



# A Produção do Conhecimento na Engenharia Química 2

**Carmen Lúcia Voigt  
(Organizadora)**



# A Produção do Conhecimento na Engenharia Química 2

**Carmen Lúcia Voigt  
(Organizadora)**

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

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. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
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 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  
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. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Msc. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
Prof. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Profª Msc. Bianca Camargo Martins – UniCesumar  
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Msc. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Profª Msc. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
Prof. Msc. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
Prof. Msc. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
Prof<sup>a</sup> Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Msc. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco  
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>a</sup> Msc. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
Prof<sup>a</sup> Msc. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Msc. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof. Msc. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Msc. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof<sup>a</sup> Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
Prof<sup>a</sup> Msc. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

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

P964 A produção do conhecimento na engenharia química 2 [recurso eletrônico] / Organizadora Carmen Lúcia Voigt. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: World Wide Web.

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-976-9

DOI 10.22533/at.ed.769203001

1. Engenharia química – Pesquisa – Brasil. I. Voigt, Carmen Lúcia.

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

## APRESENTAÇÃO

Neste segundo volume, sobre a Produção do Conhecimento na Engenharia Química, apresentamos diversos trabalhos desenvolvidos com pesquisas relacionadas às áreas de energias renováveis, abordando diferentes biomassas, produção de bioetanol, biodiesel e também utilização de energia solar nos processos.

Com intuito de reduzir os impactos gerados pelos combustíveis fósseis, os trabalhos apresentados mostram, por exemplo, o farelo de arroz como suplemento no meio fermentativo para produção de etanol, obtenção de biodiesel a partir de óleo de mamona comparada ao simulador, estudo da biomassa do capim elefante, energia solar para destilação de etanol, entre outros.

Além disto, este volume trás para você pesquisas voltadas à área de bebidas fermentadas, sendo o foco destes estudos a melhoria dos produtos e dos processos de fabricação. Os trabalhos abordam, entre outras coisas, efeitos de produtos adicionados na fermentação, como trub, e no mosto, como chá verde; avaliação microbiológica e melhoria na produção de cerveja artesanal; bem como desenvolvimento de procedimentos para determinação de metais em cachaça de alambique de cobre.

Também é possível visualizar trabalhos com diferentes tipos de métodos empregados com a finalidade de proporcionar melhores processos produtivos e gerar maiores cuidados com o meio ambiente, relacionados à prevenção e remoção de poluentes. Nestes trabalhos verificam-se métodos de adsorção, secagem, caracterização, separação, assim como simulação computacional de processos.

Portanto, os trabalhos selecionados possibilitam conhecimento de novos materiais, técnicas e processos, como também cuidados com meio ambiente e desenvolvimento tecnológico, expondo a produção de conhecimento na Engenharia Química, de grande importância para ciência e para a sociedade.

Fundamentado nestes trabalhos, que você possa aperfeiçoar seus saberes nesta área.

Bom estudo.

Carmen Lúcia Voigt

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
AVALIAÇÃO DA PRODUÇÃO DE ETANOL POR <i>SACCHAROMYCES CEREVISIAE</i> SUPLEMENTADO COM FARELO DE ARROZ	
Mariane Almeida Gonçalves Grazieli Tavares Amoglia Daniel Elvis Basílio da Silva Fernanda Palladino	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7692030011</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>8</b>
ESTUDO COMPARATIVO DA OBTENÇÃO DE BIODIESEL A PARTIR DE ÓLEO DE MAMONA EM LABORATÓRIO E NO SIMULADOR DE PROCESSOS QUÍMICOS DWSIM	
Anna Luiza Araújo Baptista Clara de Castro Amaral Marcos Vinicius Ribeiro	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7692030012</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>16</b>
ESTUDO CINÉTICO DE DIFERENTES CULTIVARES DA BIOMASSA DO CAPIM ELEFANTE ( <i>PENNISETUM PURPUREUM</i> SCHUM.)	
Mayara de Oliveira Lessa Renata Martins Braga Emerson Moreira de Aguiar Marcus Antônio de Freitas Melo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7692030013</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>30</b>
USO DA ENERGIA SOLAR NA DESTILAÇÃO DO ETANOL APLICADO NA EXTRAÇÃO DE ÓLEO DE COCO	
Lucas Rodrigo Custódio Silva Marina Barbosa Maluf Ribeiro Amanda Dornelas Oliveira Caroline Santos Silva Érica Victor de Faria Kássia Graciele dos Santos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7692030014</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>44</b>
AVALIAÇÃO DA CINÉTICA DE ADSORÇÃO DE FURFURAL PELO ADSORVENTE CARVÃO ATIVADO	
Ana Cláudia Rodrigues De Barros Riann de Queiroz Nóbrega Lorena Lucena De Medeiros Flávio Luiz Honorato Da Silva Joelma Morais Ferreira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7692030015</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>54</b>
AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA DE CERVEJA TIPO PILSEN ADICIONADA DE CHÁ VERDE NA ETAPA DE FERVURA DO MOSTO	
Natália Pinto Guedes de Moraes Thaís Cardozo Almeida	

João Vitor Cabral Gonçalves  
Luana Tashima  
Ligia Marcondes Rodrigues dos Santos

