



Impactos das
Tecnologias na
Engenharia Química 3

Carmen Lúcia Voigt
(Organizadora)

 **Atena**
Editora

Ano 2019

Carmen Lúcia Voigt
(Organizadora)

Impactos das Tecnologias na Engenharia Química 3

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Natália Sandrini e Lorena Prestes

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
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. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
134	Impactos das tecnologias na engenharia química 3 [recurso eletrônico] / Organizadora Carmen Lúcia Voigt. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Impactos das Tecnologias na Engenharia Química; v. 3) Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader. Modo de acesso: World Wide Web. Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-231-9 DOI 10.22533/at.ed.319190104 1. Engenharia química – Pesquisa – Brasil. I. Voigt, Carmen Lúcia. II. Série. CDD 660.76
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

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

2019

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.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

O acentuado crescimento da população mundial, bem como a ânsia de melhor nível de vida, têm criado elevadas pressões sobre os recursos naturais, matérias-primas, o solo, a água, o ar e os ecossistemas em geral. A intensificação das atividades humanas nas últimas décadas tem gerado um acelerado aumento na produção de resíduos sólidos urbanos, tornando-se um grave problema para as administrações públicas.

A indústria química tem contribuído para a geração de efluentes líquidos e gasosos contendo substâncias tóxicas, bem como de resíduos sólidos perigosos que, lançados diretamente ou indiretamente sem qualquer tratamento no meio ambiente, podem provocar grandes desequilíbrios ecológicos. O uso intensivo de produtos químicos, se por um lado trouxe elevados benefícios aos padrões de vida, por outro lado, os níveis de poluição que estão associados à sua produção são por vezes muito elevados.

As novas tecnologias na Engenharia Química auxiliam nos processos de recuperação e reutilização de resíduos, assim como conversão em novas fontes de energia. Além das diversas formas de obtenção de energia renovável já existente, cada vez mais vem surgindo uma maior procura por outras formas de energia não poluentes. Essas razões são as mais motivacionais: a ideia de uma possível escassez de recursos fósseis, a tentativa de reduzir as emissões de gases nocivos para a atmosfera e que causam o efeito estufa, e, além disso, almeja se alcançar certa independência em relação petróleo.

As questões energéticas são extremamente importantes para a sustentabilidade das sociedades modernas, uma vez que a sobrevivência humana depende do fornecimento contínuo de energia. Esse cenário faz com que seja preciso realizar buscas por alternativas energéticas que sustentem a necessidade humana e que não prejudiquem o ambiente.

Para empresas, além da questão ambiental, um excessivo gasto de energia (advinda de recursos não renováveis) é sinônimo de prejuízo. Eis então uma grande oportunidade para engenheiros químicos intervirem na melhoria da eficiência energética dos processos, ajudar a desenvolver tecnologias limpas e promover a utilização de energias alternativas nas indústrias. Com isso, ocorrerá uma redução de custos e será uma contribuição válida ao meio ambiente o que hoje em dia vem gerando maior competitividade para as empresas. O uso de resíduos agrícolas como fonte de bioenergia tem despertado crescente interesse no setor de agroenergia.

Neste terceiro volume, apresentamos trabalhos com impactos tecnológicos relacionados à indústria, focando na reutilização de produtos e conversão em energia renovável, bem como avanço nos processos para redução da poluição atmosférica e em efluentes. Com isso, convidamos você a aperfeiçoar seus conhecimentos da Engenharia Química voltada para a área ambiental trazendo benefícios para toda a sociedade.

Boa leitura.

