

Avanços das Pesquisas e Inovações na Engenharia Química 2

Jéssica Verger Nardeli
(Organizadora)

Atena
Editora
Ano 2020

Avanços das Pesquisas e Inovações na Engenharia Química 2

Jéssica Verger Nardeli
(Organizadora)

Atena
Editora
Ano 2020

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação: Karine de Lima

Edição de Arte: Lorena Prestes

Revisão: Os Autores



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

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie di Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná

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

Ciências Biológicas e da Saúde

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

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

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

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão

Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
 Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
 Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
 Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
 Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
 Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
 Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
 Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
 Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
 Prof. Me. Douglas Santos Mezacas -Universidade Estadual de Goiás
 Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
 Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
 Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
 Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
 Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
 Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
 Prof. Me. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
 Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
 Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
 Profª Ma. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
 Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
 Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
 Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
 Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
 Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
 Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
 Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual de Maringá
 Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
 Prof. Me. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
 Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
 Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
 Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

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

A946 Avanços das pesquisas e inovações na engenharia química 2
[recurso eletrônico] / Organizadora Jéssica Verger Nardeli. –
Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.

Formato: PDF
 Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader.
 Modo de acesso: World Wide Web.
 Inclui bibliografia
 ISBN 978-65-86002-51-5
 DOI 10.22533/at.ed.515202403

1. Engenharia química – Pesquisa – Brasil. I. Nardeli, Jéssica Verger.

CDD 660.76

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

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

APRESENTAÇÃO

A coleção “Avanços das Pesquisas e Inovações na Engenharia Química volume 2” é uma obra que tem como foco principal a discussão e divulgação científica por meio de trabalhos com diferentes funcionalidades que compõe seus capítulos. O volume abordará em especial trabalhos que contribuem a nível educacional e aplicado tanto na área de engenharia química, química e tecnologias.

O objetivo central foi apresentar de forma categorizada e clara estudos correlacionados a energias renováveis, aproveitamento de resíduo agroindustrial, desenvolvimento de simulador de processos, simulação de custos de produção, e em especial estudos correlacionados a nível educacional por meio de jogos didáticos, quiz educativo com foco na aprendizagem de reações químicas e tabela periódica. Em todos esses trabalhos a linha condutora foi o aspecto relacionado à aproveitamento de resíduos, disseminação de conhecimento, otimização de procedimentos e metodologias, dentre outras abordagens importantes na área de exatas e engenharia. O avanço das pesquisas e divulgação dos resultados tem sido um fator importante para o desenvolvimento da ciência e estímulo de inovação.

Temas diversos e interessantes são, deste modo, discutidos aqui com a proposta de fundamentar o conhecimento de acadêmicos, mestres e todos aqueles que de alguma forma se interessam pela área de exatas e engenharia química aplicada e educacional. Possuir um material que demonstre evolução de diferentes metodologias, abordagens, otimização de processos, caracterização com técnicas substanciais, reutilização de resíduos de regiões específicas do país é muito relevante, assim como abordar temas atuais e de interesse tanto no meio acadêmico como social.

Deste modo a obra “Avanços das Pesquisas e Inovações na Engenharia Química volume 2” apresenta estudos fundamentados nos resultados práticos obtidos pelos diversos professores e acadêmicos que arduamente desenvolveram seus trabalhos que aqui serão apresentados de maneira concisa e didática. Sabemos o quão importante é a divulgação científica, por isso evidenciamos também a estrutura da Atena Editora capaz de oferecer uma plataforma consolidada e confiável para estes pesquisadores explorarem e divulgarem seus resultados.

Jéssica Verger Nardeli

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
EXTRAÇÃO SÓLIDO-LÍQUIDO DE ÓLEO DE BARU ASSISTIDA POR ENERGIA SOLAR	
Caroline Santos Silva Lucas Rodrigo Custódio Kássia Graciele dos Santos	
DOI 10.22533/at.ed.5152024031	
CAPÍTULO 2	12
APROVEITAMENTO DO RESÍDUO AGROINDUSTRIAL DO CAFÉ NA PRODUÇÃO DE BIOCHAR PARA IMOBILIZAÇÃO DE LIPASE <i>RHIZOPUS ORYZAE</i> E SÍNTESE DE PALMITATO DE CETILA	
Danyelle Andrade Mota Jefferson Cleriston Barros dos Santos Lays Carvalho de Almeida Álvaro Silva Lima Laiza Canielas Krause Cleide Mara Faria Soares	
DOI 10.22533/at.ed.5152024032	
CAPÍTULO 3	26
ANÁLISE DA PERDA AO FOGO DE CORPOS DE PROVA CERÂMICOS FORMULADOS COM CINZA LEVE PROVENIENTE DA GASEIFICAÇÃO DO CARVÃO MINERAL PULVERIZADO	
Gabryella Cerri Mendonça Cristiano Corrêa Ferreira Flávio André Pavan	
DOI 10.22533/at.ed.5152024033	
CAPÍTULO 4	34
ESTABILIDADE E COMPORTAMENTO REOLÓGICO DE POLPA DE CUPUAÇU (<i>Theobroma grandiniflorum</i>) EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES E TEMPERATURAS	
Simara Ferreira Borges Harvey Alexander Villa Vélez Romildo Martins Sampaio Valkerline Pinto Pires Audirene Amorim Santana	
DOI 10.22533/at.ed.5152024034	
CAPÍTULO 5	44
ESTIMATIVA DE VARIÁVEIS DE ESTADO EM MODELO DE HIDRÓLISE DE MATÉRIAS GRAXAS	
Camila Santana Dias Leandro Santos Monteiro Bruno Marques Viegas Diego Cardoso Estumano Nielson Fernando da Paixão Ribeiro	
DOI 10.22533/at.ed.5152024035	
CAPÍTULO 6	59
APLICAÇÃO DA TÉCNICA DE MONTE CARLO VIA CADEIA DE MARKOV PARA ESTIMATIVA DE PARÂMETROS DE MODELOS DE BALANÇO POPULACIONAL PARA SISTEMAS PARTICULADOS	
Carlos Henrique Rodrigues de Moura Diego Cardoso Estumano João Nazareno Nonato Quaresma	

Emanuel Negrão Macêdo
Bruno Marques Viegas
Leandro Santos Monteiro
Diego Sousa Lopes