**DOI 10.22533/at.ed.7692030017**

**CAPÍTULO 7 ..... 63**

PRODUÇÃO DE CERVEJA ARTESANAL COM ADIÇÃO DE ÁCIDO ASCÓRBICO A PARTIR DE FRUTO AMAZÔNICO

Catherinne Édi Muniz Pimentel  
Igor Lins Santiago  
Syra Kelly Murabac Silva Oliveira  
Ricardo Lima Serudo

**DOI 10.22533/at.ed.7692030018**

**CAPÍTULO 8 ..... 71**

DESENVOLVIMENTO DE PROCEDIMENTO DETERMINATIVO PARA ANÁLISE QUANTITATIVA DE NÍQUEL EM CACHAÇAS DE ALAMBIQUE DE COBRE EMPREGANDO ESPECTROFOTOMETRIA UV-VIS

Alexandre Mendes Muchon  
Karina Moraes Lima  
Alex Magalhães de Almeida

**DOI 10.22533/at.ed.7692030019**

**CAPÍTULO 9 ..... 77**

PRODUÇÃO DE LIPASES POR FERMENTAÇÃO EM ESTADO SÓLIDO: UMA ANÁLISE PRELIMINAR DOS CUSTOS DE PRODUÇÃO

Enylson Xavier Ramalho  
Pedro Henrique Barbosa Fernandes  
Cristian Orlando Avila  
Rodrigo Silva Dutra  
Lina María Grajales

**DOI 10.22533/at.ed.76920300110**

**CAPÍTULO 10 ..... 85**

SECAGEM DOS FRUTOS DE AÇAIRANA (*MICONIA CILIATA* (RICH.) DC) EM DIFERENTES LEITOS

Letícia Bahia Vieira  
Ingrid Layanne dos Santos Pereira  
Juliana Ferreira Costa  
Lidiane Diniz do Nascimento  
Elisangela Lima Andrade  
Lorena Gomes Corumbá  
Nielson Fernando da Paixão Ribeiro  
Elza Brandão Santana  
Lênio José Guerreiro Faria  
Cristiane Maria Leal Costa

**DOI 10.22533/at.ed.76920300111**

**CAPÍTULO 11 ..... 97**

COMPORTAMENTO COLORIMÉTRICO DE EXTRATOS DE AÇAIRANA (*MICONIA CILIATA*)

Ingrid Layanne dos Santos Pereira  
Leticia Bahia Vieira  
Paulo César Souza de Moraes Júnior  
Wandson Braamcamp de Souza Pinheiro

Samara de Paula Pinheiro Menezes Marques  
Hellen Carvalho Barros  
Davi do Socorro Barros Brasil  
Elza Brandão Santana  
Lênio José Guerreiro Faria  
Cristiane Maria Leal Costa

**DOI 10.22533/at.ed.76920300112**

**CAPÍTULO 12 ..... 108**

HIDROCARBONIZAÇÃO DE EFLUENTES DE UMA LAVANDERIA INDUSTRIAL

Larissa Yukie Pianho  
Fernanda Carla Camilo Lima  
Thiago Peixoto de Araújo  
Maria Angélica Simões Dornellas de Barros

**DOI 10.22533/at.ed.76920300113**

**CAPÍTULO 13 ..... 115**

MODIFICAÇÃO DAS PROPRIEDADES TEXTURAIIS DA PENEIRA MOLECULAR DO TIPO MCM-41 POR DEPOSIÇÃO DE CARBONO

Diogo Pimentel de Sá da Silva  
Raul César da Silva Nascimento  
Ivo da Silva  
Julyane da Rocha Santos  
Antonio Osimar Sousa da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.76920300114**

**CAPÍTULO 14 ..... 123**

ESTUDO COM TROCADORES DE ÍONS PARA A DETERMINAÇÃO DE FERRO DISPONÍVEL PARA PLANTAS EM SOLOS DA REGIÃO DE FORMIGA-MG

Luana Cristina Camargos Gomes  
Alex Magalhães de Almeida  
Anísio Cláudio Rios Fonseca  
Alexandre Mendes Muchon

**DOI 10.22533/at.ed.76920300115**

**CAPÍTULO 15 ..... 128**

AVALIAÇÃO PRELIMINAR DA TROCA TÉRMICA EM UNIDADE PILOTO DE UM SISTEMA COILED TUBING

Lorena Rodrigues Justino  
Caroline Eulino Gonçalves Pereira  
Beatriz Rosas Oliveira  
Eduardo Cunha Hora Paraíso  
Luís Américo Calçada  
Cláudia Míriam Scheid

**DOI 10.22533/at.ed.76920300116**

**CAPÍTULO 16 ..... 136**

SIMULAÇÃO FLUIDODINÂMICA DE LEITO JORRO RETANGULAR USANDO CFD - COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS

Ana Paula Silva Artur  
Elaine Cristina Batista da Silva  
Tuane Tayrine Mendes Cardozo  
Welberth Santos Laizo

Aderjane Ferreira Lacerda  
Reimar de Oliveira Lourenço  
**DOI 10.22533/at.ed.76920300117**

**CAPÍTULO 17 ..... 150**

SIMULAÇÃO DO CARREGAMENTO DE FERTILIZANTE EM TAMBORES ROTATIVOS COM SUSPENSORES USANDO O MÉTODO DOS ELEMENTOS DISCRETOS (DEM)