Carmen Lúcia Voigt

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS PARA O TRATAMENTO DE EFLUENTES CONTENDO METAIS PESADOS	
Kaíque Souza Gonçalves Cordeiro Oliveira	
Pedro Henrique Trindade Dias Cabral	
Roberta Resende Maciel da Silva	
Carla Torres Dias	
José Renato Guimarães	
Ana Paula Fonseca Maia de Urzedo	
DOI 10.22533/at.ed.3191901041	
CAPÍTULO 2	8
RESÍDUOS DE CANA-DE-AÇÚCAR E MILHO COMO MATÉRIA PRIMA DO ETANOL 2G: ATUALIDADES E PERSPECTIVAS	
Caroline Müller	
Letícia Mara Milani	
Anderson Giehl	
Évelyn Taize Barrilli	
Letícia Deoti	
Ana Carolina Lucaroni	
Viviani Tadioto	
Helen Treichel	
Sérgio Luiz Alves Júnior	
DOI 10.22533/at.ed.3191901042	
CAPÍTULO 3	23
MODELAGEM DA PRODUÇÃO DE BIOSURFACTANTE A PARTIR DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS EM BIORREATOR EM BATELADA ATRAVÉS DA OTIMIZAÇÃO DE PARÂMETROS CINÉTICOS POR ALGORITMO GENÉTICO	
Júlia do Nascimento Pereira Nogueira	
Ana Luiza Bandeira de Mello de Albuquerque Campos	
Brunno Ferreira dos Santos	
Filipe Alves Coelho	
DOI 10.22533/at.ed.3191901043	
CAPÍTULO 4	29
VALORIZAÇÃO DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS PARA A PRODUÇÃO DO FUNGO ENTOMOPATOGÊNICO <i>METARHIZIUM ANISOPLIAE</i> POR PROCESSOS DE FERMENTAÇÃO EM ESTADO SÓLIDO	
Eloane Daize Gomes Dallastra	
Enylson Xavier Ramalho	
Lina María Grajales Agudelo	
DOI 10.22533/at.ed.3191901044	
CAPÍTULO 5	40
DESENVOLVIMENTO DE UM COSMÉTICO A PARTIR DE RESÍDUO AGROINDUSTRIAL	
Ana Paula Olivo	
Kátya Regina de Freitas Zara	
Leonardo da Silva Arrieche	
DOI 10.22533/at.ed.3191901045	

CAPÍTULO 6	51
INFLUÊNCIA DA GORDURA RESIDUAL DE UNIDADES INDUSTRIAIS DE AVES NA FABRICAÇÃO DE BASE PARA CREME HIDRATANTE	
Jacqueline Hahn Bernardi Cristina Helena Bruno Andreia Cristina Furtado Leonardo da Silva Arrieche	
DOI 10.22533/at.ed.3191901046	
CAPÍTULO 7	58
ANÁLISE DA COMPRESSÃO AXIAL E ABSORÇÃO DE ÁGUA EM CONCRETO PRODUZIDO COM CAROÇO RESIDUAL DE AZEITONA	
Manoela Silva Lima Mariotini Carotta Alan Carlos de Almeida Ana Paula de Carvalho Faria Luiz Felipe Lima Panizzi Jonas dos Santos Pacheco Cristiane de Souza Siqueira Pereira	
DOI 10.22533/at.ed.3191901047	
CAPÍTULO 8	63
INFLUÊNCIA DO TRATAMENTO QUÍMICO NA FIBRA DE COCO PARA UTILIZAÇÃO EM COMPÓSITO POLIMÉRICO	
Wenderson Gomes dos Santos Gilmar Alves Borges Lauro Henrique Hamoy Guerreiro Dilson Nazareno Pereira Cardoso Douglas Alberto Rocha de Castro Emerson Cardoso Rodrigues	
DOI 10.22533/at.ed.3191901048	
CAPÍTULO 9	68
INFLUÊNCIA DOS TRATAMENTOS ORGANOSOLV E HIDROTÉRMICO APLICADOS AO BAGAÇO DE CANA NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE COMPÓSITOS COM PEAD	
Bruno Chaboli Gambarato Tatiana Raposo de Paiva Cury Sérgio Teodoro de Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.3191901049	
CAPÍTULO 10	74
PROPRIEDADES MECÂNICAS E TÉRMICAS DE COMPÓSITOS DE POLIPROPILENO RECICLADO REFORÇADOS COM BAGAÇO DE CANA	
Bruno Chaboli Gambarato Gilson Carlos Rodrigues Paulino Amanda Santos Leopoldino Lucas Bruno de Paiva	
DOI 10.22533/at.ed.31919010410	

CAPÍTULO 11 79

BALANÇO ENERGÉTICO DO SISTEMA INTEGRADO DE BIO-COMBUSTÃO

Ihana Aguiar Severo
Yuri Naidon Favero
Mariany Costa Deprá
Rodrigo Stefanello Bizello Barrios
Rosangela Rodrigues Dias
Mariane Bittencourt Fagundes
Roger Wager
Leila Queiroz Zepka
Eduardo Jacob-Lopes

DOI 10.22533/at.ed.31919010411

CAPÍTULO 12 85

CARACTERIZAÇÃO DE GENÓTIPOS DE SORGO BIOMASSA PARA BIOENERGIA

Maria Lúcia Ferreira Simeone
Patrícia Abraão de Oliveira
Kirley Marques Canuto
Rafael Augusto da Costa Parrella
Cynthia Maria Borges Damasceno
Robert Eugene Schaffert