DOI 10.22533/at.ed.5152024036

CAPÍTULO 7 73

APLICAÇÃO DA TÉCNICA DE MONTE CARLO VIA CADEIA DE MARKOV PARA ESTIMATIVA DE
PARAMÉTRIOS EM MODELO DE BALANÇO POPULACIONAL DE CRISTALIZAÇÃO DE GIBBSITA
COM CINÉTICA CONSTANTE

Carlos Henrique Rodrigues de Moura
Diego Cardoso Estumano
João Nazareno Nonato Quaresma
Emanuel Negrão Macêdo
Bruno Marques Viegas
Leandro Santos Monteiro
Diego Sousa Lopes

DOI 10.22533/at.ed.5152024037

CAPÍTULO 8 85

APLICAÇÃO DO MÉTODO DE MONTE CARLO VIA CADEIA DE MARKOV PARA ESTIMATIVA DE
PARÂMETROS EM MODELOS DE CURVAS DE RUPTURA

João Paulo de Souza Coutinho
Ianka Cristine Benicio Amador
Bruno Marques Viegas
Nielson Fernando da Paixão Ribeiro
Diego Cardoso Estumano

DOI 10.22533/at.ed.5152024038

CAPÍTULO 9 100

DESCRIÇÃO FÍSICA DE FIBRAS DE COCO (*COCO NUCIFERA L.*) SUBMETIDAS A TRATAMENTO
EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE MACERAÇÃO

Nayara Maria Monteiro da Silva
Carla Arnaud de Azevedo
Alefhe Bernard Cordovil Mascarenhas
Raíssa Cristine Santos de Araújo
Gabriela Nascimento Vasconcelos
Rafael Maia de Oliveira
Elza Brandão Santana
Lênio José Guerreiro de Faria

DOI 10.22533/at.ed.5152024039

CAPÍTULO 10 116

DESENVOLVIMENTO DE UM SIMULADOR DE PROCESSOS USANDO LINGUAGEM VISUAL BASIC
FOR APPLICATIONS (VBA) PARA A OXIDAÇÃO DO TOLUENO

Herbert Senzano Lopes
Vanja Maria de Franca Bezerra
Matheus Henrique Antonio Aboukalam da Cruz
Oswaldo Chivavone-Filho
Carlson Pereira de Souza

DOI 10.22533/at.ed.51520240310

CAPÍTULO 11 123

O USO DA EXPERIMENTAÇÃO COMO FERRAMENTA FACILITADORA PARA O ENSINO DE REAÇÃO DE DUPLA TROCA

Luciane Neves Ribeiro
Charles Garcia da Cunha
Joseane Cunha da Conceição
Layze Maria da Silva e Silva
Lindsey Bianca Araújo Fialho
Suzianne Saldanha da Silva
Vitor dos Santos de Carvalho
Miracleide de Araújo Batista Carneiro
Kelly das Graças Fernandes Dantas
Patrícia Santana Barbosa Marinho

DOI 10.22533/at.ed.51520240311

CAPÍTULO 12 130

O LÚDICO ATRAVÉS DE JOGOS DIDÁTICOS COMO AUXÍLIO EM AULAS DE TABELA PERIÓDICA PARA ALUNOS DO 9º ANO

Manoel Leão Lopes Junior
Lourivaldo Silva Santos
Marivaldo José Costa Corrêa
Raílda Neyva Moreira Araújo
Haroldo da Silva Ripardo Filho
Luely Oliveira da Silva
Catarina Estumano Bandeira
Lucio Flavio Pires Santos
Jéssica de Souza Viana
Felipe Augusto da Silva Bezerra

DOI 10.22533/at.ed.51520240312

CAPÍTULO 13 140

SIMULAÇÃO EM SUPERPRO DESIGNER DOS CUSTOS DE PRODUÇÃO DO FUNGO *Metarhizium anisopliae* POR FERMENTAÇÃO EM ESTADO SOLIDO

Antonio Dheyson da Silva Oliveira
Rodrigo Silva Dutra
Sebastian Ospina Corral
Cristian Orlando Avila
Carlos Eduardo Orrego
Lina María Grajales

DOI 10.22533/at.ed.51520240313

CAPÍTULO 14 152

O PROCESSO DE FISCALIZAÇÃO DO CONSELHO REGIONAL DE QUÍMICA 6ª REGIÃO PA/AP

Denise de Mello Lima
Dionis Rogério Costa Peixoto
Cristiane Maria Leal Costa
Célio Augusto Gomes de Souza
Antonio Claudio Lima Moreira Bastos
Allysson Bruno Almeida Ramos

DOI 10.22533/at.ed.51520240314

CAPÍTULO 15 159

QUIZ EDUCATIVO: UMA PROPOSTA METODOLÓGICA PARA O ENSINO DE TABELA PERIÓDICA

Layze Maria da Silva e Silva

Luciane Neves Ribeiro
Joseane Cunha Da Conceição
Vitor Dos Santos De Carvalho
Suzianne Saldanha Da Silva
Lindsey Bianca Araujo Fialho
Charles Gracia da Cunha
Miracleide De Araújo Batista Carneiro
Kelly Das Graças Fernandes Dantas
Patrícia Santana Barbosa Marinho

DOI 10.22533/at.ed.51520240315

CAPÍTULO 16 164

ATIVIDADE ALELOPÁTICA DA BIOMASSA DO FUNGO *ASPERGILLUS SP*, ISOLADO COMO ENDOFÍTICO DA ESPÉCIE *Paspalum maritimum* TRIN

Manoel Leão Lopes Junior
Lourivaldo Silva Santos
Marivaldo José Costa Corrêa
Raílida Neyva Moreira Araújo
Haroldo da Silva Ripardo Filho
Luely Oliveira da Silva
Lucio Flavio Pires Santos
Jéssica de Souza Viana
Felipe Augusto da Silva Bezerra

DOI 10.22533/at.ed.51520240316

CAPÍTULO 17 173

ATIVIDADE FITOTÓXICA DA BIOMASSA PRODUZIDA PELO FUNGO ENDOFÍTICO *Glomerella cingulata*

Manoel Leão Lopes Junior
Lourivaldo Silva Santos
Marivaldo José Costa Corrêa
Raílida Neyva Moreira Araújo
Haroldo da Silva Ripardo Filho
Luely Oliveira da Silva
Lucio Flavio Pires Santos
Jéssica de Souza Viana
Felipe Augusto da Silva Bezerra

