

# 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](http://www.atenaeditora.com.br)  
[contato@atenaeditora.com.br](mailto: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

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
EXTRAÇÃO SÓLIDO-LÍQUIDO DE ÓLEO DE BARU ASSISTIDA POR ENERGIA SOLAR	
Caroline Santos Silva Lucas Rodrigo Custódio Kássia Graciele dos Santos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5152024031</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>12</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5152024032</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>26</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5152024033</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>34</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5152024034</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>44</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5152024035</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>59</b>
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  
PARAMETROS 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  
Osvaldo Chiavone-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  
Raílda 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  
Raílda 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 LEITÃO 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 DE VARIÁVEIS DE ESTADO EM MODELO DE HIDRÓLISE DE MATÉRIAS GRAXAS

Data de submissão: 03/12/2019

Data de aceite: 16/03/2020

### Camila Santana Dias

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

Belém – Pará

<http://lattes.cnpq.br/2323233702721580>

### Leandro Santos Monteiro

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

Belém – Pará

<http://lattes.cnpq.br/1473089897349088>

### Bruno Marques Viegas

Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos (PPGEP)

Belém – Pará

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

### Diego Cardoso Estumano

Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos (PPGEP)

Belém – Pará

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

### Nielson Fernando da Paixão Ribeiro

Universidade Federal do Pará, Faculdade de Engenharia Química

Belém – Pará

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

**RESUMO:** A hidrólise de matérias graxas, constitui importante etapa no processo de obtenção de biocombustíveis via rota de hidroesterificação. A fim de contribuir para a abrangência de suas potenciais aplicações, este trabalho avalia a cinética de reação utilizando o filtro de partícula SIR, com objetivo de obter estimativas de parâmetros e variáveis de estado. As análises foram executadas variando-se o número de partículas utilizadas e as incertezas atribuídas ao modelo e às medidas. A análise de tais variações mostraram não ser interessante atribuir valores muito baixos, como 5%, para incerteza de modelo, a fim de que o fenômeno de empobrecimento da amostra seja evitado. O erro RMS, aponta o filtro de partícula SIR como eficaz para análise da cinética química de hidrólise de matérias graxas e que o modelo empregado foi capaz representar o fenômeno físico mesmo em cenários em que não haviam medidas para todas as variáveis de estado ou eram elevadas as incertezas atribuídas a elas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Filtro de Partícula, SIR, Hidrólise de matérias graxas

### ESTIMATION OF STATE VARIABLES IN FATTY MATTER HYDROLYSIS

**ABSTRACT:** The hydrolysis of fatty materials is an important step in the process of obtaining biofuels via the hydroesterification route. To

contribute to the scope of its potential applications, this work evaluates the reaction kinetics using the SIR particle filter, with the objective of obtaining parameter and state variable estimates. The analyses were performed by varying the number of particles used and the uncertainties attributed to the model and measurements. The analysis of such variations showed that it was not interesting to assign very low values, such as 5%, to model uncertainty, so that the phenomenon of sample impoverishment could be avoided. The RMS error points out the SIR particle filter as effective for analysis of chemical kinetics of fatty matter hydrolysis and that the model employed was able to represent the physical phenomenon even in scenarios where there were no measurements for all state variables or were elevated. uncertainties attributed to them.

**KEYWORDS:** Particle filter, SIR, hydrolysis of fatty materials.

## 1 | INTRODUÇÃO

O interesse em processos que possuam etapas mais eficientes e baratas para obtenção de biocombustíveis engajam a demanda por constantes pesquisas nessa área. A hidroesterificação, é um processo considerado recente dentro deste contexto, e vem se estabelecendo como uma forma de contornar problemas relacionados aos métodos convencionais de produção de biocombustíveis a partir de óleos e gorduras.

A etapa de hidrólise dentro da rota de hidroesterificação possibilita o uso de qualquer material graxo, independente da acidez e umidade que possuam, permitindo a utilização tanto de insumos com algum grau de refino como rejeitos. Desta forma, há um grande diferencial ao se comparar a hidroesterificação a outros processos convencionais, como a transesterificação, que exige matérias primas semi-refinadas, além de apresentar dificuldades de separação entre biodiesel e glicerina (TAPANES et al., 2013).

A glicerina, por sua vez pode ser aplicada em muitos processos e produtos, tais como: produção de biogás, indústria médico farmacêutica, indústria de cosmético (emoliente), indústria química na produção de emulsificantes, solventes para tintas e vernizes, lubrificante, compósitos (plásticos biodegradáveis) e substrato para processos biotecnológicos. Além destas aplicações, a glicerina é também uma matéria prima potencial para a produção de hidrogênio (H<sub>2</sub>) e gás de síntese (BATISTELLA et al., 2011).

Neste contexto, este trabalho tem por objetivo aplicar o filtro de partícula SIR no processo de estimativa de posterioris das variáveis de estado (VE) de um modelo que visa representar cinética da reação de hidrólise de matérias graxas a fim de contribuir para a abrangência de suas potenciais aplicações.



