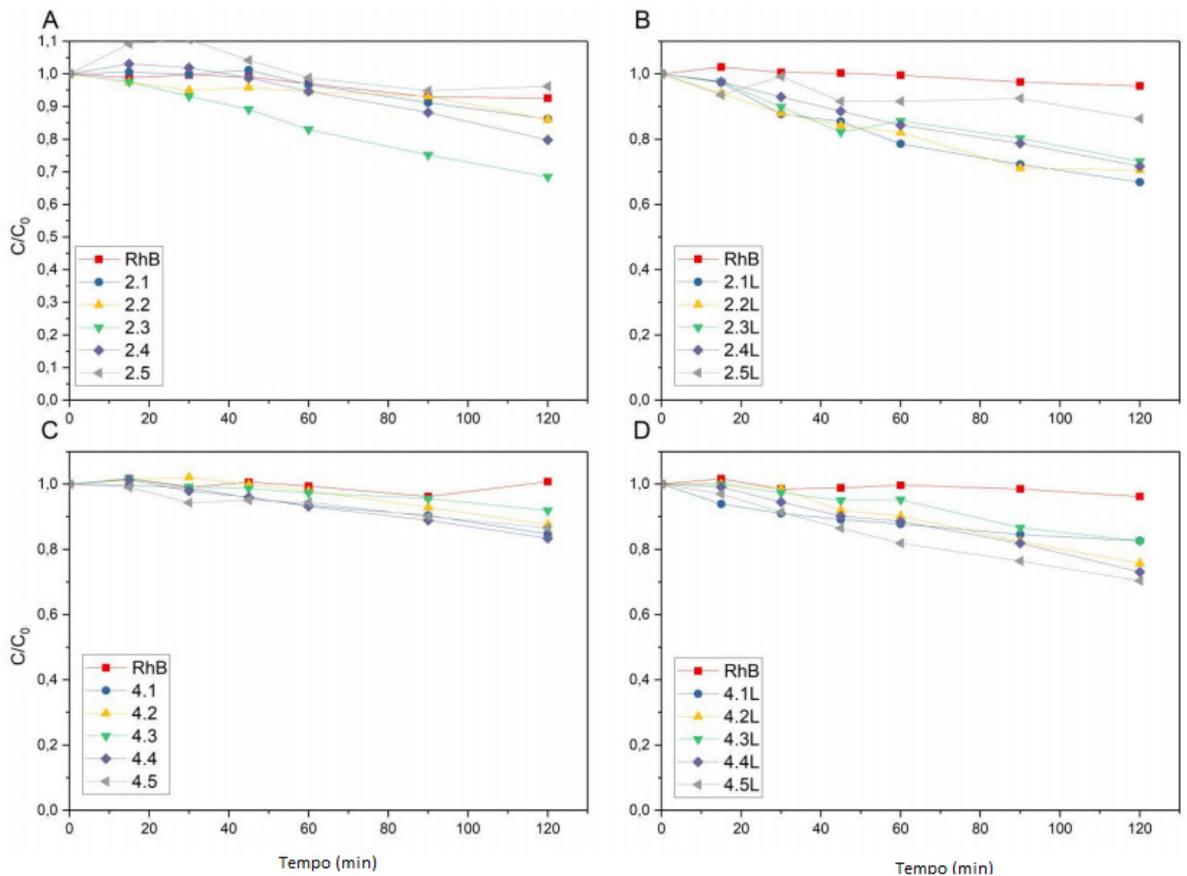


Figura 8 – Curvas de degradação do corante Rh-B.

Fonte: Autores.