DOI 10.22533/at.ed.51520240317

CAPÍTULO 18 181

CHEMICAL CONSTITUENTS AND LARVICIDAL ACTIVITY OF ESSENTIAL OIL FROM *Murraya koenigii* (L.) Spreng. (RUTACEAE) AGAINST *Aedes aegypti* (DIPTERA: CULICIDAE)

Camila Aline Romano
Matheus Gabriel de Oliveira
Matheus de Sousa Melo Morais
Andressa Tuane de Santana Paz
Liliane de Sousa Silva
Heloisa Helena Garcia da Silva
Ionizete Garcia da Silva
Adelair Helena dos Santos
José Realino de Paula

DOI 10.22533/at.ed.51520240318

CAPÍTULO 19 192

ESTIMATIVA DA CURVA DE RUPTURA DO PROCESSO DE ADSORÇÃO ATRAVÉS DO ALGORITMO

DE REAMOSTRAGEM POR IMPORTÂNCIA

Ianka Cristine Benicio Amador
Bruno Marques Viegas
Diego Cardoso Estumano
Emanuel Negrão Macêdo
Nielson Fernando da Paixão Ribeiro

DOI 10.22533/at.ed.51520240319

CAPÍTULO 20 205

DETERMINAÇÃO DO PERFIL ÓTIMO DE TEMPERATURA PARA UM BIOPROCESSO EM BATELADA DE PRODUÇÃO DE PENICILINA REPRESENTADO POR UM MODELO MATEMÁTICO

Samuel Conceição de Oliveira
Angel Gustavo Tolaba

DOI 10.22533/at.ed.51520240320

CAPÍTULO 21 218

AVANÇOS RECENTES E PERSPECTIVAS FUTURAS NA MODELAGEM MATEMÁTICA DO PROCESSO DE REMOÇÃO DE SULFATO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS INDUSTRIAIS EM BIORREATOR ANAERÓBIO DE LEITO FIXO OPERADO EM BATELADAS SEQUENCIAIS

Samuel Conceição de Oliveira
Arnaldo Sarti

DOI 10.22533/at.ed.51520240321

SOBRE A ORGANIZADORA..... 228

ÍNDICE REMISSIVO 229

ESTIMATIVA DA CURVA DE RUPTURA DO PROCESSO DE ADSORÇÃO ATRAVÉS DO ALGORITMO DE REAMOSTRAGEM POR IMPORTÂNCIA

Data de submissão: 03/12/2019

Data de aceite: 16/03/2020

Ianka Cristine Benicio Amador

Universidade Federal do Pará, ITEC, Faculdade de Engenharia Química

Belém – Pará

[//lattes.cnpq.br/4700163915632528](http://lattes.cnpq.br/4700163915632528)

Bruno Marques Viegas

Universidade Federal do Pará, PPGEF, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Processos

Belém – Pará

<http://lattes.cnpq.br/1196600058247902>

Diego Cardoso Estumano

Universidade Federal do Pará, PPGEF, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Processos

Belém – Pará

<http://lattes.cnpq.br/5521162828533153>

Emanuel Negrão Macêdo

Universidade Federal do Pará, PPGEF, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Processos

Belém – Pará

<http://lattes.cnpq.br/8718370108324505>

Nielson Fernando da Paixão Ribeiro

Universidade Federal do Pará, PPGEQ, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química

Belém – Pará

<http://lattes.cnpq.br/0755443458423442>

RESUMO: Para projetar e operar com sucesso o processo de adsorção em coluna de leito fixo deve-se conhecer o modelo matemático que descreve o fenômeno bem como a influência das variáveis e parâmetros do modelo. Porém, em diversos problemas de engenharia há dificuldades de obter medida direta de variáveis de estado. Uma alternativa para realizar inferências em relação ao que não se pode medir é a utilização de Técnicas Bayesianas. Neste trabalho, foi desenvolvido o código computacional utilizando a técnica bayesiana de filtro de partículas *Sequential Importance Resampling* para estimativa de variáveis de estado do modelo de força motriz linear que considera a resistência à transferência de massa no sólido adsorvente. As estimativas de medidas simuladas realizadas por filtro SIR foram avaliadas quanto às incertezas de modelo e de medidas simuladas, sendo possível prever medições ao longo da coluna de leito fixo para baixos valores de incertezas de medidas. Além disso, constatou-se a redução do erro RMS com o aumento de partículas utilizadas na estimativa.

PALAVRAS-CHAVE: Técnicas Bayesianas. Filtro de Partículas. Modelo de Adsorção.

ESTIMATION OF ADSORPTION BREAKING CURVE THROUGH SAMPLING IMPORTANCE RESAMPLING

ABSTRACT: In order to successfully design and operate the adsorption process in a fixed column it must know the mathematical model that describes the phenomenon as well as the influence of the variables and the parameters. However, In many engineering problems there are difficulties in obtaining direct measurement of state variables. An alternative to make inferences about what cannot be measured is the use of Bayesian techniques. In this work, the computational code was developed using the Sequential Importance Resampling Bayesian Particle Filter technique to estimate state variables of the Linear Driving Force model that considers the resistance to mass transfer in the adsorbent solid. Simulated measurement estimates made by SIR filter were evaluated for model and simulated measurement uncertainties, being possible to predict measurements along the fixed bed column for low measurement uncertainty values. In addition, the reduction of the RMS error was observed with the increase of particles used in the estimation.

KEYWORDS: Bayesian techniques. Particle Filter. Adsorption Model.

1 | INTRODUÇÃO

A adsorção é uma técnica eficiente e simples empregada na remoção de contaminantes. No geral, a adsorção tem como princípio a interação meio/partícula de um dado sistema no qual a substância a ser removida é denominada de adsorbato e o responsável pela sua remoção é chamado de adsorvente.

Esse fenômeno físico-químico ocorre quando líquido ou gás entra em contato com um sólido adsorvente que é capaz de reter em sua superfície as substâncias de interesse. Trata-se de uma operação de transferência de massa que tem como força motriz a diferença de concentração entre o seio do fluido (adsorbato) e a superfície do adsorvente (Borba, 2006).