Gabrielle Ferreira Gravena  
José Luiz Vieira Neto  
Kassia Graciele dos Santos  
Beatriz Cristina Silvério

**DOI 10.22533/at.ed.76920300118**

**CAPÍTULO 18 ..... 160**

SEPARATION OF ACETONA-CHLOROPHORM MAXIMUM BOULATING AZEOTROPE USING METHYL SULPHOXIDE THROUGH PROSIMPLUS SIMULATOR

Guilherme Ferreira da silva  
Kerilen Paola Teixeira de Castro

**DOI 10.22533/at.ed.76920300119**

**CAPÍTULO 19 ..... 172**

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE SABONETES LÍQUIDOS E EM BARRA

Vanessa Mendes Santos  
Amanda Dias Monteiro

**DOI 10.22533/at.ed.76920300120**

**CAPÍTULO 20 ..... 183**

MODELAGEM CINÉTICA DA CLORAÇÃO DO  $TA_2O_5$  COM  $C_2CL_4$

Rogério Navarro Correia de Siqueira  
Taiane Zocatelli  
Eduardo de Albuquerque Brocchi

**DOI 10.22533/at.ed.76920300121**

**SOBRE A ORGANIZADORA ..... 201**

**ÍNDICE REMISSIVO ..... 202**

## SECAGEM DOS FRUTOS DE AÇAIRANA (*Miconia ciliata* (Rich.) DC) EM DIFERENTES LEITOS

Data de submissão: 11/11/2019

Data de aceite: 21/01/2020

### **Letícia Bahia Vieira**

Universidade Federal do Pará, Faculdade de Engenharia Química.

Belém – Pará

<http://lattes.cnpq.br/8071412981754898>

### **Ingrid Layanne dos Santos Pereira**

Universidade Federal do Pará, Faculdade de Engenharia Química.

Belém – Pará

<http://lattes.cnpq.br/2584834848235673>

### **Juliana Ferreira Costa**

Universidade Federal do Pará, Faculdade de Engenharia Química.

Belém – Pará

<http://lattes.cnpq.br/4866559382232746>

### **Lidiane Diniz do Nascimento**

Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia.

Belém – Pará

<http://lattes.cnpq.br/1442569185260597>

### **Elisângela Lima Andrade**

Universidade Federal do Pará, Programa de Doutorado em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia.

Belém – Pará

<http://lattes.cnpq.br/9541339837077875>

### **Lorena Gomes Corumbá**

Universidade Federal do Pará, Faculdade de Química – Campus Ananindeua.

Belém – Pará

<http://lattes.cnpq.br/1073532371923082>

### **Nielson Fernando da Paixão Ribeiro**

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

Belém – Pará

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

### **Elza Brandão Santana**

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

Belém – Pará

<http://lattes.cnpq.br/9439859456531238>

### **Lênio José Guerreiro Faria**

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

Belém – Pará

<http://lattes.cnpq.br/7428609361678173>

### **Cristiane Maria Leal Costa**

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

Belém – Pará

<http://lattes.cnpq.br/0581730621014796>

**RESUMO:** Neste trabalho foi avaliada a secagem dos frutos da açairana (*Miconia ciliata* (Rich.) DC) utilizando dois tipos de secadores de leito fixo convectivo: com circulação de ar

ascendente e com corrente de ar paralela à amostra, visando avaliar a cinética de secagem e parâmetros de processo. Para a condução dos experimentos foram obtidas as curvas de secagem nas temperaturas de 55, 65 e 75°C. Com o auxílio do programa computacional Statistica 7.0, pelo método Quasi-Newton, foram desenvolvidas análises de regressão não linear dos modelos matemáticos aplicados aos dados experimentais. A caracterização física e físico-química dos frutos evidenciou que o fruto possui umidade elevada, e em sua composição há presença de oxigênio e cálcio. A umidade média inicial do fruto in natura correspondeu a 356,85 %b.s (78,18 %b.u), enquanto a umidade final do material seco em secador de leito fixo com circulação de ar paralela foi de 10,22; 6,19 e 5,54 %b.s, e em secador com circulação de ar ascendente foi: 64,25; 45,22 e 14,59 %b.s para as respectivas temperaturas de 55, 65 e 75°C. A análise estatística indicou que o modelo Midilli et al. foi adequado para descrever a cinética de secagem em ambos leitos nas três temperaturas. A umidade de equilíbrio foi alcançada em menor tempo (185 min, para as temperaturas de 65 e 75°C) no secador com circulação de ar em paralelo, evidenciando que este foi mais eficiente para o processo de secagem.