## 2 | HIDRÓLISE DE MATÉRIAS GRAXAS

A hidrólise é geralmente descrita na literatura como uma sequência de reações reversíveis, onde o triglicerídeo é hidrolisado a diglicerídeo, este a monoglicerídeo e então ao glicerol, formando ácidos graxos em todas as etapas. Alguns pesquisadores (PINTO e LANÇAS, 2006; PATIL et al., 1988) concordam em afirmar que trata-se de uma reação homogênea de primeira ordem que ocorre na fase oleosa. O estudo de Moquim e Temelli (2007) detalha essa reação em etapas reversíveis, conforme as Equações (2.1)-(2.4):



Com TAG, DAG, MAG, FFA e GLY, representando triglicerídeos, diglicerídeos, monoglicerídeos, ácidos graxos livres e glicerol, respectivamente. A reação (2.4) pode ocorrer em altas temperaturas na mistura de óleos. Baseado nas Equações (2.1) – (2.4) a taxa de transformação para cada um dos componentes pode então ser descrita pelas seguintes equações diferenciais

$$\frac{d[TAG]}{dt} = -k_5[TAG][MAG] + k_6[DAG]^2 - k_7[TAG][H_2O] + k_8[DAG][FFA] \quad (2.5)$$

$$\frac{d[DAG]}{dt} = k_5[TAG][MAG] - k_6[DAG]^2 + k_7[TAG][H_2O] - k_8[DAG][FFA] - k_9[DAG][H_2O] + k_{10}[MAG][FFA] \quad (2.6)$$

$$\frac{d[MAG]}{dt} = -k_5[TAG][MAG] + k_6[DAG]^2 + k_9[DAG][H_2O] - k_{10}[MAG][FFA] - k_{11}[H_2O][MAG] - k_{12}[GLY][FFA] \quad (2.7)$$

$$\frac{d[FFA]}{dt} = k_7[TAG][H_2O] - k_8[DAG][FFA] + k_9[DAG][H_2O] - k_{10}[MAG][FFA] + k_{11}[H_2O][MAG] - k_{12}[GLY][FFA] \quad (2.8)$$

$$\frac{d[GLY]}{dt} = k_{11}[H_2O][MAG] - k_{12}[GLY][FFA] \quad (2.9)$$

$$\frac{d[H_2O]}{dt} = -k_7[TAG][H_2O] + k_8[DAG][FFA] - k_9[DAG][H_2O] + k_{10}[MAG][FFA] - k_{11}[H_2O][MAG] + k_{12}[GLY][FFA] \quad (2.10)$$

O modelo cinético descrito nas Equações (2.5)-(2.10), conforme descrito por Moquim e Temelli (2007), foi utilizado neste trabalho sob o ponto de vista da inferência bayesiana, de modo a inferir sobre as variáveis de estado.

### 3 | PROBLEMA INVERSO

A solução de um problema inverso consiste na determinação de causas desconhecidas baseada na observação de seus efeitos. Em contraste com o correspondente problema direto, cuja solução envolve encontrar efeitos baseando-se numa completa descrição de suas causas (ALIFANOV, 1994; HADAMARD, 1923).

Por ter abrangência interdisciplinar, os estudos na área de problemas inversos têm construído ao longo dos anos, um relevante número de aplicações e metodologias capazes de fazer correspondência entre um modelo matemático e seus dados experimentais. Seu uso faz parte de um novo paradigma de pesquisa, em que as simulações computacionais e dados experimentais não são realizadas isoladamente, mas sim de forma interativa, a fim de que o máximo de informações sobre o problema físico em questão seja obtido com as duas análises (SILVA NETO e MOURA NETO, 2013; OZISIK e ORLANDE, 2000).

### 4 | INFERÊNCIA BAYESIANA

Para que um determinado sistema ou processo possa ser analisado é necessário que se tenham informações a seu respeito, por exemplo, valores de quantidades físicas capazes de se autodescrever e descrever seus ambientes. Nesse sentido, dois tipos

de fontes de informação estão disponíveis: o conhecimento a priori e conhecimento empírico. Este último é o conhecimento obtido pela observação. Já o conhecimento *a priori* é o conhecimento que se tinha antes de uma dada observação se tornar disponível (isto não implica que o conhecimento a priori seja obtido sem qualquer observação). A combinação destes, por sua vez, leva ao conhecimento da posteriori. A *posteriori* traz informações mais precisas e completas se comparada ao conhecimento empírico sozinho. Uma vez que nem sempre o que se observa em um sistema, pode ser representado de maneira explícita, tornando a medida direta de seus sinais pouco acessíveis ou mesmo ineficientes (HEIJDEN et al., 2004). A abordagem sob a ótica Bayesiana permite a combinação dessas duas fontes de informações: *a priori* e o que pode ser medido experimentalmente, a fim de obter inferências na forma de distribuição de probabilidade a posteriori a respeito dos parâmetros do modelo que se considera descrever o sistema analisado (GELMAN et al., 2004). Conforme mostrado pelo teorema de Bayes representado pela Equação (4.1)

$$\pi(\mathbf{P} | \mathbf{Y}) = \frac{\pi(\mathbf{Y} | \mathbf{P})\pi(\mathbf{P})}{\pi(\mathbf{Y})} \quad (4.1)$$

O denominador  $\pi(\mathbf{Y})$  funciona como uma constante de normalização. Assim a distribuição de probabilidade *a posteriori*  $\pi(\mathbf{P} | \mathbf{Y})$  é dado pelo produto de probabilidades entre *priori*  $\pi(\mathbf{P})$  e a verossimilhança (TURNER e ZANDT, 2012). Conforme mostra a Equação (4.2)

$$\pi(\mathbf{P} | \mathbf{Y}) \propto \pi(\mathbf{Y} | \mathbf{P})\pi(\mathbf{P}) \quad (4.2)$$

## 5 | FILTRO DE PARTÍCULAS

O Método de Monte Carlo Sequencial (Sequential Monte Carlo Methods – SMC) ou filtro de partículas é uma técnica cuja ideia básica é obter uma representação da densidade de probabilidade *a posteriori* por um conjunto de amostras aleatórias (ou partículas), e obter estimativas baseadas nessas amostras (ARULAMPALAM e RISTIC, 2000).

Há diversos filtros de partículas que foram desenvolvidos, sendo todos baseados no filtro SIS (Sequential Importance Sampling - SIS). Entre eles está o filtro amostragem por importância e reamostragem sequencial (SIR) (RISTIC et al., 2004).