Muitos estudos são realizados para se conhecer com mais detalhes a razão da interação adsorbato/adsorvente. Geralmente, é realizado o estudo sobre as isotermas e modelos cinéticos para entender como ocorre o fenômeno e quais mecanismos estão envolvidos na adsorção.

As isotermas de adsorção representam a relação de equilíbrio entre a concentração do adsorbato na fase do fluido e na fase sólida, a uma dada temperatura (Homem, 2001). Dentre as isotermas, o modelo de Langmuir é o mais aplicado com sucesso em inúmeros processos de adsorção (Souza, 2009).

A escolha do leito fixo como sistema operacional é frequentemente utilizado, pois se trata de um processo econômico e altamente eficiente no ramo da separação e purificação de produtos (Homem, 2001). As características como concentração do adsorbato C , comprimento do leito L e vazão do fluido Q permitem avaliar graficamente

o rendimento da adsorção por meio da curva de ruptura, também denominada *breakthrough*. O comportamento da coluna é descrito em termos da razão entre a concentração de adsorbato na saída da coluna C pela concentração inicial C_0 versus o tempo ou volume de líquido tratado.

Mesmo que o sistema contínuo possibilite a projeção do processo de adsorção para a escala industrial, chamado de *scale-up*, esse salto depende de diversas variáveis que são testadas em planta piloto (Oliveira, 2013).

A partir da utilização de um modelo matemático que represente o fenômeno de adsorção será possível prever a resposta do sistema em condições de difíceis aplicações (Weber e Smith, 1987), já que os mesmos podem ser validados através da obtenção de dados experimentais em escala laboratorial.

Neste trabalho, estudou-se um modelo teórico apropriado para o cálculo das curvas de ruptura por meio da estimativa das variáveis de estado utilizando a técnica bayesiana de filtro de partículas *Sequential Importance Resampling* (SIR).

2 | MODELAGEM MATEMÁTICA

Existe uma variedade de modelos matemáticos que podem descrever e prever a dinâmica de adsorção de líquidos ou gases em uma coluna de leito fixo. Em geral os modelos teóricos são resultantes do balanço matemático na fase fluida e sólida do leito, isto é, na partícula adsorvente. Ambos tomam como base a transferência de massa no sistema e as condições de equilíbrio da adsorção (Marin, 2013). As hipóteses adotadas para a construção dos modelos foram, conforme Luz (2006):

- equilíbrio termodinâmico na interface sólido/líquido;
- processo isotérmico e isobárico;
- fluxo unidirecional em z;
- velocidade intersticial constante;
- não há mudanças nas propriedades físicas do fluido e geométricas da coluna e do empacotamento;

2.1 EQUILÍBRIO DA ADSORÇÃO

A equação tomada para representar o equilíbrio termodinâmico na interface sólido/líquido foi a isoterma de Langmuir. Esse modelo é usado para representar isotermas favoráveis e apresenta os seguintes pressupostos:

- todos os sítios ativos de adsorção são energeticamente iguais;
- cada sítio ativo adsorve apenas uma molécula de soluto;

- a adsorção é em monocamada;
- não há interações laterais entre as moléculas adsorvidas.

A equação de Langmuir é fornecida quando a adsorção atinge o equilíbrio, ou seja, quando a taxa líquida de mudança de concentração no adsorvente é nula.

Dessa forma, a equação resultante do equilíbrio entre as fases, reduz-se à equação de Langmuir fornecida pela Equação 1:

$$q^* = \frac{q_{m\acute{a}x} b_L C^*}{1 + b_L C^*} \quad (1)$$

sendo q^* a concentração de equilíbrio do adsorbato na fase sólida (mg g^{-1}); $q_{m\acute{a}x}$ a capacidade máxima de adsorção do adsorvente (mg g^{-1}), isto é, o número total de sítios disponíveis no material adsorvente; C^* a concentração de equilíbrio de adsorbato no seio da fase líquida (mg L^{-1}); b_L a constante de afinidade de Langmuir (L mg^{-1}), que representa a razão entre as taxas de adsorção e dessorção.

2.2 MODELAGEM DO FLUXO NA FASE LÍQUIDA

Usualmente, o modelo de dispersão axial representa adequadamente o fluxo do fluido através da coluna empacotada apresentado na Equação 2 (Ruthven, 1998).

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\rho_L}{\varepsilon_L} \frac{\partial q}{\partial t} + u_0 \frac{\partial C}{\partial z} = D_{ax} \frac{\partial^2 C}{\partial z^2} \quad (2)$$

Sendo C a concentração de adsorbato no seio da fase líquida (mg L^{-1}), q a concentração de adsorbato na fase sólida (mg g^{-1}), ρ a densidade do leito, ε a porosidade do leito, u_0 a velocidade intersticial da solução no leito (cm s^{-1}), D_{ax} é o coeficiente de dispersão axial ($\text{cm}^2 \text{s}^{-1}$), z sé a coordenada axial, positiva na direção do fluxo e t é a coordenada de tempo.

Para a solução da Equação 2 foram utilizadas as seguintes condições iniciais:

$$C(z,0) = 0 \quad (3)$$

$$q(z,0) = 0 \quad (4)$$

As condições de contorno utilizadas são apresentadas nas Equações 5 e 6.

$$u_0(C(0,t) - C_0) = D_{ax} \frac{\partial C(0,t)}{\partial z} \quad (5)$$

$$\frac{\partial C(L,t)}{\partial z} = 0 \quad (6)$$

Sendo C_0 a concentração do corante na fase líquida na alimentação (mg L^{-1}) e L o comprimento total do leito.

2.3 MODELAGEM NA FASE SÓLIDA

O mecanismo de transferência na fase sólida é estudado por meio dos modelos para a taxa de adsorção. Neste trabalho, o modelo de difusão nos poros do sólido adsorvente foi utilizado para representar a taxa de adsorção do processo (Equação 7) conhecido também como *Linear Driving Force* (LDF).

$$\frac{dq}{dt} = K_s (q^* - q) \quad (7)$$

Este modelo considera apenas a resistência à transferência de massa no sólido adsorvente. Para tanto, faz a suposição de que não existe gradiente de concentração de adsorbato na fase fluida ($C \approx C^*$), como consequência, a resistência à transferência de massa no filme líquido externo pode ser desconsiderada (Marin, 2013).