DOI 10.22533/at.ed.31919010412

CAPÍTULO 13 90

DESENVOLVIMENTO DE BIODIGESTOR E AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO PARA TRATAMENTO DE RESÍDUO SÓLIDO ORGÂNICO

Flávia Souza Pio
Letícia Tamara Santana
Lorena Kelly Corrêia
Francine Duarte Castro

DOI 10.22533/at.ed.31919010413

CAPÍTULO 14 97

RESOLUÇÃO DE PROBLEMA DE VALOR NO CONTORNO ASSOCIADO À MODELAGEM DE BIORREATORES TUBULARES DE FLUXO DISPERSO E CINÉTICA DE MICHAELIS-MENTEN LINEARIZADA

Samuel Conceição Oliveira
Felipe Coelho Morilla

DOI 10.22533/at.ed.31919010414

CAPÍTULO 15 104

SIMULAÇÃO E AVALIAÇÃO DE CICLOS A VAPOR PARA COGERAÇÃO DE BIOENERGIA NO SETOR SUCROENERGÉTICO

Welban Ricardo Ursino
Samuel Conceição Oliveira

DOI 10.22533/at.ed.31919010415

CAPÍTULO 16 114

AVALIAÇÃO DE ÓLEOS DE SOJA COM DIFERENTES ORIGENS NA PRODUÇÃO DO BIODIESEL VIA ROTA METÁLICA

Melissa Rafaela Wolf
Isabela Silveira Tobias Perassi
Nadine de Assis
Fulvy Antonella Venturi Pereira

DOI 10.22533/at.ed.31919010416

CAPÍTULO 17 123

PRODUÇÃO DE BIODIESEL PELA TRANSESTERIFICAÇÃO SUPERCRÍTICA ETANÓLICA: MODELAGEM E SIMULAÇÃO

Erich Potrich
Bruno Elias Suzart Chamas
Antonio José Gonçalves da Cruz
Roberto de Campos Giordano

DOI 10.22533/at.ed.31919010417

CAPÍTULO 18 129

PRODUÇÃO DE BIOETANOL UTILIZANDO CÉLULAS DE SACCHAROMYCES CEREVISIAE IMOBILIZADAS EM ESFERAS DE ALGINATO DE CÁLCIO REVESTIDAS COM QUITOSANA

Lucidio Cristovão Fardelone
Taciani do Santos Bella de Jesus
Leonardo Akira Kamimura Oura
Gustavo Paim Valença
José Roberto Nunhez
José Augusto Rosário Rodrigues
Paulo José Samenho Moran

DOI 10.22533/at.ed.31919010418

CAPÍTULO 19 137

AUTOMAÇÃO E DIAGNÓSTICO DE FALHAS EM SENSORES E ATUADORES APLICADOS NA PLANTA DE TRATAMENTO DA PRODUÇÃO DO BIODIESEL

Thalys de Freitas Fernandes
Dinilton Pessoa de Albuquerque Neto
Gerônimo Barbosa Alexandre
José Nilton Silva

DOI 10.22533/at.ed.31919010419

CAPÍTULO 20 157

ESTUDO CINÉTICO DA REAÇÃO DE FENTON COM PÓ DE MINÉRIO NO TRATAMENTO DE ÁGUAS DE LAVAGEM DE BIODIESEL E AVALIAÇÃO DA LIXIVIABILIDADE DO RESÍDUO

Jamyla Soares Anício Oliveira Félix
Aline Givisiez de Souza
Francine Duarte Castro

DOI 10.22533/at.ed.31919010420

CAPÍTULO 21 173

APLICAÇÃO DE CARVÃO ATIVADO CALCINADO NA REMOÇÃO DE ÓLEO DIESEL

Leonardo Henrique de Oliveira
Selene Maria Arruda Guelli Ulson de Souza
Antônio Augusto Ulson de Souza