O filtro amostragem por importância e reamostragem sequencial (Sequential Importance Resampling - SIR) foi desenvolvido a fim de evitar o problema da degeneração de partículas do filtro SIS. O fenômeno da degeneração, ocorre quando após algumas iterações do filtro de partícula padrão, todas, exceto uma partícula, terão peso insignificante. Esta degeneração implica em um grande esforço computacional

para atualização de partículas cuja contribuição é quase zero (ARULAMPALAM et al., 2002).

Em outras palavras, as partículas com pesos pequenos precisam ser avançadas no tempo da mesma forma que as partículas de peso grande. Este problema pode ser resolvido aumentando o número de partículas ou, de forma mais eficiente, selecionando as melhores partículas através de uma técnica de reamostragem (ESTUMANO, 2016). A Figura 1 traz um esquema das etapas do filtro SIR.

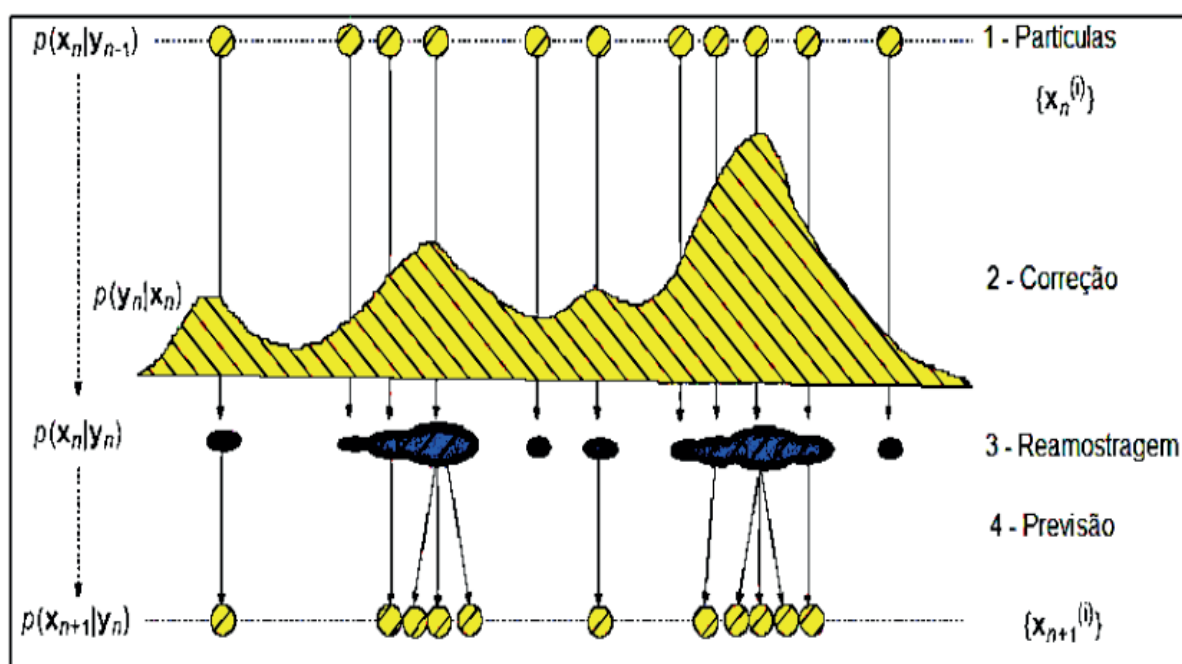


Figura 1: Etapas do filtro de partícula SIR.

Fonte: RUSLAN et al. 2012.

A Figura 1 apresenta um esquema do processo sequencial do filtro SIR. Onde primeiro as amostras iniciais são geradas, segundo os pesos da amostra é verificado usando a probabilidade da distribuição observada. Terceiro, a reamostragem é realizada para resolver o problema da degeneração, com as amostras sendo centralizadas em uma região específica. Quarto, um processo de atualização de tempo é executado. Então estas etapas são repetidas até que nenhuma outra observação seja encontrada.

## 6 | METODOLOGIA

O algoritmo utilizado na aplicação do filtro de partícula SIR, foi o de Ristic (2004) e seguiu a mesma sequência adaptada por Estumano (2016), conforme a sequência 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:

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

2.1 Calcular novos pesos:

$$w_t^i = \pi(z_t | x_{t-1}^i)$$

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

3. Reamostragem

3.1 Construir a soma dos pesos acumulativos, sendo computada por  $c_j = c_{j-1} + w_t^j$  para  $j = 2, \dots, N$ , 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

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

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

Com as novas partículas, retornar ao passo 2.

## 7 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela 1 mostra as variações feitas para análise do processo de estimativa.

Nº de Partículas	50	100	500	1000
$\sigma_{\text{med}}$	5%	10%	15%	-
$\sigma_{\text{mod}}$	5%	10%	15%	-

Tabela 1: Variações para o processo de estimativa



Em seu estudo sobre detecção e fechamento de válvulas em gasodutos, Lucumi (2015), ressaltou a importância de avaliar o número de partículas necessário para representar adequadamente as distribuições a posteriori das variáveis de estado.

Análise semelhante foi realizada neste trabalho e a Figura 2 compara os resultados da estimativa da posteriori para a variável de estado monoglicerídeo (MAG) utilizando 50, 100, 500 e 1000 partículas.