2.4 RESOLUÇÃO DOS MODELOS MATEMÁTICOS

Para a resolução dos modelos matemáticos que descrevem a dinâmica de adsorção em coluna de leito fixo, realizou-se a discretização das equações apresentadas utilizando o método das linhas, que emprega o uso das derivadas aproximadas na variável espacial, transformando, assim, as equações diferenciais parciais (tempo e espaço) em um sistema de equações diferenciais ordinárias (tempo).

3 | ESTIMATIVA DE VARIÁVEIS DE ESTADO

A abordagem bayesiana de filtro de partículas foi desenvolvida para estimar variáveis de estado de sistemas que são alteradas ao longo do tempo. Muitos fenômenos físicos são bastante complexos como a adsorção e apresentam dinâmica não-linear de difícil estimação.

Para problemas desse tipo, os dados disponíveis são usados junto com o conhecimento prévio sobre os fenômenos físicos e os dispositivos de medição

para produzir estimativas sequenciais das variáveis dinâmicas desejadas (Kaipio e Somersalo, 2004) com o auxílio de métodos numéricos de integração difundidos em estatística a partir do aumento do poder computacional, como o filtro de partículas SIR (Mata, 2017).

A fim de evitar a degeneração das partículas e conseqüentemente o esforço computacional, o filtro SIR realiza a reamostragem das partículas a cada avanço no tempo. Outra forma de evitar esse problema é aumentar o número de partículas (Estumano, 2016).

No filtro SIR, as partículas com menor peso são descartadas e novas partículas são geradas próximas às regiões de maior probabilidade e isto é feito indiscriminadamente em todos os tempos. O algoritmo da técnica é apresentado a seguir:

1. Início

1.1 Tome um conjunto de partículas de distribuição inicial $\pi(x_0)$ e obtenha $\{(x_0^i, w_0^i); i = 1, \dots, N\}$

Fazer $t = 1$

2. Avaliação dos Pesos:

2.1 Avançar os estados no tempo $t-1$ para o tempo t utilizando o modelo de evolução do estado

2.2 Calcular novos pesos: $w_t^i = \pi(z_t | x_{t-1}^j)$

2.3 Normalizar os pesos: $\hat{w}_t^i = \frac{w_t^i}{\sum_{i=1}^N w_t^i}$

3. Reamostragem

3.1 Construir a soma dos pesos acumulativos, sendo computada por $c_i = c_{i-1} + w_t^i$ para $i = 2, \dots, N$, com $c_1 = 0$

3.1.2 Assumir $i=1$ e gerar u_1 de uma distribuição uniforme $U[0, N^{-1}]$

3.1.3 Para $j = 1, \dots, N$ fazer $u_j = u_1 + N^{-1}(j-1)$.

Enquanto $u_j > c_i$ fazer $i = i+1$

Designar as partículas $x_t^j = x_t^i$

Designar os pesos para $w_k^j = N^{-1}$

4. Cálculo da estimativa do estado atual

$$\pi(x_t|z_t) \approx \sum_{i=1}^N x_t^i \widehat{w}_t^i$$

Fazer $t = t + 1$, se $t = f_{\text{final}} + 1$, parar.

Com as novas partículas, retornar ao passo 2.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os parâmetros utilizados para a resolução do problema da adsorção tomando como base o modelo de dispersão axial com a taxa de adsorção regida pela resistência à transferência de massa na partícula adsorvente e considerando o equilíbrio de Langmuir são apresentados na Tabela 1.

Parâmetro	Valor
Comprimento do Leito L	12 cm
Velocidade intersticial u_0	0,1 cm s ⁻¹
Porosidade do leito ε	0,4
Densidade do leito ρ	1,5 g cm ⁻³
Coefficiente de dispersão axial D_{ax}	8 10 ⁻¹⁴ cm ² s ⁻¹
Capacidade máxima de adsorção $q_{m\acute{a}x}$	1 mg g ⁻¹
Constante de afinidade de Langmuir b_L	0,5 L mg ⁻¹
Concentração inicial do adsorbato C_0	30 mg L ⁻¹

Tabela 1: Parâmetros necessários para a resolução dos modelos

Inicialmente é analisado apenas o modelo direto para diferentes velocidades intersticiais, v . As diferentes curvas de ruptura são apresentadas na Figura 1.

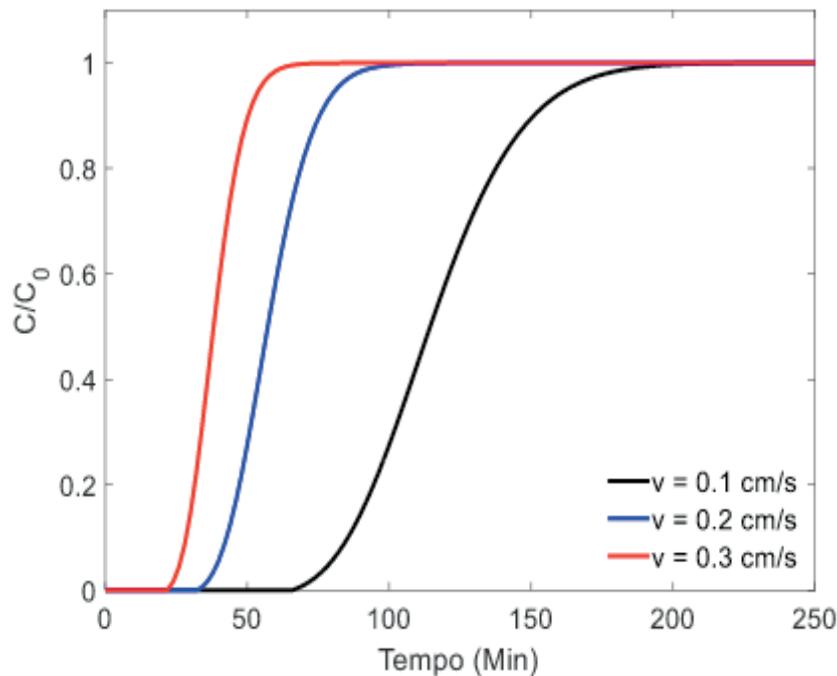


Figura 1: Curvas de ruptura para diferentes velocidades intersticiais.

Verifica-se na figura acima que para menores velocidades, a saturação ocorre mais lentamente, fato que condiz com a física do problema analisado. Dessa maneira, a solução do modelo direto foi verificada.

