



# 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

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

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](http://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

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3191901041</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>8</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3191901042</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>23</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3191901043</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>29</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3191901044</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>40</b>
DESENVOLVIMENTO DE UM COSMÉTICO A PARTIR DE RESÍDUO AGROINDUSTRIAL	
Ana Paula Olivo	
Kátya Regina de Freitas Zara	
Leonardo da Silva Arrieche	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3191901045</b>	

<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>51</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3191901046</b>	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>58</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3191901047</b>	
<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>63</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3191901048</b>	
<b>CAPÍTULO 9</b> .....	<b>68</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3191901049</b>	
<b>CAPÍTULO 10</b> .....	<b>74</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.31919010410</b>	

**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<sub>2</sub> 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<sub>2</sub> 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 CH<sub>4</sub>

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 LAFeO<sub>3</sub> 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**

<b>CAPÍTULO 32</b> .....	<b>281</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.31919010432</b>	
<b>CAPÍTULO 33</b> .....	<b>287</b>
AVALIAÇÃO DA DEGRADAÇÃO FOTOCATALÍTICA, UTILIZANDO $\text{TiO}_2$ E ZNO, DO ANTIBIÓTICO METRONIDAZOL (MTZ) A PARTIR DA ESPECTROFOTOMETRIA	
Luiza Barbosa Petersen Mendes	
Luciane Pimentel Costa Monteiro	
Leandro Vahia Pontual	
<b>DOI 10.22533/at.ed.31919010433</b>	
<b>CAPÍTULO 34</b> .....	<b>303</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.31919010434</b>	
<b>CAPÍTULO 35</b> .....	<b>315</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.31919010435</b>	
<b>CAPÍTULO 36</b> .....	<b>322</b>
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 Cecília da Esperança Santos	
Sirlene Barbosa Lima	
Maria Luiza Andrade da Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.31919010436</b>	
<b>SOBRE A ORGANIZADORA</b> .....	<b>334</b>

## APLICAÇÃO DE CARVÃO ATIVADO CALCINADO NA REMOÇÃO DE ÓLEO DIESEL

### Leonardo Henrique de Oliveira

Universidade do Oeste de Santa Catarina, Área de Ciências Exatas e Tecnológicas  
Joaçaba – Santa Catarina

### Selene Maria Arruda Guelli Ulson de Souza

Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Química e Engenharia de Alimentos  
Florianópolis – Santa Catarina

### Antônio Augusto Ulson de Souza

Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Química e Engenharia de Alimentos  
Florianópolis – Santa Catarina

**RESUMO:** A remoção de óleo da água é um dos grandes desafios da indústria do petróleo. Com este propósito, a adsorção tem se destacado como tecnologia complementar a outros tratamentos. Foram realizados experimentos de cinéticas e isotermas de adsorção, determinando-se ao final de cada experimento o teor de óleos e graxas, e desta forma, o percentual de remoção de óleo da água. Este trabalho também teve como objetivo avaliar o ajuste dos dados experimentais aos modelos de cinética pseudo segunda-ordem de isoterma de Langmuir. A capacidade máxima de adsorção determinada para o carvão ativado calcinado, foi superior àquela observada para o

carvão ativado sem o tratamento térmico.

**PALAVRAS-CHAVE:** adsorção, óleo diesel, carvão ativado calcinado.

**ABSTRACT:** The removal of oil from water is one of the great challenges of the oil industry. With this purpose, the adsorption has been highlighted as complementary technology to other treatments. Adsorption kinetics and isotherms experiments were carried out, at the end of each experiment the oil and grease content was determined, and the percentage of oil removal from the water was determined. This work also aimed to evaluate the fit of the experimental data to Langmuir pseudo second-order kinetic models. The maximum adsorption capacity determined for the calcined activated carbon was higher than that observed for the activated carbon without the heat treatment.

**KEYWORDS:** adsorption, diesel oil, activated carbon calcined.

### 1 | INTRODUÇÃO

Na água produzida se encontra óleo na forma dispersa e dissolvida, portanto, para que não se tenha impactos ambientais associados a este contaminante é necessário o tratamento de efluentes antes do descarte.

As tecnologias disponíveis para o



tratamento da água produzida na indústria petroquímica podem ser aplicadas separadamente ou em processos combinados. Os tratamentos físicos podem envolver os filtros de areia, os ciclones, a evaporação, a precipitação por ar dissolvido, o C-TOUR (tecnologia patenteada que usa um líquido condensado para extração dos componentes), a eletrodialise, as membranas (microfiltração, ultrafiltração, nanofiltração, membranas de osmose reversa, membranas de zeólitas, bentonitas) e a adsorção (Ahmadun *et al.*, 2009).