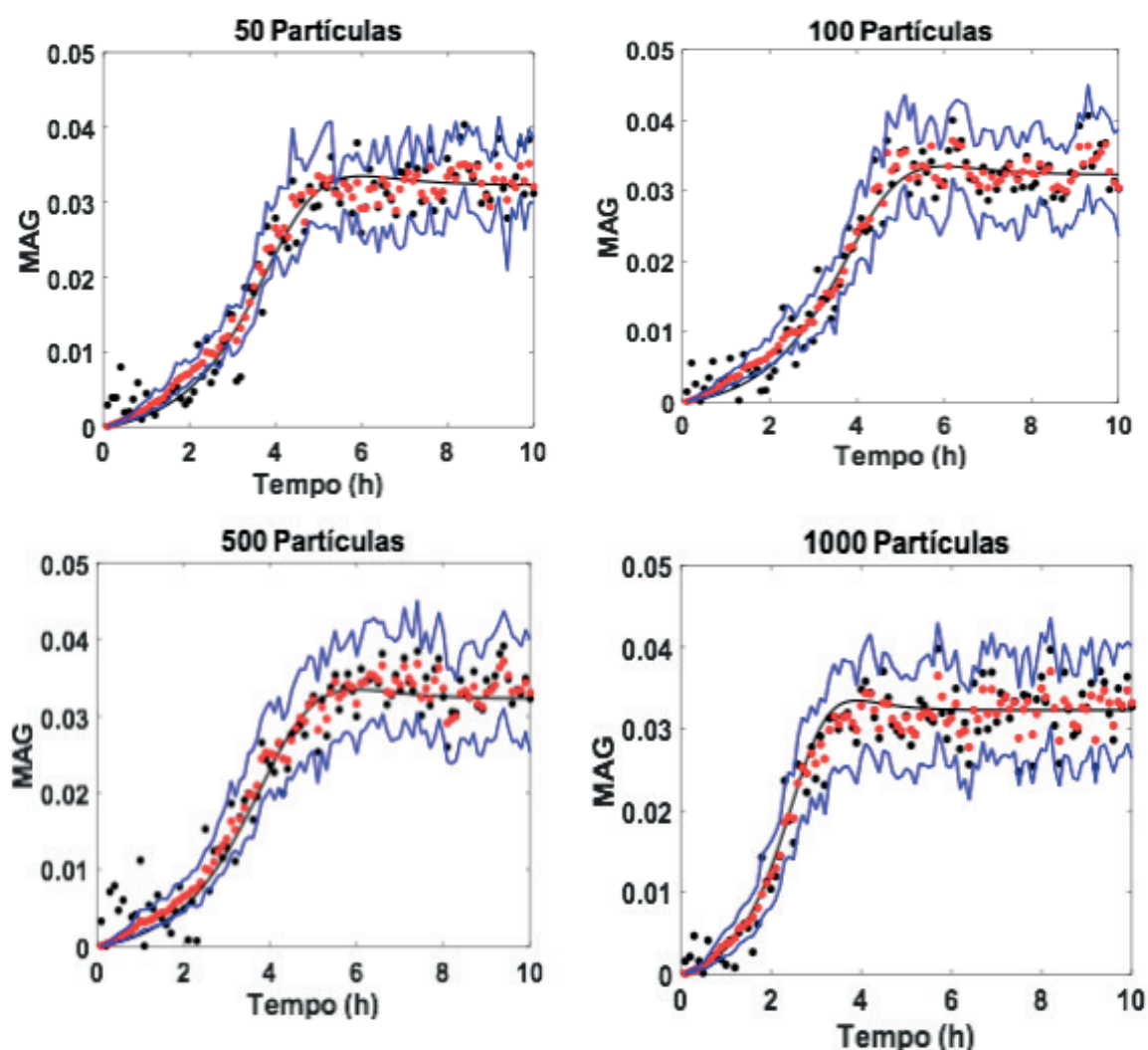


Figura 2: Estimativa da variável de estado MAG (marcador vermelho), solução do modelo direto (linha sólida preta), medidas simuladas (marcador preto) e intervalo de credibilidade (linha sólida azul) com  $\sigma_{mod} = 10\%$ ,  $\sigma_{med} = 10\%$  para 50, 100, 500 e 1000 partículas.

O aumento do número de partículas contribuiu para que os perfis da solução do modelo direto, medidas simuladas e estimativas ficassem melhor compreendidos dentro do intervalo de credibilidade. Este comportamento foi análogo às demais variáveis de estado.

Ao manter o desvio de modelo constante em 10% e aumentar o nível de incerteza nas medidas, observou-se conforme mostrado pela Figura 3, que a estimativa da posteriori da variável de estado foi recuperada mesmo para o maior nível de incerteza

admitido.