A geração de medidas simuladas foi realizada a partir da resolução do modelo direto, obtendo-se as estimativas para a variável de estado C/C_0 . Tais medidas simulariam os dados experimentais nas condições anteriormente estabelecidas.

As Figuras 2 e 3 apresentam os resultados das estimativas para diversos valores de incerteza de modelo σ_{mod} e de incerteza de medidas σ_{med} . Os resultados para todos os casos analisados apresentam excelentes estimativas entre os valores medidos e estimados via algoritmo SIR, dentro de um intervalo de credibilidade de 99%.

Observa-se que o erro de medidas e de modelo tem influência sobre as estimativas e mesmo alterando seus níveis de incerteza, verifica-se que a estimativa está qualitativamente de acordo com a solução exata em todos os casos de incerteza analisados.

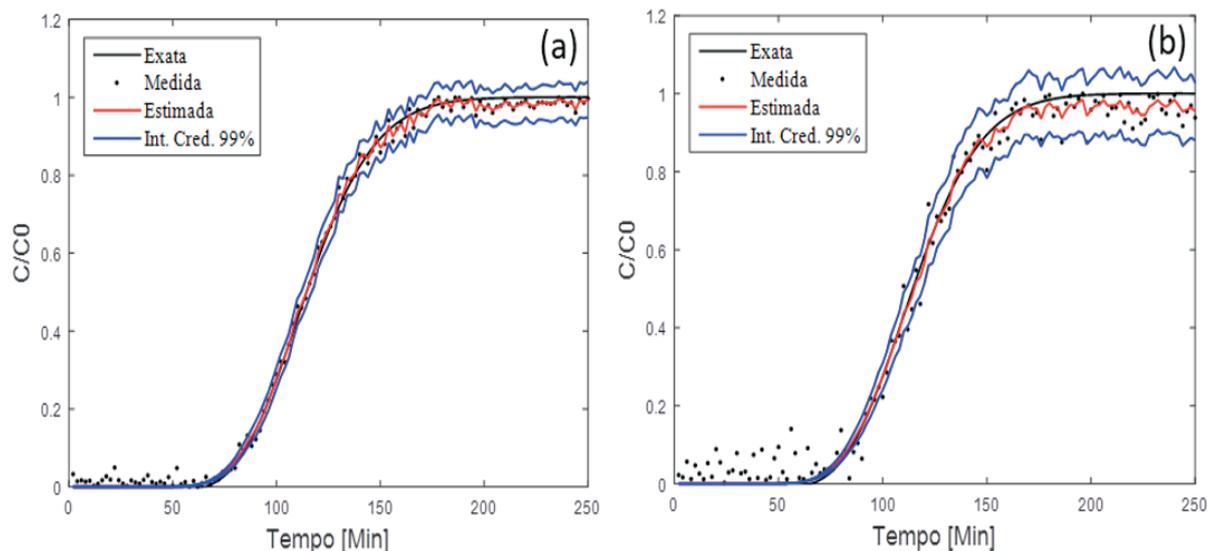


Figura 2: Comparação de C/C_0 estimado com medida simulada e solução exata em $z = L$, para (a) para $\sigma_{med} = 0,02$ e $\sigma_{mod} = 0,02C/C_0$ e (b) para $\sigma_{med} = 0,05$ e $\sigma_{mod} = 0,02C/C_0$

As Figuras 2-a,b mostram que o aumento da incerteza nas medidas afeta a estimativa, distanciando-a das medidas experimentais. O comportamento inverso é observado na Figura 3, no qual o aumento da incerteza de modelo para σ_{mod} igual a 5% de C/C_0 faz com que a estimativa permaneça em maior concordância com as medidas experimentais e não com a solução do modelo.

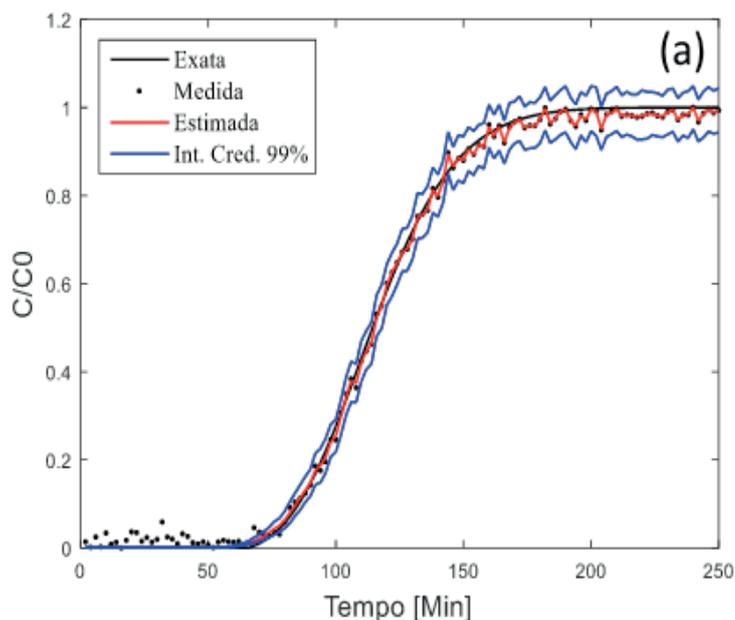


Figura 3: Comparação de C/C_0 estimado com medida simulada e solução exata em $z = L$ para $\sigma_{med} = 0,02$ e $\sigma_{mod} = 0,05C/C_0$

4.1 ESTIMATIVAS AO LONGO DA VARIÁVEL ESPACIAL

Feito o estudo da incerteza, foi possível estimar a variável de estado onde não se obtém medidas experimentais, ou seja, ao longo do comprimento do leito. A Figura 4 mostra o resultado da solução exata e estimada em 25, 50 e 75% do comprimento

do leito L . Essa predição é mais adequada para com baixos valores de incerteza de medidas como foi visto anteriormente.