DOI 10.22533/at.ed.31919010421

CAPÍTULO 22	178
DETERMINAÇÃO EXPERIMENTAL DA CURVA DE POLARIZAÇÃO DE UMA CÉLULA A COMBUSTÍVEL TIPO PEM	
Roque Machado de Senna Thais Santos Henrique Senna Marcelo Linardi	
DOI 10.22533/at.ed.31919010422	
CAPÍTULO 23	187
ANÁLISE DA EFICIÊNCIA INDIVIDUAL DE COLETA E GLOBAL NA SEPARAÇÃO DE PARTICULADOS DE MAGNESITA EM CICLONE LAPPLE	
Polyana Gomes de Aguiar Daiane Ribeiro Dias Annanda Alkmim Alves Mariana Oliveira Marques João Carlos Gonçalves	
DOI 10.22533/at.ed.31919010423	
CAPÍTULO 24	194
ANÁLISE DE HIDROCARBONETOS AROMÁTICOS POLICÍCLICOS (PAH) NO AR ATMOSFÉRICO USANDO SISTEMA PASSIVO DE AMOSTRAGEM PARA MONITORAMENTO AMBIENTAL	
Aldo Muro Júnior Nicola Pittet Muro Nelson Roberto Antoniosi Filho Maria Isabel Ribeiro Alves	
DOI 10.22533/at.ed.31919010424	
CAPÍTULO 25	213
CAPTURA DE CO ₂ UTILIZANDO O PROCESSO CALCIUM-LOOPING	
Juliana Alves da Silva Ricardo José Chimentão João Batista Oliveira dos Santos	
DOI 10.22533/at.ed.31919010425	
CAPÍTULO 26	224
DESENVOLVIMENTO DE PROCESSO QUÍMICO DE CAPTURA DE CO ₂ UTILIZANDO A TECNOLOGIA HIGEE NA INTENSIFICAÇÃO DE PROCESSOS PRODUTIVOS	
Kaíque Souza Gonçalves Cordeiro Oliveira José Renato Guimarães Brenda Sedlmaier Costa Coelho Camila Ceravolo de Carvalho Francine Silveira Vieira Luiza Moreira Santos Jorge David Alguiar Bellido	
DOI 10.22533/at.ed.31919010426	

CAPÍTULO 27 232

Zn-ZIF EM TECIDO APLICADO NO PROCESSO DE CAPTURA DE CH₄

Guilherme Andreoli Gil
Guilherme Otávio Lima
Lucas Mendes Pedro
Bianca Bastos Caruzi
Fabrício Maestá Bezerra
Murilo Pereira Moisés

DOI 10.22533/at.ed.31919010427

CAPÍTULO 28 239

INIBIDOR DE CORROÇÃO OBTIDO POR LIXIVIAÇÃO DE CIGARRO APÓS SEU CONSUMO

Lauren Marcilene Maciel Machado
Luciana Rodrigues Machado

DOI 10.22533/at.ed.31919010428

CAPÍTULO 29 249

ENRIQUECIMENTO DE BACTÉRIAS REDUTORAS DE SULFATO AUTÓCTONES E SUA ADESÃO EM ESPUMA DE POLIURETANO EM REATOR ANAERÓBIO NO TRATAMENTO DE DRENAGEM ÁCIDA DE MINA

Alessandra Giordani
Renata Piacentini Rodriguez
Leonardo Henrique Soares Damasceno
Gunther Brucha

DOI 10.22533/at.ed.31919010429

CAPÍTULO 30 255

BIODEGRADAÇÃO DO SURFACTANTE LINEAR ALQUILBENZENO SULFONATO DE SÓDIO EM DOIS DETERGENTES LIQUIDOS COMERCIAIS UTILIZANDO FUNGO FILAMENTOSO *Penicillium crustosum*

Sulamita Aparecida Ambrosia dos santos
Luiza Maria Amaral Frossard de Paula
Mayara Costa Franco
Karen Sartori Jeunon Gontijo
Ana Maria de Oliveira
Enio Nazaré de Oliveira Junior

DOI 10.22533/at.ed.31919010430

CAPÍTULO 31 272

DEGRADAÇÃO DE CORANTES ALIMENTÍCIOS UTILIZANDO LAFeO₃ COMO CATALISADOR EM REAÇÃO FOTO-FENTON SOLAR

Patrícia Grassi
Fernanda Caroline Drumm
Siara Silvestri
Sérgio Luiz Jahn
Edson Luiz Foletto