**PALAVRAS-CHAVE:** Cinética, modelagem, análise estatística.

#### DRYING OF AÇAIRANA (*Miconia ciliata* (Rich.) DC) FRUITS IN DIFFERENT DRYERS

**ABSTRACT:** In this research was evaluated the drying of açairana (*Miconia ciliata* (Rich.) DC) fruits, using two convective dryers with different air circulations: one with ascending air and other with parallel air flow, aiming to measure the drying kinetics and the process' parameters. To the experiment development were used the follow temperatures: 55, 65 and 75 °C. With the assistance of the computational program Statistica 7.0 by the Quasi-Newton method, the analyses of nonlinear regression of the models applied to the experimental data were developed. The physical and physicochemical characterization revealed that the fruit has high moisture, and in its composition has the presence of oxygen and calcium. The fruits initial moisture in natura corresponded to 356,85%d.b (78,18%w.b), the dried material final moisture was 10,22; 6,19 and 5,54 %d.b; 64,25; 45,22 e 14,59%d.b for the drying in the convective dryer with parallel and ascending air circulation, respectively for the temperatures of 55, 65 e 75 °C. The statistical analysis has indicated that Midilli et al. model was adequate to describe the drying kinetics in both dryers in the three temperatures. The equilibrium moisture was reached in lower time (185 min, for the temperatures of 65 e 75°C) in the dryer with parallel air circulation, demonstrating that this dryer was more efficient to the drying process.

**KEYWORDS:** Kinetics, modeling, statistical analysis

## 1 | INTRODUÇÃO

Miconia é o maior gênero em número de espécies da família Melastomataceae com mais de mil espécies. *Miconia ciliata* (Rich.) DC, conhecida popularmente como açairana ou “chumbinho”, é uma espécie arbustiva que atinge cerca de 1,8 a 2,0 metros de altura, e ocorre predominantemente em áreas úmidas. Apresenta floração contínua, estendendo-se por 11 meses, embora os meses em que ocorrem a maior floração e frutificação correspondem ao período chuvoso da região (PEÇANHA JUNIOR, 2005). Há relatos de aplicações desta espécie como fonte melífera, em virtude do seu alto teor de açúcares redutores e pH ácido. Além disso, o fruto apresenta características nutritivas favoráveis, pois possui quantidade significativa de antocianinas, cálcio e outros minerais (MARTINS et al., 2016).

A avaliação da cinética de secagem em camada delgada tem sido aplicada a diferentes produtos agrícolas, como sementes (NASCIMENTO et al., 2015), frutos (RESENDE et al., 2018; CHAYJAN et al., 2012) e, espécies de plantas medicinais, aromáticas e condimentares (MARTINAZZO et al., 2007). A partir da análise de secagem pode-se estimar o dimensionamento dos equipamentos, assim como as melhores condições operacionais para o processo (VILELA e ARTUR, 2008).

Esta pesquisa visa analisar a cinética de secagem dos frutos de *Miconia ciliata* em dois secadores de leito fixo convectivo (com corrente de ar ascendente e paralela à amostra), ajustando os dados experimentais a cinco modelos descritos na literatura e, avaliando-os por meio da análise dos parâmetros estatísticos, com a finalidade de selecionar o melhor modelo para a descrição das cinéticas executadas neste trabalho.

## 2 | METODOLOGIA

### 2.1 Coleta e Armazenamento dos frutos

Foram feitos registros fotográficos da planta de *M. ciliata* (Figura 1). Os frutos in natura foram colhidos durante outubro de 2018, na Comunidade do Campo Limpo localizada no município de Santo Antônio do Tauá – PA (S 01° 2.7060', W 48° 10.404') e armazenados em freezer convencional a -18 °C. A Identificação Botânica foi realizada na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) sob o número de registro: 198443.

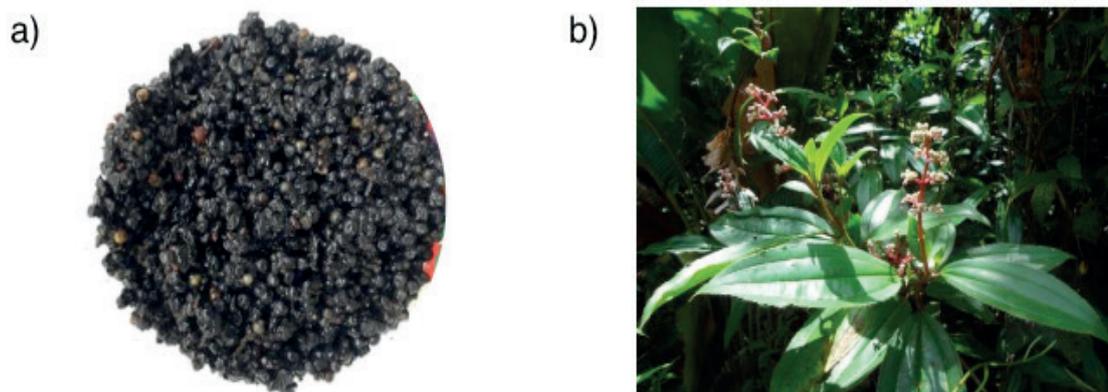


Figura 1. Planta de *M. ciliata* (Rich.) DC: a) Frutos, b) Arbusto.

## 2.2 Caracterização centesimal dos frutos

### Lipídios

Foram pesadas 5 g da amostra em papel de filtro e este foi transferido para o aparelho extrator tipo Soxhlet. O extrator foi acoplado ao balão de fundo chato de 250 mL previamente pesado. Foi adicionado éter de petróleo P.A. em quantidade suficiente para um Soxhlet e meio.