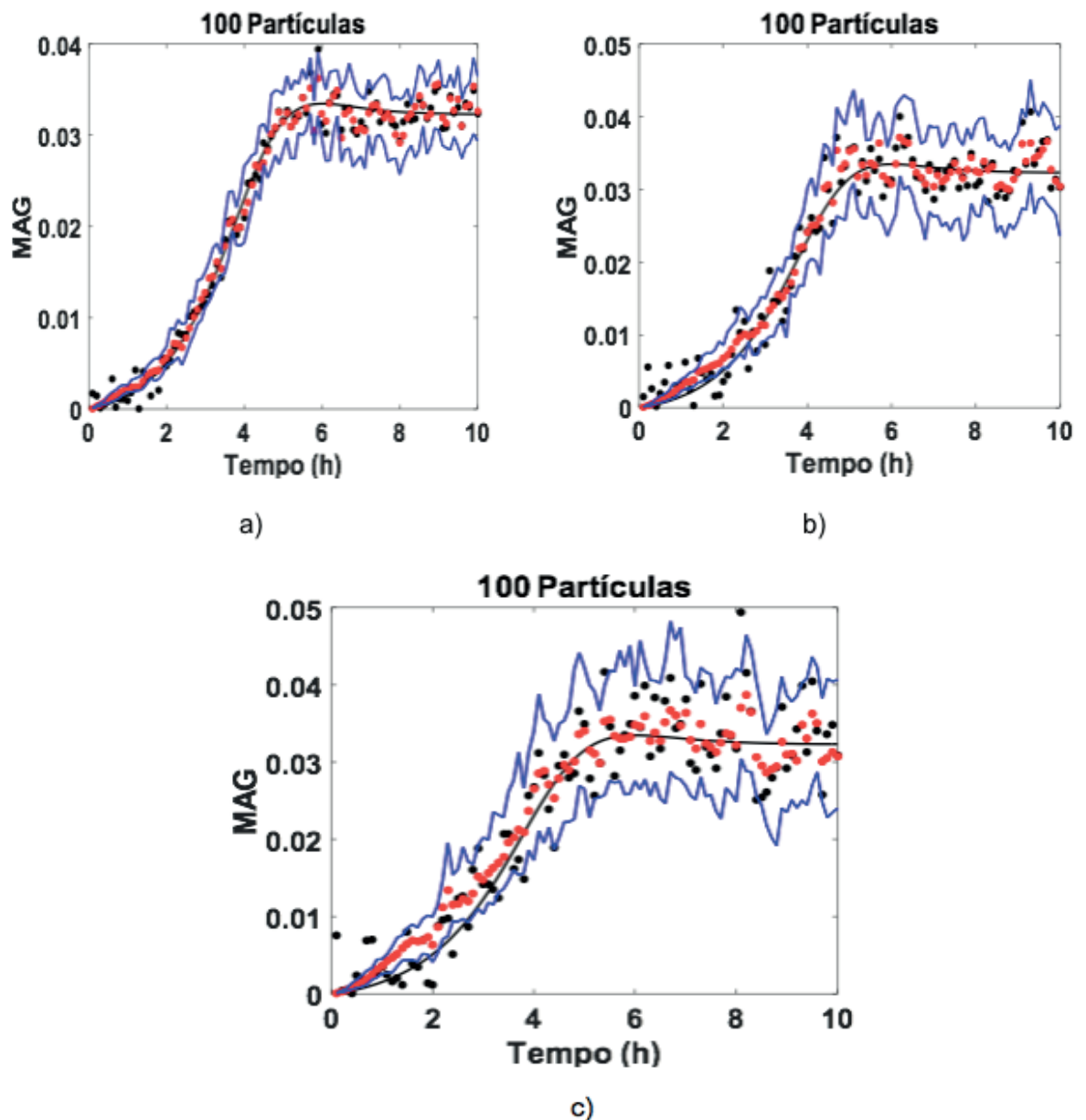


Figura 3 Estimativa da variável de estado MAG (marcador vermelho), solução do modelo direto (linha sólida preta), medidas simuladas (marcador preto) e intervalo de credibilidade (linha sólida azul) com  $\sigma_{\text{mod}} = 10\%$ , 100 partículas,  $\sigma_{\text{med}} = 5\%$  (a), 10% (b) e 15% (c).

Na Figura 3 a) considerou-se um baixo nível de incerteza para as medidas simuladas e observou-se que o perfil destas, bem como as estimativas, ficaram próximos à solução do modelo direto. Assim como para níveis mais elevados de incerteza ocorreu maior dispersão no comportamento das medidas, conforme mostrado na Figura 3 c), estando compreendidas pelo intervalo de credibilidade em todos os cenários analisados.

Na Figura 4 estão apresentadas as estimativas assumindo-se constante em 15% a incerteza das medidas e variando-se a incerteza atribuída ao modelo.