TiO <sub>2</sub> :ZnO	4 horas		2 horas	
	Degradação sem lixívia (%)	Degradação com lixívia (%)	Degradação sem lixívia (%)	Degradação com lixívia (%)
<b>0:100</b>	15,34	17,39	13,78	33,22
<b>100:0</b>	12,41	24,32	13,98	29,43
<b>50:50</b>	8,07	17,42	31,49	26,77
<b>25:75</b>	16,59	26,93	20,25	28,26
<b>75:25</b>	13,38	29,64	3,85	13,71

Tabela 3: Porcentagem de degradação da Rodamina B em amostras do sistema TiO<sub>2</sub>:ZnO com e sem lixívia ácida, processadas via MAE por 2 e 4 horas.

Fonte: Autores.

As amostras que apresentaram maior porcentagem de degradação foram as amostras com maior quantidade de ZnO em sua composição, o que pode ser justificado pela excelente propriedade fotocatalítica do Óxido de Zinco e também pela eficácia da lixívia ácida utilizando Ácido Oxálico 0,5M. Apesar disso, nota-se que os valores encontrados são menores do que os advindos de ensaios utilizando ZnO puro. Deste modo, observa-se mais uma vez que a contaminação por Ferro obtida na MAE influenciou diretamente no potencial de degradação das amostras.

## 4 | CONCLUSÃO

A lixívia ácida com Ácido Oxálico mostrou-se parcialmente eficaz na remoção do Ferro nas amostras com maior presença do ZnO. Entretanto, nas amostras com  $\text{TiO}_2$ , tal eficácia não foi observada, devido a este não ser o ácido mais indicado na lixiviação de tal óxido (o Ácido Clorídrico é mais eficiente, mas nas misturas de  $\text{TiO}_2$  e ZnO ele reage com o ZnO).

Os óxidos ZnO e  $\text{TiO}_2$  mostram-se eficazes na degradação do corante Rh-B, conforme determinado pela literatura. Porém, o uso da Moagem de Alta Energia influenciou negativamente neste potencial de degradação que tais óxidos possuem, devido à contaminação por Ferro. Tal influência foi verificada de maneira mais expressiva nas amostras processadas por 4 horas, visto o maior contato das amostras com o Ferro das bolas de aço endurecido do moinho *SPEX*.

No que se refere ao ZnO, a lixívia feita por ácido oxálico causa a formação de Oxalato de Zinco, comprovado por DRX e MEV, provocando um aumento no tamanho médio de partículas, o que também compromete suas propriedades fotocatalíticas, uma vez que ocorre uma diminuição na área superficial, com menor reatividade do pó. Assim, a utilização de moinho e meio de moagem de aço promove uma contaminação por Ferro difícil de ser retirada do pó, o que, direta ou indiretamente, afeta as propriedades fotocatalíticas do material.

## 5 | AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a FAPEMIG e 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  $\text{TiO}_2$  during high energy milling. **Journal of Ceramic Processing Research**, v. 15, n. 5, p. 290-293, 2014.

BIRBEN, N.C. *et al.* Comparative evaluation of anion doped photocatalysis on the mineralization and decolorization of natural organic matter. **Catalysis Today**, vol 240, pág. 125-131, 2015.

DIAS, J. A, *et al.* Characterization and photocatalytic evaluation of  $\text{ZnO-Co}_3\text{O}_4$  particles obtained by high energy milling. Part I: Processing, physicochemical and thermal characterization. **Ceramics International**. v. 42, p. 1425-1431, 2016a.

DIAS, J. A. **Avaliação fotocatalítica de partículas semicondutoras baseadas em óxidos de zinco e cobalto obtidas por moagem de alta energia**. 2015. 90 f. Dissertação (mestrado) - Curso de Ciência e Engenharia dos Materiais, Universidade Federal de Alfenas - MG, 2015.

RIBEIRO, P.C. *et al.* Synthesis of  $\text{TiO}_2$  by the Pechini method and photocatalytic degradation of methyl red. **Mat. Res.** , V.16, p. 468-472, 2013.

STORION, Ana Gabriela. **Nanopartículas de TiO<sub>2</sub>:WO<sub>3</sub> 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.

## **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

TiO<sub>2</sub> 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