DOI 10.22533/at.ed.31919010431

CAPÍTULO 32	281
DEGRADAÇÃO FOTOCATALÍTICA DE RODAMINA B COM UM CATALISADOR À BASE DA BIOMASSA PORONGO: EFEITO DA DOPAGEM COM FERRO	
William Leonardo da Silva	
Mariéle Schaedler Nascimento	
Matheus Severo Schalenberger	
Joana Bratz Lourenço	
DOI 10.22533/at.ed.31919010432	
CAPÍTULO 33	287
AVALIAÇÃO DA DEGRADAÇÃO FOTOCATALÍTICA, UTILIZANDO TiO_2 E ZNO, DO ANTIBIÓTICO METRONIDAZOL (MTZ) A PARTIR DA ESPECTROFOTOMETRIA	
Luiza Barbosa Petersen Mendes	
Luciane Pimentel Costa Monteiro	
Leandro Vahia Pontual	
DOI 10.22533/at.ed.31919010433	
CAPÍTULO 34	303
CARACTERIZAÇÃO DE CÁPSULAS DE CAFÉ PÓS CONSUMO VISANDO A RECICLAGEM NA INDÚSTRIA TÊXTIL	
Valquíria Aparecida dos Santos Ribeiro	
Priscilla Sayuri Nakazawa	
Ana Maria Ferrari	
Ana Claudia Ueda	
DOI 10.22533/at.ed.31919010434	
CAPÍTULO 35	315
APPLICATION OF THE MARKOV CHAIN MONTE CARLO METHOD TO ESTIMATION OF PARAMETERS IN A MODEL OF ADSORPTION-ENHANCED REACTION PROCESS FOR MERCURY REMOVAL FROM NATURAL GAS	
Josiel Lobato Ferreira	
Diego Cardoso Estumano	
Mariana de Mattos Vieira Mello Souza	
Emanuel Negrão Macêdo	
DOI 10.22533/at.ed.31919010435	
CAPÍTULO 36	322
SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE CATALISADORES BASEADOS EM ÓXIDO DE FERRO SUPOSTADOS EM CARVÃO ATIVADO DERIVADO DA CASCA DO COCO VERDE	
Natália Matos Silva Pereira	
Marta Cecilia da Esperança Santos	
Sirlene Barbosa Lima	
Maria Luiza Andrade da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.31919010436	
SOBRE A ORGANIZADORA	334

DEGRADAÇÃO FOTOCATALÍTICA DE RODAMINA B COM UM CATALISADOR À BASE DA BIOMASSA PORONGO: EFEITO DA DOPAGEM COM FERRO

William Leonardo da Silva

Universidade Franciscana, Curso de Engenharia
Química

Santa Maria, Rio Grande do Sul

Mariéle Schaedler Nascimento

Universidade Franciscana, Curso de Engenharia
Química

Santa Maria, Rio Grande do Sul

Matheus Severo Schalenberger

Universidade Franciscana, Curso de Engenharia
Química

Santa Maria, Rio Grande do Sul

Joana Bratz Lourenço

Universidade Franciscana, Curso de Engenharia
Química

Santa Maria, Rio Grande do Sul

RESUMO: O presente trabalho tem por objetivo avaliar a atividade fotocatalítica da biomassa residual de porongo (*Langenatia siceraria*) in natura e o efeito da dopagem com Fe⁺³. As amostras foram caracterizadas por porosimetria de nitrogênio, potencial zeta, análise elementar, DRS e PCS. O corante rodamina B foi a molécula-alvo escolhida para avaliar a atividade fotocatalítica sob radiação UVA (365 nm) e visível. O catalisador Fe-porongo apresentou melhor atividade fotocatalítica, com uma degradação de 50,33 % ($k = 0,0059 \text{ min}^{-1}$, sob radiação ultravioleta) e de 43,23 % ($k = 0,0046$

min^{-1} , sob radiação visível) após 120 min de reação, enquanto o TiO₂ comercial obteve uma degradação de 50,02 % ($k = 0,0057 \text{ min}^{-1}$) e 42,14 % ($k = 0,0043 \text{ min}^{-1}$) nas mesmas condições e radiação UV e visível, respectivamente.

PALAVRAS-CHAVES: *Lagenaria siceraria*; corantes; fotocatalise heterogênea.

ABSTRACT: The work aims to evaluate the photocatalytic activity of the residual biomass of porongo (*Langenatia siceraria*) in nature and the effect of doping with Fe⁺³. The samples were characterized by nitrogen porosimetry, zeta potential, elemental analysis, DRS and PCS. Rhodamine dye B was the target molecule chosen to evaluate the photocatalytic activity under UVA (365 nm) and visible radiation. The Fe-porongo catalyst showed better photocatalytic activity, with a degradation of 50.33% ($k = 0.0059 \text{ min}^{-1}$, under ultraviolet radiation) and 43.23% ($k = 0.0046 \text{ min}^{-1}$, under irradiation visible) after 120 min of reaction, while commercial TiO₂ showed a degradation of 50.02% ($k = 0.0057 \text{ min}^{-1}$) and 42.14% ($k = 0.0043 \text{ min}^{-1}$) under the same conditions and UV and visible radiation, respectively.