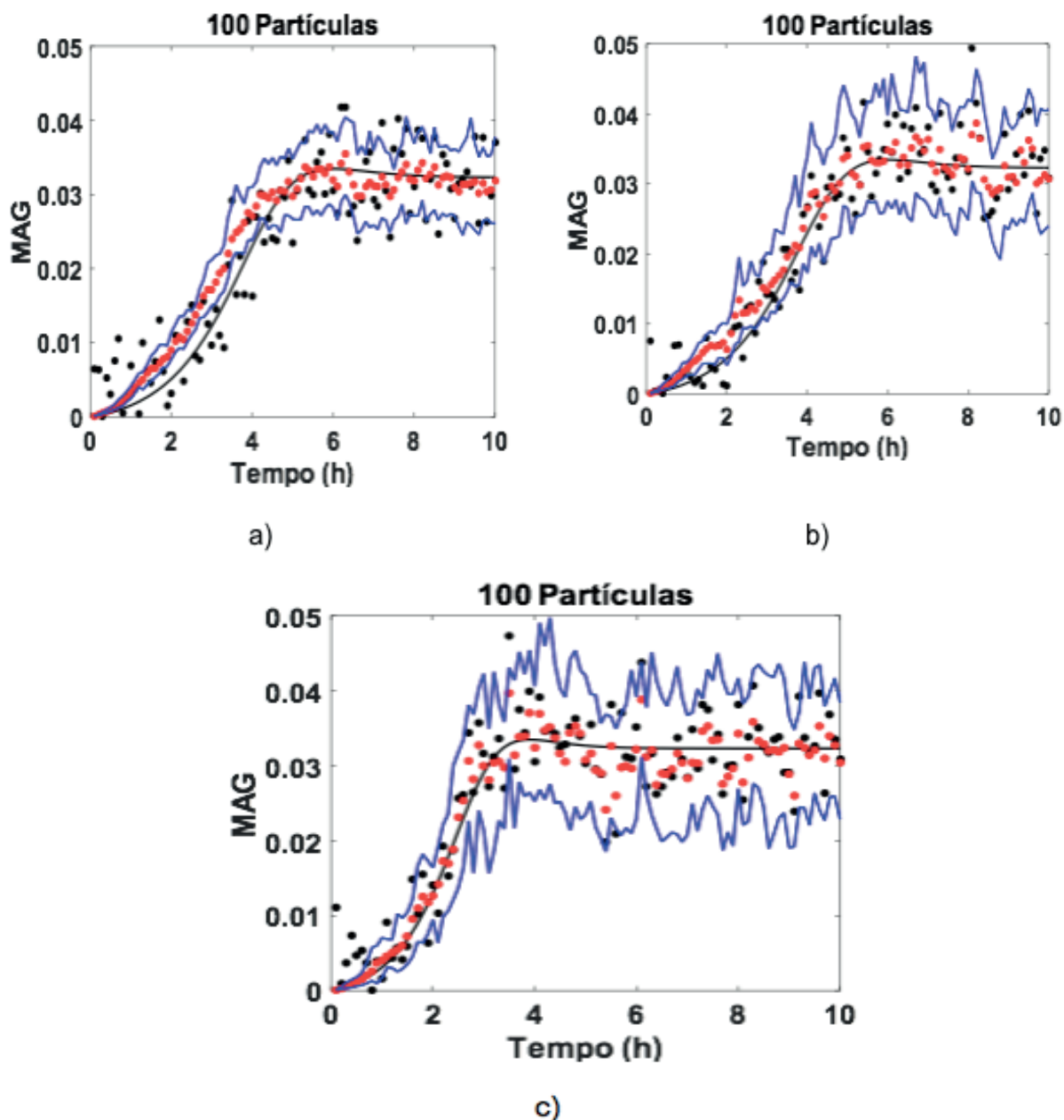


Figura 4 Estimativa da variável de estado MAG (marcador vermelho), solução do modelo direto (linha sólida preta), medidas simuladas (marcador preto) e intervalo de credibilidade (linha sólida azul) com  $\sigma_{\text{med}} = 15\%$ , 100 partículas,  $\sigma_{\text{mod}} = 5\%$  a), 10% b) e 15% c).

O intuito desta análise foi observar se o modelo seria capaz de recuperar resultados mesmo considerando um nível elevado de incerteza para as medidas.

A Figura 4 a) mostra que para um nível relativamente baixo de incerteza do modelo, parte da curva exata obtida da solução do problema direto está fora do intervalo de credibilidade.

Este comportamento pode ser justificado, segundo alguns autores (PITT e SHEPHARD, 1999; LUCUMI, 2015) como um fenômeno de empobrecimento da amostra, em que ocorre perda de diversidade e no processo de reamostragem a amostra resultante pode conter elevada quantidade de partículas repetidas. Podendo gerar consequências negativas nas estimativas em que se tenham pequenos ruídos no modelo de evolução de estado.

Na Figura 4 b) e c) as estimativas para variável de estado, bem como as medidas e

a solução do modelo direto encontram-se compreendidas no intervalo de credibilidade, apresentando, porém, maior dispersão já que a incerteza do modelo foi aumentada e a das medidas manteve-se em 15%.

Ao retirar informações dos intermediários MAG e DAG durante a reação, simulou-se um ambiente experimental onde a coleta de informação de um ou mais componentes fosse limitada. Mesmo considerando-se não possuir medida direta em MAG, a Figura 5 mostra que foi possível obter estimativas para esta variável de estado, com 10% de incerteza tanto para o modelo utilizado quanto para as medidas.

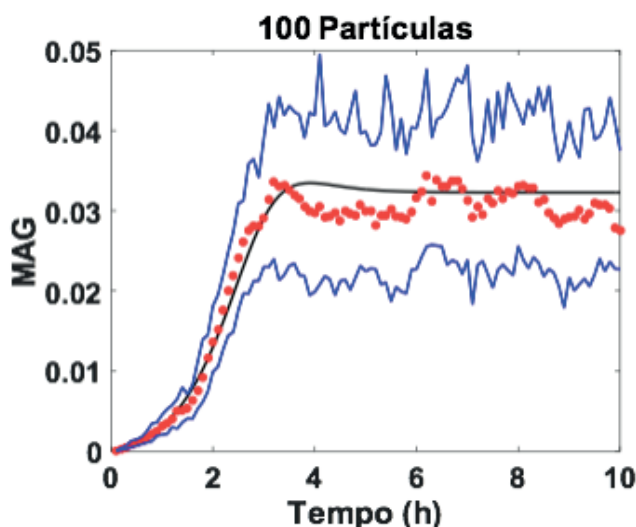


Figura 5: Estimativa da variável de estado MAG (marcador vermelho), solução do modelo direto (linha sólida preta) e intervalo de credibilidade (linha sólida azul) com  $\sigma_{\text{med}} = 10\%$ , 100 partículas,  $\sigma_{\text{mod}} = 10\%$ .

Em uma perspectiva mais complexa, considerou desconhecer informações de duas variáveis de estado, MAG e DAG, simultaneamente, obtendo-se os perfis destas, conforme a Figura 6. O filtro de partícula SIR demonstrou eficácia no processo de estimativa e o modelo foi capaz de representar o comportamento reacional em todos os cenários.