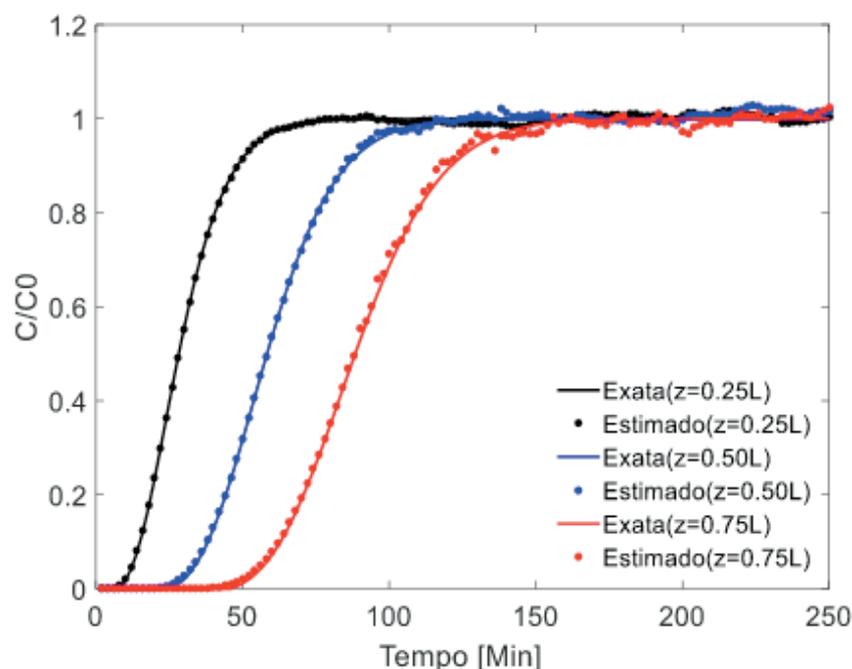


Figura 4: Comparação de C/C_0 estimado com medida simulada e solução em vários valores de z com $\sigma_{\text{med}} = 0,05$ e $\sigma_{\text{mod}} = 0,05C/C_0$

Isso fornece informações sobre o comportamento da curva de ruptura e conseqüentemente de como ocorre a adsorção ao longo do leito. Pode-se extrair o valor da capacidade de adsorção máxima do adsorvente até comprimento z do leito pela área sobre a curva estimada, por exemplo.

4.2 RMS: Análise do erro

A medida de precisão utilizada nesse trabalho foi o Root Mean Square (RMS). O algoritmo do Filtro SIR foi aplicado de 50 a 1000 partículas conforme a Figura 5. Para o modelo adotado, observou-se que o aumento do número de partículas resultou em erros relativos menores, visto que quanto mais partículas utilizar maior será a probabilidade de representar as estimativas com a probabilidade de interesse. Além disso, observou-se que quanto maior for a fonte de incerteza, seja do modelo ou das medidas, maior é o erro RMS.

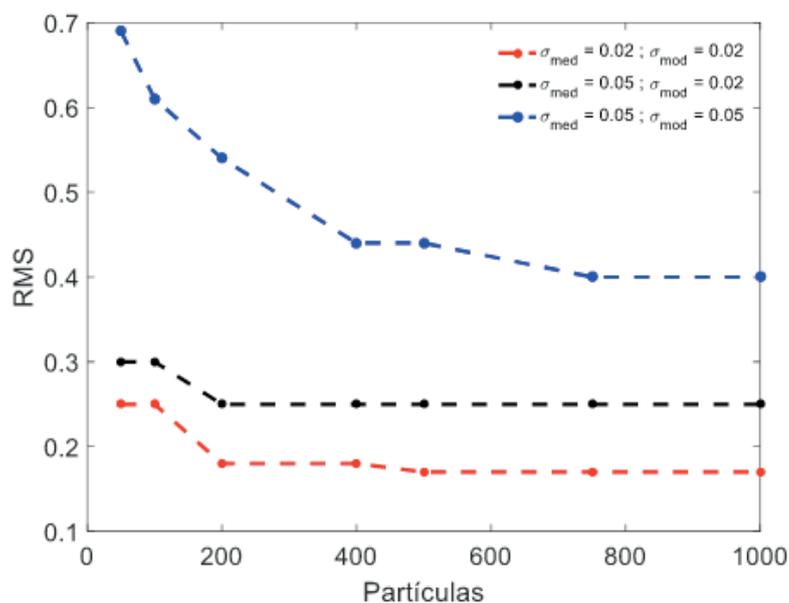


Figura 5: Análise do erro RMS para diferentes níveis de incerteza

5 | CONCLUSÃO

Neste trabalho, avaliou-se o comportamento da curva de ruptura do modelo *Linear Driving Force* para medidas simuladas por meio da técnica bayesiana de filtro de partículas SIR.

Ao se aplicar o filtro SIR, obtiveram-se estimativas da variável de estado coerentes com as medidas simuladas dentro do intervalo de credibilidade estabelecido. De acordo com os resultados, observou-se que a estimativa é regularizada pela alteração das incertezas de medida e de modelo apresentando a melhor estimativa para menores valores de ambos.

Além disso, a técnica bayesiana forneceu estimativas das variáveis de estado onde não se obtém medidas experimentais e o filtro SIR possibilitou a diminuição do RMS na estimativa com o aumento do número de partículas. Dessa forma, pode-se estender essa técnica a outros modelos matemáticos e assim prever e explicar a natureza complexa dos processos de adsorção.

6 | AGRADECIMENTOS

À CAPES, CNPq e FAPESPA pelo projeto Procad Amazônia 2018 número de processo 88881.200618/2018-01.

7 | NOMENCLATURA

q^* concentração de equilíbrio de na fase sólida (mg g^{-1})

$q_{m\acute{a}x}$	capacidade máxima de adsorção do adsorvente (mg g ⁻¹)
C^*	concentração de equilíbrio de adsorbato no seio da fase líquida (mg L ⁻¹)
bL	constante de afinidade de Langmuir (L mg ⁻¹)
C	concentração do adsorbato na saída da coluna (mg L ⁻¹)
L	comprimento do leito (cm)
C_0	concentração inicial (mg L ⁻¹)
q	concentração de adsorbato na fase sólida (mg g ⁻¹)
ρ	densidade do leito (g cm ⁻³)
ϵ	porosidade do leito
u_0	velocidade intersticial da solução no leito (cm s ⁻¹)
D_{ax}	coeficiente de dispersão axial (cm ² s ⁻¹)
z	coordenada axial
t	coordenada de tempo.
KS	coeficiente de transferência de massa no sólido (s ⁻¹)
σ_{mod}	incerteza de modelo
σ_{med}	incerteza de medidas
<i>SIR</i>	<i>Sequential Importance Resampling</i>
<i>RMS</i>	<i>Root Mean Square</i>