KEYWORDS: *Lagenaria siceraria*; dyes; heterogeneous photocatalysis.

1 | INTRODUÇÃO

O porongo (*Lagenaria siceraria*) é uma biomassa que se caracteriza pela fácil adaptação climática e elevada produção de material orgânico durante seu ciclo produtivo. Assim, destaca-se como uma importante cultura agrícola, entretanto durante o seu processamento quantidades significativas de resíduos são geradas, tornando-se um possível passivo ambiental (LANGE *et al.*, 2006).

Assim, esta biomassa tem despertado o interesse para aplicação em processos oxidativos avançados (POAs), com destaque para fotocatalise heterogênea, visto que estes podem ser reaproveitados como possíveis precursores de fotocatalisadores heterogêneos na degradação de poluentes orgânicos (DA SILVA *et al.*, 2016), como suportes catalíticos, sendo uma alternativa sustentável para o tratamento de efluentes.

Neste contexto, o presente trabalho tem por objetivo avaliar a potencialidade e aplicabilidade de fotocatalisador heterogêneo preparados a partir do porongo, como suporte, avaliando o efeito da dopagem com FeCl_3 (Fe^{+3}) na fotodegradação do corante rodamina B (RhB), sob radiação ultravioleta e visível. Destaca-se que este corante foi selecionado visto que é uma classe de corante utilizado industrialmente, principalmente no ramo têxtil, por exemplo, sendo que seu descarte incorreto no meio ambiente deriva alta nocividade à saúde pública. Para fins de comparação, titânio comercial (Evonil Aeroxide P25) foi utilizado.

2 | METODOLOGIA

2.1 Síntese do catalisador dopado

Para a síntese do catalisador dopado utilizou-se o método de impregnação do porongo com FeCl_3 (Vetec, P.A.), conforme adaptação da literatura (Da Silva *et al.*, 2016). Assim, a biomassa ficou sob agitação contínua (90 min) em uma solução aquosa contendo FeCl_3 (25 % m/m), seguido de calcinação (450 °C por 4 h). As nomenclaturas das amostras dopada e *in natura* foram Fe-porongo e porongo, respectivamente.

2.2 Técnicas de caracterização

Para a determinação da energia de *band-gap* (E_g) utilizou-se a espectroscopia de reflectância difusa UV-Vis (DRS) pelo espectrofotômetro UV-Visível (Cary 100 Scan Spectrophotometers, Varian, Estados Unidos). A determinação da área específica (S_{BET}), diâmetro de poros (D_p) e volume de poros (V_p) das amostras foram possíveis por meio das isotermas de absorção e dessorção de nitrogênio (grau ultrapuro 99,99 %, White Martins) medidas a -196 °C em um equipamento Gemini 2375 Micromeritics (Micromeritics Gemini VII 2375 Series, Estados Unidos). Para a carga superficial das amostras utilizou-se o potencial zeta (PZ) em um equipamento da marca Malvern-Zetasizer® modelo nanoZS (ZEN3600, Reino Unido). Para determinar a análise

elementar das amostras com relação aos teores de carbono (C), hidrogênio (H) e nitrogênio (N), utilizou-se o analisador Perkin Elmer M-CHNS/O modelo 2400 (Wellesley, MA, Estados Unidos). Baseado na análise CHN foi possível a determinação do poder calorífico superior (PCS) conforme literatura (TILLMANN, 1978).

2.3 Sistema catalítico

Para avaliação da atividade fotocatalítica utilizou-se um reator batelada (*slurry*), conforme adaptação da literatura (Da Silva *et al.*, 2016). Assim, para os ensaios fotocatalíticos, o catalisador ($0,7 \text{ g L}^{-1}$) foi adicionado em 50 mL da solução contendo o corante rodamina B (20 mg L^{-1} e $\lambda = 553 \text{ nm}$). O acompanhamento da fotodegradação foi realizado por meio de amostragem, nos tempos de 0, 5, 15, 30, 45, 60, 75, 90 e 120 min. Todos os ensaios fotocatalíticos foram realizados em duplicata (com erro menor que 5 %) e a radiação ajustada para $61,8 \text{ W m}^{-2}$ para ultravioleta (Radiômetro Cole-Parmer Instrument, Radiometer Series 9811, Estados Unidos).