Um condensador foi acoplado ao conjunto Soxhlet e o balão de fundo chato foi mantido, sob aquecimento em Bateria de aquecimento CT-340, LS Logen, Alpax, a extração contínua por 8 horas. Foi retirado o papel de filtro, destilado o éter de petróleo e transferido o balão com o resíduo extraído para uma estufa a 105°C, sendo mantido por cerca de uma hora na mesma. O balão foi resfriado em dessecador até a temperatura ambiente e pesado para a realização do cálculo do teor de lipídios (IAL, 2008).

### Proteínas

A determinação de proteínas baseia-se na determinação de nitrogênio, geralmente feita pelo processo de digestão Kjeldahl. Foram pesadas 1 g da amostra em béquer. Em seguida esta massa foi transferida para o tubo de Kjeldahl, onde foi adicionado 15 mL de ácido sulfúrico concentrado e 1,11 g de mistura catalítica (1 g de sulfato de sódio anidro, 0,1 g de sulfato de cobre anidro e 0,01 g de óxido de selênio).

O tubo foi inserido no bloco digestor macro Marconi MA 850e permaneceu no mesmo até se tornar azul-esverdeado, livre de material não digerido. Então o mesmo foi resfriado a temperatura ambiente, em seguida foi adicionada 10 mL de água destilada. O tubo foi inserido no sistema de destilação com destilador TECNAL TE-036/1.

Em erlenmeyer de 125 mL foi adicionado 50 mL de ácido bórico a 4 % e três gotas de indicador misto. A extremidade afilada do sistema refrigerante foi mergulhada no erlenmeyer. Foi adicionado ao tubo de Kjeldahl, que contém a amostra digerida, por meio de um funil com torneira, 30 mL de solução de hidróxido de sódio a 50%. Foi aquecido até ebulição, obtendo-se cerca de 100 mL do destilado. O destilado foi titulado com solução de ácido clorídrico 0,1 M. o volume consumido na titulação foi registrado para posterior cálculo (IAL, 2008).

#### Resíduo mineral fixo – Cinzas

Foram pesadas 6 g da amostra em um cadinho de porcelana, previamente pesado. A amostra foi incinerada em mufla Quimis, Q 318-2, a 550°C até as cinzas ficarem brancas. O cadinho foi resfriado em dessecador até a temperatura ambiente e pesado (IAL, 2008).

#### Umidade – Secagem direta em estufa a 105°C

Foram pesadas 6 g da amostra em cadinho de porcelana previamente pesado e, então levado ao aquecimento em Estufa SOC. FABBE LTDA a 105°C durante 3 horas. Foi resfriado em dessecador até a temperatura ambiente e pesado. Foram repetidas as operações de aquecimento e resfriamento até massa constante (IAL, 2008).

#### Resíduo seco

Como alternativa, o resíduo seco pode ser calculado subtraindo-se de 100 g da amostra o número de gramas de “umidade por cento”. Considera-se a diferença como o número de gramas do “resíduo seco por cento”.

### 2.3 Espectroscopia de energia dispersiva

Uma alíquota dos frutos in natura foi liofilizada no Laboratório de Engenharia de Produtos Naturais (LEPRON) em liofilizador Christ Alpha 1-4 LD com temperatura e pressão constante de -50°C e 119 bar por 48 horas. A amostra liofilizada foi pesada, macerada com pistilo (Figura 2) e armazenada para posterior identificação e quantificação de elementos químicos.



Figura 2. Frutos de *Miconia ciliata* liofilizados e macerados

### 2.4 Secagem

A secagem com corrente de ar paralela aos frutos inteiros de açairana foi realizada em estufa Quimis microprocessada com circulação de ar forçada, modelo Q314M222, empregando-se 40 g de frutos dispostos em uma placa de Petri com diâmetro de 5 cm.

O secador convectivo de leito fixo com circulação de ar ascendente utilizado neste trabalho está apresentado na Figura 2.

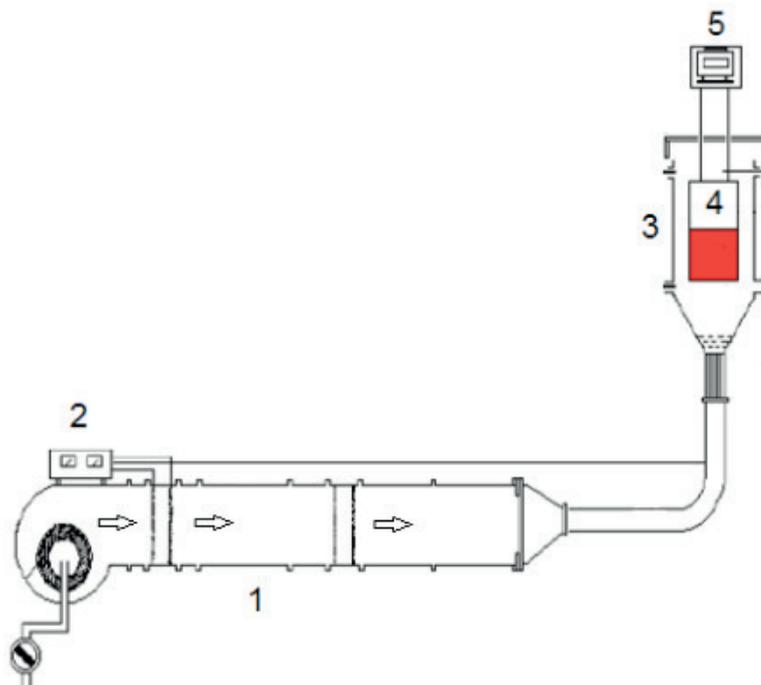


Figura 2. Secador convectivo de leito fixo com circulação de ar ascendente em escala piloto