REFERÊNCIAS

- BORBA, C. E. (2006), **Modelagem da Remoção De Metais Pesados Em Coluna De Adsorção De Leito Fixo**. Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas – Campinas – SP, 163 p. (dissertação de mestrado).
- DOUCET, A., DE FREITAS, N., & GORDON, N. (2001). **An introduction to sequential Monte Carlo methods**. In *Sequential Monte Carlo methods in practice* (pp. 3-14). Springer, New York, NY
- ESTUMANO, D. C. (2016), **Estimativa de parâmetros e variáveis de estado de modelos aplicados  neurnios citomeglicos utilizando dados experimentais do protocolo de tensão fixa**. UFRJ/ COPPE – Rio de Janeiro – RJ, 233 p. (dissertação de doutorado).
- HOMEM, E. M. (2001), **Remoção de chumbo, níquel e zinco em zeólita utilizando sistema de leito fluidizado**. Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas – Campinas – SP, 112 p. (dissertação de mestrado).
- KAPIO, J.P., SOMERSALO, E. (2002), **Estimating Anomalies From Indirect Observations**, *Journal of Computational Physics*, vol.181, pp-398-406.
- LUZ, A. D. (2012), **Aplicação De Coluna De Adsorção Em Leito Fixo Para A Remoção De Compostos Btx Multicomponentes Presentes Em Efluentes Petroquímicos**. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico - Florianópolis – SC, 193 p. (Tese de Doutorado).
- MARIN, P. (2013). **Remoção do corante azul reativo 5G em coluna de leito fixo empacotada com adsorvente comercial Dowex Optipore SD-2**. Programa de ps-graduação stricto sensu em Engenharia química, Universidade Estadual Do Oeste Do Paraná – Toledo – PR, 92 p. (dissertação de mestrado).
- MATA, A. (2017). **Seleção de Modelos e Estimção de Parâmetros No Tratamento Quimioterápico de Tumores via Inferência Bayesiana**. Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica,

Universidade Federal do Espírito Santo) – Vitória – ES, 62 p. (dissertação de mestrado).

OLIVEIRA, R. F. (2013), **Estudo da Adsorção De Cromo Hexavalente Em Altas Concentrações**. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, - Porto Alegre – RS, 80 p. (dissertação de mestrado).

RUTHVEN, D. M., (1984). **Principles of Adsorption and Adsorption Processes**. John Wiley & Sons, Ltd, New York

SOUZA, R. S., CARVALHO, S. M. L., GARCIA JÚNIOR, M. L. R., & SENA, R. S. F. (2009). **Adsorção de cromo (VI) por carvão ativado granular de soluções diluídas utilizando um sistema batelada sob pH controlado**. Acta Amazonica, 39(3), 661-8.

WEBER, JR., W. J., SMITH, E.H. **Simulation and design models for adsorption processes**. Environ. Sci. Technol, v. 21, p. 1040-1050, 1987.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Aedes aegypti 181, 182, 189, 190, 191
Algoritmo 37, 49, 64, 65, 69, 76, 77, 78, 90, 92, 192, 197, 199, 201, 210
Análise do coeficiente de sensibilidade 66, 67, 78, 83, 91, 93
Atividade alelopática 164, 165, 166, 171
Atividade fitotóxica 173, 174

B

Balanço Populacional 59, 60, 61, 62, 63, 70, 73, 74, 75, 83, 84

C

Carvão mineral 26, 28, 32, 33, 220
Coeficiente de aglomeração 62, 63, 65, 66
Comportamento reológico 34, 36, 38, 40, 41, 42, 43
Concentrador solar 1, 3, 4, 5, 9, 11
Concentrador solar biangular 1, 3, 4, 11
Conselho Regional de Química 152, 153
Curva de ruptura 85, 86, 87, 89, 96, 97, 192, 194, 201, 202
Custos de produção 140, 141, 142, 143, 144, 145, 148, 150

E

Energia solar 1, 3, 5, 6, 10, 11
Energias renováveis 1, 2
Ensino 32, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 136, 137, 138, 139, 159, 160, 161, 162, 164, 173
Extração sólido-líquido 1, 2, 3, 4

F

Fibras de coco 100, 102, 103, 105, 106, 107, 109, 112, 113, 114, 115
Fiscalização do CRQ 152, 153

G

Gaseificação do carvão 26, 32

H

Hidrólise de matérias graxas 44, 45, 46, 56

I

Imobilização de lipase 12, 21, 23

J

Jogos didáticos 130, 131, 133, 134, 138

L

Larvicidal activity 181, 183, 186, 187, 190

Lixiviação 1, 2, 3, 5, 6

Lixiviação assistida por energia solar 5, 6

M

Maceração 40, 100, 101, 102, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 168

Modelo de balanço populacional 62, 63, 73, 83

Monte Carlo via Cadeia de Markov 59, 60, 64, 67, 70, 73, 74, 76, 79, 83, 85, 89, 97

O

Óleo de Baru 1, 6, 9, 10

Oxidação do tolueno 116, 121

P

Perda ao fogo 26, 27, 29, 30, 31, 32

Polpa de cupuaçu 34, 36, 37, 38, 40, 41, 42

Processo de adsorção 85, 86, 87, 89, 97, 192, 194

Q

Quiz educativo 159, 160, 161, 162

R

Reação de dupla troca 123, 125

Reamostragem por importância 192

Resíduo agroindustrial 12, 14

Resíduo agroindustrial do café 12

S

Simulador de processos 116, 117

Sistemas particulados 10, 59, 60, 65, 70, 151

Superpro Designer 140, 141, 143, 144, 148, 150

Sustentabilidade 1, 114

T

Tabela Periódica 130, 131, 133, 134, 136, 137, 138, 139, 159, 160, 161, 163

Taxa de crescimento por coagulação 66

U

Unidade experimental de extração sólido-líquido 4

V

Variáveis de estado 44, 45, 47, 51, 54, 55, 56, 57, 74, 75, 77, 78, 80, 81, 82, 83, 85, 192, 194, 196, 202, 203, 206, 210, 218, 224, 225, 227

 **Atena**
Editora

2 0 2 0