2.4 Cinética heterogênea da reação fotocatalítica

Resultados experimentais indicam que a oxidação fotocatalítica de degradação de contaminantes se ajusta ao modelo cinético de Langmuir-Hinshelwood (L-H) para reações unimoleculares (KONSTANTINO; ALBANIS, 2003; GAYA; ABDULLAH, 2008). A Equação (1), proposta por L-H, modela um mecanismo de reação em que coexistem dois parâmetros: pré-equilíbrio de adsorção e reação superficial lenta. Matematicamente, a taxa de reação observada apresenta uma dependência com as concentrações do soluto pela expressão.

$$-r_i = -\frac{dC_i}{dt} = \frac{\kappa_s \cdot K \cdot C_i}{1 + K \cdot C_i} \quad (1)$$

Para sistemas onde o reagente encontra-se suficientemente diluído o termo $K C_i$ no denominador da Equação (1) é muito menor que 1, podendo ser desprezado. Desta maneira obtêm-se a Equação (2) que, quando integrada gera a Equação (3).

$$-r_i = -\frac{dC_i}{dt} = \kappa_s \cdot K \cdot C_i \quad (2)$$

$$\ln\left(\frac{C_{io}}{C_i}\right) = \kappa_s \cdot K \cdot t = \kappa \cdot t \quad \text{ou} \quad C_i = C_{io} \cdot e^{-\kappa t} \quad (3)$$

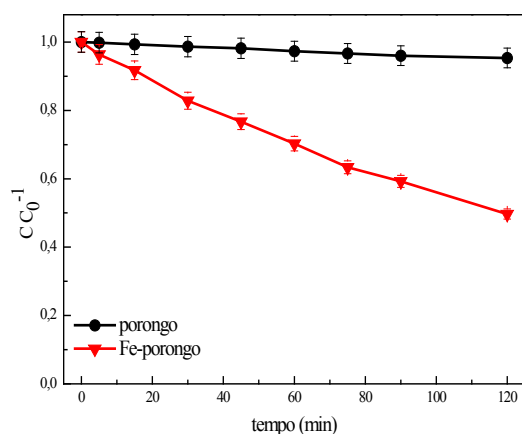
3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os resultados das análises de caracterização das amostras. A respeito dos valores de energia de band gap (E_g), a amostra Fe-porongo apresentou o menor valor de E_g (3,05 eV), enquanto para a biomassa residual de porongo não foi possível a sua determinação devido à não aplicação da função Kubelka-Munk. Sobre a carga superficial (PZ), a presença do dopante promoveu uma alteração de +13,8 mV para -6,90 mV, ajudando na atividade fotocatalítica, visto que o corante RhB é de natureza catiônica (SALLEH et al., 2011). O poder calorífico superior (PCS) foi determinado pela análise elementar, onde para a biomassa de porogo os teores foram de 46,86 %C, 5,98 %H e 0,16 %N, e a Fe-porongo com 4,58 %C, 5,15 %H e 0,41 %N, conferindo um PCS de 20,19 e 1,697 MJ kg⁻¹, respectivamente. Sobre as propriedades texturais, a presença do dopante Fe⁺³ proporcionou um aumento significativo na área superficial (7,33 para 70,80 m² g⁻¹), associado com a interação do Fe⁺³ com a biomassa residual, evitando a aglomeração e a sinterização das partículas do catalisador. Assim, destaca-se que a amostra Fe-porongo, pela sua compatibilidade de cargas com a RhB, considerável área específica e baixa energia E_g , apresenta características favoráveis para aplicação em fotocatalise heterogênea, como fotocatalisador.

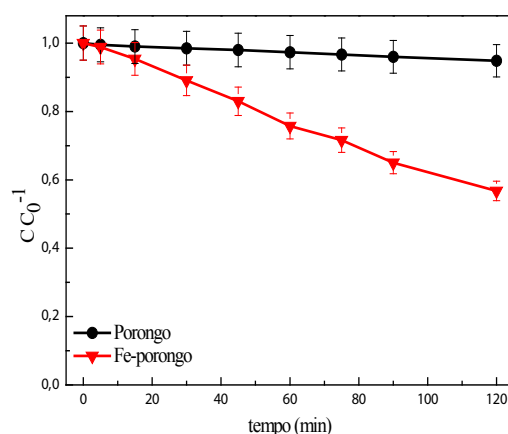
Amostra	S_{BET} (m ² g ⁻¹)	Dp (nm)	Vp (cm ³ g ⁻¹)	λ (nm)	E_g (eV)	PZ (mV)
TiO ₂ (P25)	56	4,8	0,07	371,25	3,34	-24,0 ± 0,20
porongo	7,33	10,96	0,020	-	-	+13,8 ± 0,35
Fe-porongo	70,80	5,40	0,017	406,56	3,05	-6,90 ± 0,26