Foram utilizados 100 g de frutos, quantidade suficiente para garantir as condições iniciais de espessura da secagem realizada em estufa, em torno de 1,5 cm de altura. Este secador é composto de um duto de 25,4 cm de seção quadrada (1), contendo um soprador centrífugo com controle de velocidade (2). Compõem ainda o secador dois pares de resistências elétricas de 2 kW e 1 kW cada, que propiciam o aquecimento do ar. Adaptado a esta unidade, encontra-se o corpo do secador constituído de vidro pirex (3). O equipamento dispõe ainda de cesto cilíndrico telado de diâmetro interno 12,5 cm e altura 25,5 cm, em aço inoxidável que fica suspenso no interior do corpo cilíndrico de vidro (4), adaptado a uma balança eletrônica (5), que indica continuamente o decréscimo da massa do material, no qual foram depositados os frutos de açairana, ficando sujeitos ao contato do ar de secagem a partir de sua base.

Os experimentos ocorreram nas temperaturas de 55, 65 e 75 °C durante 6 horas, no Laboratório de Secagem e Recobrimento de Partículas (LSRP) da Faculdade de Engenharia Química da UFPA, onde ambos os sistemas de secagem estão localizados. A construção das curvas de secagem foi realizada com o auxílio das Equações 1 e 2, que representam a umidade em base seca ( $X_{bs}$ ) e a razão de umidade ( $X_r$ ), respectivamente:

$$X_{bs} = \frac{m_t - m_{ss}}{m_{ss}} \quad (1)$$

$$X_r = \frac{X_{bs}}{X_0} \quad (2)$$

Em que,  $m_t$  é a massa total da amostra,  $m_{ss}$  é a massa de sólido seco, e  $X_0$  é a umidade inicial do material. Por meio dos valores de razão de umidade e tempo de secagem foi feito o ajuste matemático aos modelos descritos pelas Equações 3 a 6, representados por Page (1949), Midilli et al. (2002), Henderson & Pabis (1961) e Aproximação da difusão, respectivamente, e sumarizados em Sampaio et al. (2015), analisados com auxílio do programa computacional *Statistica 7.0*.

$$X_r = \exp(-k.t^n) \quad (3)$$

$$X_r = a.\exp(-k.t^n) + b.t \quad (4)$$

$$X_r = a.\exp(-k.t) \quad (5)$$

$$X_r = a.\exp(-k.t) + (1-a).\exp(-k_1.t.b) \quad (6)$$

Os critérios usados para se avaliar a excelência dos ajustes foram os valores de coeficiente de determinação ( $R^2$ ), o erro médio relativo (EMR) (Equação 7) e o erro médio estimado (EME) (Equação 8). Sendo,  $n$  o número de observações,  $Y$  o valor observado e,  $Y_0$  o valor estimado pelo modelo e GLM o grau de liberdade do modelo.

$$EMR = \frac{100}{n} \sum \frac{|Y - Y_0|}{Y} \quad (7)$$

$$EME = \sqrt{\frac{\sum (Y - Y_0)^2}{GLM}} \quad (8)$$

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Caracterização física e físico-química dos frutos

Na Tabela 1 apresenta a quantificação de elementos químicos presentes na amostra liofilizada. Pode-se perceber que a amostra possui altos teores de oxigênio e cálcio, principalmente, como relatado por Martins et al. (2016). A presença de enxofre e cloro pode ser a razão por este fruto possuir um pH predominantemente ácido, comportamento observado por Santos et al. (2017), em um estudo sobre atividades biológicas do gênero *Miconia*, que observaram faixas de pH variando de 3,35 a 3,64 para diferentes concentrações de extratos de açairana.

Elemento químico	Oxigênio	Cálcio	Cloro	Potássio	Alumínio	Enxofre	Magnésio
%	70,40	9,30	7,60	5,90	4,34	1,70	0,76

Tabela 1. Resultados da espectroscopia por dispersão de energia do fruto de açairana.

A caracterização centesimal (Tabela 2) indicou que o fruto possui elevada umidade e alta porcentagem de carboidratos, indicando a possível presença de açúcares. Como alternativa para resíduo seco obteve-se o valor de 21,82% por diferença.

Composição	%
Umidade	78,18
Carboidratos	19,07
Lipídios	0,47
Proteínas	1,24
Resíduo mineral fixo	1,04

Tabela 2. Caracterização centesimal dos frutos de *Miconia ciliata*

### 3.2 Cinética de secagem

Nas Tabelas 3 e 4 são apresentados os valores obtidos para os parâmetros dos diferentes modelos matemáticos, utilizados para avaliar o comportamento da secagem dos frutos de açairana em leito fixo com circulação de ar ascendente e ar em paralelo, respectivamente. Além disso, apresentam-se os valores dos parâmetros estatísticos: erro médio relativo (EMR), coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e erro médio estimado (EME).