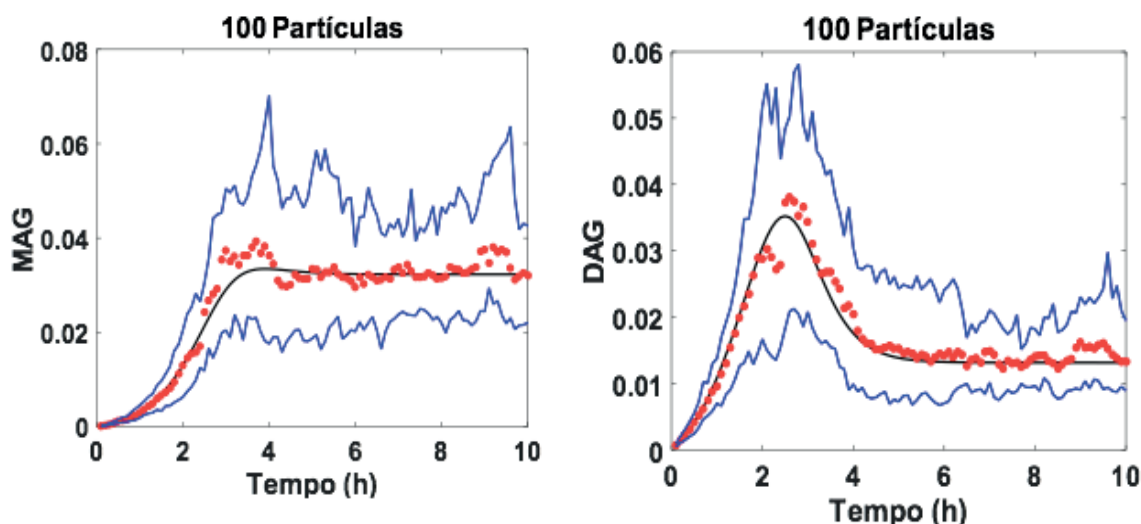


Figura 6: Estimativa das variáveis de estado MAG e DAG (marcador vermelho), solução do modelo direto (linha sólida preta) e intervalo de credibilidade (linha sólida azul) com  $\sigma_{med} = 10\%$ , 100 partículas,  $\sigma_{mod} = 10\%$ .

O erro médio quadrado ou RMS, é uma medida que representa o desvio padrão das diferenças entre os valores estimados e os valores reais observados, sendo uma boa medida de exatidão, pois mede a diferença entre dois conjuntos de dados e amplifica os grandes resíduos (FERNANDEZ, 2017). Conforme mostrado na Equação (7.1), foi utilizado a fim de comparar os cenários avaliados

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (Y^{Est} - Y^{Exato})^2} \quad (7.1)$$

Onde  $m$  é a quantidade de observações realizadas na simulação,  $Y^{Est}$  são os valores estimados pelo filtro para as variáveis de estado e  $Y^{Exato}$  os valores exatos.

A Tabela 2 resume os valores de RMS obtidos ao avaliar a quantidade de partículas utilizadas no filtro de partícula SIR e as incertezas atribuídas ao modelo e às medidas.

A análise do RMS mostrou com maior clareza a influência exercida ao considerar diferentes níveis de incerteza agregados ao modelo que visa representar o fenômeno físico analisado, bem como àquelas que geralmente são intrínsecos ao processo de medição.

Verificou-se também, uma característica da ferramenta utilizada para obtenção das estimativas, o número de partículas.

			RMS				
Part.	$\sigma_{mod}$	$\sigma_{med}$	MAG	DAG	TAG	FFA	GLY
50	10%	10%	0,0042	0,0647	0,0666	1,6250	0,1662
100	10%	10%	0,0092	0,0425	0,0834	1,5733	0,1724
500	10%	10%	0,0041	0,0357	0,0738	1,5918	0,1656
1000	10%	10%	0,0049	0,0926	0,0503	1,8239	0,02138
100	5%	15%	0,0108	0,0420	0,0420	1,6699	0,1793
100	10%	15%	0,0013	0,0423	0,0709	1,5962	0,1658
100	15%	15%	0,0024	0,0926	0,0621	1,7832	0,2038
100	10%	5%	0,0036	0,0393	0,0775	1,5565	0,1605
100	10%	10%	0,0092	0,0425	0,0834	1,5733	0,1724
100	10%	15%	0,0013	0,0423	0,0709	1,5962	0,1658
<b>Ausência de medida em MAG</b>							
100	10%	10%	0,0052	0,0965	0,0499	1,8712	0,2049
<b>Ausência de medida em MAG e DAG</b>							
100	10%	10%	0,0076	0,0876	0,0623	1,8135	0,2093

Tabela 2: RMS da influência do número de partículas e incertezas atribuídas às medidas e modelo.



A Figura 2 mostrou que aumentando-se o número de partículas obtinham-se melhores aproximações para a variável de estado. Entretanto, o RMS mostrou que essa melhora é pequena comparando-se entre 100, 500 e 1000 partículas, constatou-se que não seriam necessárias elevadas quantidades das mesmas para que estimativas relativamente boas pudessem ser obtidas. Dessa forma, optou-se por analisar a maioria dos casos com o número de 100 como o mínimo necessário para representar adequadamente as posteriores das variáveis de estado.

Variou-se em 5, 10 e 15% o nível de incerteza do modelo e manteve-se a das medidas constante em 15%, a fim de verificar se em um cenário cujas medidas não sejam tão boas, ainda assim seriam possíveis aproximações para VE. Constatou-se na Figura 4 a) que parte do valor exato não ficou compreendido pelo intervalo de credibilidade, conforme ratifica o RMS quando  $\sigma_{\text{mod}} = 5\%$ , a aproximação não é tão boa para a variável de estado MAG, logo cenários como este, devem ser evitados, principalmente se a VE for a de maior interesse para análise.

Analisou-se diferentes níveis de incerteza atribuídos às medidas, 10% ao modelo e a influência destes no processo de estimativas. Obtendo-se boas aproximações para a variável de estado e pequena diferença para os valores de RMS. Nos cenários onde considerou-se desconhecer as informações de medidas nas substâncias intermediárias da reação de hidrólise, obteve-se um ligeiro aumento no RMS, ainda assim, pode-se considerar boas as estimativas obtidas e todas compreendidas pelo intervalo de credibilidade.