Tabela 1. Resultados das análises de caracterização da biomassa residual e Fe-porongo

A Figura 1a mostra a atividade fotocatalítica, sob radiação ultravioleta e a Figura 1b, sob radiação visível, após 120 minutos de reação de degradação do corante RhB. A amostra Fe-porongo apresentou a desempenho fotocatalítico maior, sob radiação UV (50,33 % e $k = 0,0059 \text{ min}^{-1}$) e visível (43,23 % e $k = 0,0046 \text{ min}^{-1}$), enquanto que o TiO₂ comercial apresentou 50,02 % ($k = 0,0057 \text{ min}^{-1}$, sob radiação UV) e 42,14 % ($k = 0,0043 \text{ min}^{-1}$, sob radiação visível), sob as mesmas condições. Este desempenho satisfatório do catalisador dopado pode ser justificado através das suas características texturais e estruturais, como maior área superficial (S_{BET}), menor energia da *band gap* (E_g) e potencial zera, proporcionando uma melhor difusão das moléculas de RhB e, assim uma melhor atividade fotocatalítica.



(a)



(b)

Figura 1. Atividade fotocatalítica de degradação corante sob (a) radiação UV e (b) radiação visível, após 120 minutos de reação

Além disso, ensaios preliminares de fotólise e adsorção foram realizados. Para os ensaios de fotólise, avaliou-se a degradação da RhB (na ausência do fotocatalisador) indicando que 14% e 4% de degradação por fotólise UV e visível, respectivamente, após 60 minutos de reação. Enquanto, testes de adsorção foram realizados com amostra dopada e porongo, sob as mesmas condições da reação fotocatalítica e sem a presença de radiação. Assim, 7,6 % e 11,6% foram os resultados de adsorção para as amostras porongo e Fe-porongo, respectivamente, indicando que não atuariam somente com adsorvente.

REFERÊNCIAS

DA SILVA, W.L.; *et al.* Photocatalytic degradation of rhodamine B, paracetamol and diclofenac sodium by supported titania-based catalysts from petrochemical residue: effect of doping with magnesium. *Water Science & Technology*, v. 74, n. 10, p. 2370-2383, 2016.

GAYA, U.I.; ABDULLAH, A.H. **Heterogeneous photocatalytic degradation of organic contaminants over titanium dioxide: A review of fundamentals, progress and problems.** Journal of Photochemistry and Photobiology C, v. 9, p. 1-12, 2008.

LANGE, L.C.; *et al.* **Tratamento de lixiviado de aterro sanitário por processo oxidativo avançado empregando reagente fenton.** Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 11, n. 2, p. 175-183, 2006.

KONSTANTINOOU, L.; ALBANIS, T. **Photocatalytic transformation of pesticides in aqueous titanium dioxide suspensions using artificial and solar light: intermediates and degradation pathways.** Applied Catalysis B: Environmental, v. 42, n. 4, p. 319-335, 2003.

SALLEH, M.A.M.; *et al.* **Cationic and anionic dye adsorption by agricultural and solid wastes: A comprehensive review.** Desalination, v. 280, p. 1-13, 2011.

TILLMAN, D.A. **Wood as an energy resource.** Nova Iorque: Academic Press, 1978.

SOBRE A ORGANIZADORA

CARMEN LÚCIA VOIGT Doutora em Química na área de Química Analítica e Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Especialista em Química para a Educação Básica pela Universidade Estadual de Londrina. Graduada em Licenciatura em Química pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Experiência há mais de 10 anos na área de Educação com ênfase em avaliação de matérias-primas, técnicas analíticas, ensino de ciências e química e gestão ambiental. Das diferentes atividades desenvolvidas destaca-se uma atuação por resultado, como: supervisora de laboratórios na indústria de alimentos; professora de ensino médio; professora de ensino superior atuando em várias graduações; professora de pós-graduação *lato sensu*; palestrante; pesquisadora; avaliadora de artigos e projetos; revisora de revistas científicas; membro de bancas examinadoras de trabalhos de conclusão de cursos de graduação. Autora de artigos científicos. Atuou em laboratório multiusuário com utilização de técnicas avançadas de caracterização e identificação de amostras para pesquisa e pós-graduação em instituição estadual.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-231-9