Modelo matemático	T (°C)	$R^2$	EMR (%)	EME	Parâmetros				
					a	b	n	k	k1
Page (1949)	55	0,99	0,33	0,03	-	-	0,84	0,01	-
	65	0,99	0,99	0,08	-	-	0,93	0,01	-
	75	0,99	1,28	0,12	-	-	0,76	0,03	-
Midilli et al. (2002)	55	0,99	0,02	0,06	1,00	0,00	0,81	0,01	-
	65	0,99	0,04	0,03	1,03	0,00	0,92	0,01	-
	75	0,99	0,67	0,06	1,00	0,00	0,83	0,02	-
Henderson & Pabis (1961)	55	0,99	0,65	0,08	0,96	-	-	0,00	-
	65	0,99	1,93	0,10	0,99	-	-	0,01	-
	75	0,98	7,66	0,20	0,92	-	-	0,01	-
Aproximação da difusão (1980)	55	0,99	0,02	0,02	0,09	0,08	-	0,05	0,05
	65	0,99	0,31	0,04	0,56	0,36	-	0,01	0,01
	75	0,99	1,39	0,09	0,29	0,16	-	0,04	-0,04

Tabela 3. Avaliação dos parâmetros estatísticos para a secagem em leito fixo convectivo com circulação de ar ascendente ao leito da amostra.

Observa-se que os modelos apresentaram valores para os parâmetros estatísticos satisfatórios, inferiores a 10%, de acordo com Mohapatra & Rao (2005), na descrição da secagem em leito fixo convectivo com circulação de ar ascendente. Com coeficientes de determinação ( $R^2$ ) próximos à unidade, erros médios estimados (EME) menores que 0,12 e erros médios relativos (EMR) variando de 0,02 a 1,28%,

para todas as temperaturas analisadas, demonstrado a excelência dos ajustes matemáticos. Embora o modelo de Page possua resultados satisfatórios para descrever o comportamento cinético dos frutos, por se tratar de um modelo com fundamentação teórica de secagem, pela análise dos parâmetros estatísticos observa-se que Midilli et al. (2002) ainda descreveu melhor a secagem dos frutos de açairana em leito fixo com circulação de ar ascendente através do leito de sólidos.

Modelo matemático	T (°C)	R <sup>2</sup>	EMR (%)	EME	Parâmetros				
					a	b	n	k	k1
Page (1949)	55	0,99	1,37	0,041	-	-	1,08	0,01	-
	65	0,99	8,72	0,047	-	-	1,17	0,01	-
	75	0,99	11,10	0,082	-	-	1,23	0,01	-
Midilli et al. (2002)	55	0,99	0,82	0,020	0,99	0,00	1,11	0,01	-
	65	0,99	0,71	0,024	0,99	0,00	1,21	0,00	-
	75	0,99	0,33	0,043	0,98	0,00	1,30	0,00	-
Henderson & Pabis (1961)	55	0,99	7,45	0,071	1,02	-	-	0,01	-
	65	0,99	11,05	0,107	1,04	-	-	0,01	-
	75	0,99	20,64	0,151	1,05	-	-	0,02	-
Aproximação da difusão (1980)	55	0,99	0,30	0,022	-17,01	0,98	-	0,01	0,01
	65	0,99	9,57	0,030	-71,38	0,99	-	0,02	0,02
	75	0,99	9,20	0,056	-186,8	0,99	-	0,03	0,03

Tabela 4. Avaliação dos parâmetros estatísticos para secagem em leito fixo convectivo com circulação de ar paralela à amostra.

Da análise dos dados sumarizados na Tabela 4, em especial os valores obtidos para os parâmetros estatísticos (R<sup>2</sup>, EMR e EME), constata-se que o modelo de Midilli et al. (2002), para todas as temperaturas em estudo, foi o que melhor representa a secagem da açairana no secador de leito fixo com circulação de ar forçada paralela a camada de sólidos. Resultados semelhantes são relatados nos trabalhos de Sampaio et al. (2015) e Sousa et al. (2019) que trabalharam com a cinética de secagem de frutos de caqui (*Diospyros kaki*) e ubala (*Eugenia patrisi*), frutos com altos teores de umidade, e, diferentemente do obtido por Zielinska et al. (2016), que estudaram a secagem convectiva de ar quente de mirtilos (*Vaccinium corymbosum* L.), espécie com características semelhantes à açairana, pois constataram que o modelo Henderson & Pabis foi adequado na descrição do processo de secagem.

Na Figura 3 são apresentadas as curvas de secagem para os frutos de açairana nos distintos sistemas em leito fixo convectivo, nas temperaturas de 55, 65 e 75 oC. Nota-se a partir da análise das curvas de secagem dos frutos de açairana nos sistemas avaliados, que a umidade diminui continuamente com o tempo e com o aumento da temperatura do ar de secagem, concordando assim com os fundamentos teóricos de secagem (STRUMILLO e KUDRA, 1986).