## 8 | CONCLUSÃO

A análise do erro RMS, apontara o filtro de partícula SIR como eficaz para análise da cinética química de hidrólise de matérias graxas e que o modelo empregado foi capaz representar o fenômeno físico mesmo em cenários onde não havia medidas para todas as variáveis de estado ou eram elevadas as incertezas atribuídas a elas. De modo geral, a observação das estimativas, deve-se evitar valores muito baixos, como 5%, para incerteza de modelo, a fim de evitar o fenômeno de empobrecimento da amostra.

## REFERÊNCIAS

ALIFANOV, O. M. **Inverse Heat Transfer Problems**. Springer-Verlag, New York, 1994.

ARULAMPARAM, S. RISTIC, B. **Comparison of the Particle Filter with Range-Parameterised and Modified Polar EKFs for Angle-Only Tracking**. Signal and Data Processing of Small Targets. v. 4048. pp. 288-299, 2000.

ARULAMPALAM, M.S., MASKELL, S., GORDON, N., CLAPP, T., **A Tutorial on Particle Filters for Online Nonlinear/Non-Gaussian Bayesian Tracking**. IEE Transactions on Signal Processing, v. 50.

pp.174-188, 2002.

BATISTELLA, C.B., WOLF, M.R., SILVA, N. de L. da, MACIEL FILHO, R. **Processo de purificação de glicerina residual proveniente de reações de transesterificação e hidrólise**. BR Pat. PI0906818-0, 18 dez. 2009, 16 ago. 2011.

ESTUMANO, D.C. **Estimativa de Parâmetros e Variáveis de Estado de Modelos Aplicados a Neurônios Citomegálicos Utilizando Dados Experimentais do Protocolo de Tensão Fixa**. Doutorado em Engenharia Mecânica. Rio de Janeiro, 2016.

FERNANDEZ, L.; E.; O. **Método genérico para estimação e modelagem do erro RMS em dados de profundidade de sensores para visão 3D**. Mestrado em ciências. Natal, 2017.

GELMAN, A.; CARLIN, J.B.; RUDIN, D.B. **Bayesian data analysis**. 2 ed. Nova York: CRC, 2004.

HADAMARD, J. **Lectures on Cauchy Problems in Linear. PDE**. 1923.

HEIJDEN, F. van der; DUIN, R.P.W.; RIDDER, D. de; TAX, D.M.J. **Classification, parameter estimation and state estimation. An engineering approach using MATLAB**. John Wiley & Sons Ltd. 1 ed. England, 2004.

LUO, H., XUE, K., FAN, W., CHUAN, L., GUOZHI, N. ZHAOMIN, L. **Hydrolysis of Vegetable Oils to Fatty Acids Using Brønsted Acidic Ionic Liquids as Catalysts**. *Ind. Eng. Chem. Res.*,53 (29), pp. 11653–11658, 2014.

LUCUMI, M. A. R. **Comparação dos Algoritmos de Filtros de Partículas Sir e Asir na Detecção de Fechamento de Válvulas em Gasodutos**. 2015. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

METZGER, J.O., BORNSCHEUER, U. **Lipids as renewable resources: current state of chemical and biotechnological conversion and diversification**. *Appl Microbiol Biotechnol*. pp 13-22, 2006.

MOQUIM, P.H.L., TEMELLI, F. SOVOVÁ, H. SALDAÑA, M.D.A. **Kinetic modeling of glycerolysis–hydrolysis of canola oil in supercritical carbon dioxide media using equilibrium dat**. *Journal of Supercritical Fluids*. v. 37. pp. 417-424, 2006.

ÖZISIK, M.N., ORLANDE, H.R.B., **Inverse Heat Transfer**, New York: Taylor & Francis, 2000.

PATIL, T. A., BUTALA, D. N., RAGHUNATHAN, T. S., SHANKAR, H. S. **Thermal hydrolysis of vegetable oils and fats. 1. Reaction kinetics**. *Industrial & Engineering Chemistry Research*”. v. 27. pp. 727-735, 1988.

PINTO, J.S.S; LANÇAS, F.M. **Hydrolysis of Canola Oil Using Subcritical Water**. *J. Braz. Chem. Soc*. v. 17. n. 1. pp. 85-89.

PITT, M.K., SHEPHARD, N. **Filtering via Simulation: Auxiliary Particle Filters**. *Journal of the American Statistical Association*. v. 94. pp. 590-599, 1999.

RISTIC, B., S. ARULAMPALAM, N., GORDON, N., **Beyond the Kalman Filter. Particle Filters for Tracking Applications**. Artech House, Boston, 2004.

RUSLAN, F.A., ADNAN, R., SAMAD, A.M., Md ZAIN, Z. **Parameters Effect in Sampling Importance Resampling (SIR) Particle Filter Prediction and Tracking of Flood Water Level Performance**. *International Conference on Control, Automation and Systems*. Jeju Island, 2012

SILVA NETO, A.J. da.; MOURA NETO, F.D. **Problemas Inversos: conceitos fundamentais e aplicações**. EdUERJ, Rio de Janeiro, RJ, 2005.

TAPANES, N. de la C. O, ARANDA, D. A. G., PEREZ, R. S., CRUZ, Y. R. **Biodiesel no Brasil: matérias primas e tecnologias de produção**. Acta Scientiae e Technicae, v. 1, n. 1, p. 119-125, 2013.

TURNER, B.M., ZANDT, T.V. **A tutorial on approximate Bayesian computation**. Journal of Mathematical Psychology. v. 56. pp. 69-85, 2011.

## 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**