O carvão ativado de origem betuminosa é um material amplamente conhecido como adsorvente, porém um tratamento superficial pode modificar suas propriedades superficiais e melhorar suas propriedades adsorventes. A verificação da eficiência na remoção de óleo diesel da água, visando o uso do carvão ativado calcinado (CAC) na remoção de óleo da água produzida, bem como a determinação de parâmetros de cinéticas e isotermas de adsorção é o foco desta pesquisa científica.

## 2 | METODOLOGIA

### 2.1 Adsorvente

O carvão ativado foi deixado em repouso com água destilada por um período de 3 dias, sendo feita a troca da água diariamente para remoção do carvão em pó presente. Após isso, o carvão foi colocado em um recipiente com água destilada sendo agitado a 60 rpm, com troca diária da água, por mais 4 dias. Após isso, o carvão foi seco em estufa a 105 °C por um período de 24 h. As amostras de carvão ativado foram colocadas em cadinho de porcelana e levadas a um forno com programação de temperatura para calcinação (400 °C durante 1 h).

### 2.2 Experimentos de Adsorção

As cinéticas de adsorção foram realizadas a 25 °C. Em erlenmeyers de 125 mL foram colocadas massas de 0,1 g de carvão ativado calcinado. Em seguida, 50 mL de emulsão óleo-água foram adicionados aos erlenmeyers. Para manter o sistema em agitação, uma incubadora da marca TECNAL TE-424 com controle de temperatura e agitação (200 rpm) foi utilizada. Em intervalos de tempo pré-determinados, as amostras após a adsorção eram analisadas até a verificação da saturação do adsorvente. A concentração inicial de óleo na emulsão preparada foi de  $40 \times 10^{-6}$  L de óleo diesel S-50 em 450 mL de água destilada, e o preparo conforme Oliveira *et al.*, 2014. Para os experimentos de isotermas de adsorção, medidas de 0,01 - 0,12 g de carvão ativado modificado foram colocadas em erlenmeyers de 125 mL. A concentração inicial de óleo foi de  $40 \times 10^{-6}$  L em 450 mL de água destilada. O teor de óleos e graxas inicial e final foi determinado segundo Oliveira, 2015.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A modificação superficial do carvão ativado através de tratamento térmico (calcinação) resultou no aparecimento de bandas adicionais visualizadas no espectro de infravermelho. Em  $3700\text{ cm}^{-1}$ , percebe-se uma banda de intensidade muito fraca, referente a ligações O-H e a banda adicional em  $1760\text{ cm}^{-1}$  revela a presença de carbonilas (C=O).

A Figura 1 mostra o efeito do tempo de contato na remoção de óleo diesel S-50 para o carvão ativado calcinado (CAC) com relação ao percentual de óleo removido.

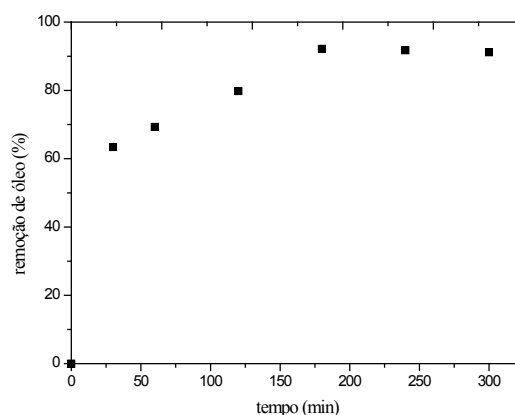


Figura 1. Efeito do tempo de contato na remoção de óleo diesel S-50 com carvão ativado calcinado – CAC.

O percentual de remoção de óleo foi superior ao do carvão ativado não modificado 90%, ( $C_0 = 84,10\text{ mg L}^{-1}$ ) e seu valor foi de 93% ( $C_0 = 84,57\text{ mg L}^{-1}$ ). O tempo de equilíbrio foi o mesmo obtido com o carvão não modificado, ou seja, 180 minutos (Oliveira, 2015).

Na modelagem dos resultados de cinéticas de adsorção, um dos modelos mais utilizados é o de pseudo segunda-ordem (Ho e Mckay, 1999). Os resultados dos experimentos de cinética de adsorção estão presentes na Tabela 1.

Condições	CA <sup>1</sup>	CAC
$k\text{ (g mg}^{-1}\text{ min}^{-1}\text{)}$	0,0012	0,0013
$q\text{ (mg g}^{-1}\text{)}$	39,87	41,27
$R^2$	0,993	0,986
Tempo (min)	180	180

Tabela 1 – Parâmetros cinéticos do modelo de pseudo segunda-ordem para carvão ativado (CA) e carvão ativado calcinado (CAC), a  $25\text{ }^\circ\text{C}$ .

O equilíbrio de adsorção é atingido quando uma substância de uma fase líquida

é adsorvida na superfície de uma fase sólida num sistema onde ocorra um equilíbrio de distribuição definido termodinamicamente, numa temperatura constante. Quando isto acontece, consideram-se iguais as velocidades de adsorção e dessorção do soluto na superfície sólida do adsorvente (Okiel *et al.*, 2011). O tempo de equilíbrio ou saturação do adsorvente foi o mesmo que o obtido para o carvão não modificado, porém, com uma capacidade de adsorção no tempo de equilíbrio maior do que para o carvão ativado sem o tratamento térmico. A constante cinética obtida também indica um processo industrialmente interessante, com rápida remoção das moléculas orgânicas.

A Figura 2 apresenta a isoterma de adsorção na remoção de óleo de emulsões oleosas.

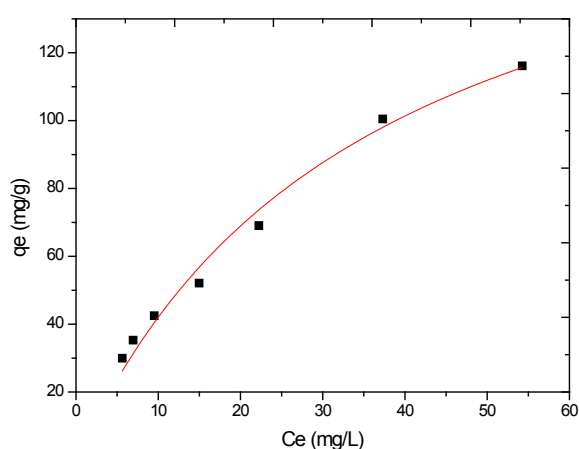


Figura 2 – Ajuste dos dados experimentais ao modelo de isoterma de adsorção de Langmuir a 25 °C.

A isoterma de adsorção é o experimento que define a capacidade do adsorvente em adsorver um determinado adsorvato. Na Tabela 2 se encontram os valores dos parâmetros obtidos a partir do ajuste dos dados experimentais de isotermas de adsorção ao modelo de Langmuir.

Parâmetros	CA	CAC
$K_L$ (L mg <sup>-1</sup> )	0,0262	0,0282
$q_{máx}$ (mg g <sup>-1</sup> )	179,9	191,4

Tabela 2. Parâmetros obtidos das isotermas de adsorção para o carvão ativado calcinado CAC.

Desta forma, conclui-se com mais propriedade, visto que carvões ativados são materiais com elevada porosidade, que o CAC teve suas características superficiais modificadas para adsorção de óleo. O aumento na eficiência provavelmente tem relação com o aumento da área superficial ou com a presença novos grupos químicos

superficiais, ou ambas modificações. Através da isoterma de adsorção e com o ajuste dos dados experimentais ao modelo de Langmuir, obtém-se o valor de  $q_{m\acute{a}x}$  e percebe-se que o valor foi superior aquele determinado para o carvão ativado não modificado (Oliveira, 2015).

## 4 | CONCLUSÃO

Os parâmetros de cinéticos foram determinados a partir do modelo de pseudo segunda-ordem, caracterizado pelo bom ajuste ( $R^2 = 0,986$ ), o que vai de acordo com a literatura quando se estuda a remoção de derivados do petróleo. Em relação as de isoterma de adsorção, os dados experimentais tiveram bons ajustes tanto ao modelo de Langmuir quanto ao de Freundlich, ambos modelos são amplamente utilizados para se remover óleo diesel e gasolina (SYED, *et al.*, 2011). Neste trabalho, optou-se pelo uso do modelo de Langmuir para se avaliar o desempenho, determinando-se a capacidade máxima de adsorção de  $q_{m\acute{a}x} = 191,4$  mg/g.

## 5 | AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Federal de Santa Catarina e à PETROBRAS e ao Programa de Formação de Recursos Humanos da ANP, através do PRH-09/MECPETRO, pela bolsa e recursos financeiros concedidos para o desenvolvimento deste trabalho.

## REFERÊNCIAS

AHMADUN, F.; PENDASHTEH, A.; ABDULLAH, L. C.; BIAK, D. R. A.; MADAENI, S. S.; ABIDIN, Z. Z. J. **Review of technologies for oil and gas produced water treatment**. Journal of Hazardous Materials, v. 170, p. 530-551, 2009.

HO, Y. S.; MCKAY, G. **Pseudo-second order model for sorption processes**. Process Biochemistry, v. 34, p. 451–465, 1999.

OKIEL, K.; EL-SAYED, M.; EL-KADY, M. **Treatment of oil–water emulsions by adsorption onto activated carbon, bentonite and deposited carbon**. Egyptian Journal of Petroleum, v. 20, p. 9-15, 2011.

OLIVEIRA, L. H.; **Tratamento de água produzida contaminada com óleo diesel utilizando adsorventes funcionalizados**. 2015, 225p. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.

SYED, S.; ALHAZZAA, M. I.; ASIF, M. **Treatment of oily water using hydrophobic nano-silica**. Chemical Engineering Journal, v. 167, p. 99-103, 2011.



## **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