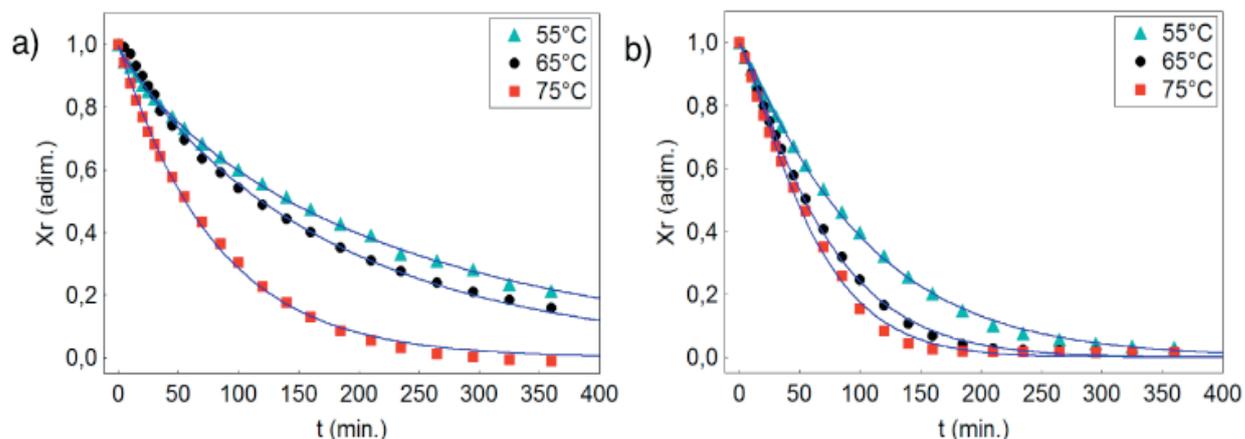


Figura 3. Curvas de secagem ajustadas para os secadores a) com circulação de ar ascendente e b) com circulação de ar em paralelo.

Pode-se constatar o efeito significativo da temperatura sobre as curvas de secagem dos frutos, ou seja, com o aumento da temperatura ocorre maior taxa de remoção de água do produto, fato observado por diversos pesquisadores para inúmeros produtos agrícolas/alimentícios como Zielinska et al. (2016) e Sampaio et al. (2015) que analisaram a cinética de secagem de frutos com alto teor de umidade.

Ainda de acordo com a Figura 2, percebe-se que a secagem de açairana ocorre com maior eficiência no processo em leito fixo com circulação de ar em paralelo, alcançando a condição de equilíbrio com o ambiente com, cerca de, 185 min de operação para as temperaturas de 65 e 75°C, atingindo conteúdo de umidade final de 6,19 e 5,54 %b.s, respectivamente. Observa-se também que durante o primeiro período de secagem que as curvas apresentam um comportamento linear o que pode ser justificado pela perda de umidade superficial, já que o material apresenta umidade inicial elevada (356,85 %b.s).

Estes resultados observados no sistema de secagem com circulação de ar paralelo sugerem que a remoção de umidade nestas condições apresentou maior eficiência, o que pode ser compreendida pelo fato da corrente de ar quente passar na superfície superior e inferior da camada de sólidos submetidos à secagem, bem como pode ter sido ainda favorecida pela passagem do ar através do leito, pois a bandeja em que os frutos foram expostos era perfurada, permitindo assim um contato mais intenso sólido-fluido, uniformizando a distribuição de temperatura no interior do leito/secador e consequentemente favorecendo altas taxas de transferência de calor e massa. A umidade média inicial dos frutos in natura utilizados no estudo da cinética de secagem correspondeu a 356,85 %b.s (78,18 %b.u), pois os frutos foram colhidos no período com índice de pluviosidade escasso na Região Amazônica, é relatado em Vieira et al. (2019) que a umidade deste fruto pode alcançar cerca de 709,63 %b.s (87,64 %b.u). Enquanto a umidade final do material seco no secador de leito fixo com circulação de ar paralela à amostra foi de 10,22; 6,19 e 5,54 %b.s e em secador convectivo de leito fixo com corrente de ar ascendente foi: 64,25; 45,22 e 14,59 %b.s para as respectivas

temperaturas de 55, 65 e 75°C. Verifica-se que o sistema de secagem com ar em paralelo proporcionou conteúdos de umidade final abaixo de 11 %b.s, para todas as temperaturas avaliadas, indicando que os valores alcançados são satisfatórios à manutenção/armazenagem do produto final por longos períodos de tempo, podendo inibir a proliferação de fungos e microrganismos.

#### 4 | CONCLUSÕES

A cinética de secagem dos frutos de açairana é função direta da temperatura do ar e do tempo de secagem, sendo descritas matematicamente pelo modelo de Midilli et al. (2002) para a secagem em leito fixo com circulação de ar forçada ascendente e paralela. Constatou-se que a temperatura de equilíbrio foi alcançado em aproximadamente 235 min de secagem, na temperatura de 75°C para a secagem com ar ascendente e em cerca de 185 min nas temperaturas de 65 e 75°C com ar em paralelo aos sólidos. Constata-se que é possível secar os frutos de açairana mantendo-se de forma satisfatória as características desejadas do produto (umidade final). Futuros estudos que avaliem a influência da secagem nos princípios bioativos da açairana poderão ser conduzidos com base nos resultados descritos no presente trabalho.

#### 5 | AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pelo apoio na realização do trabalho através das bolsas Pibic, pelo processo de nº 313768/2017-0 e, a Capes através do Procad, processo Amazônia 2018, de nº 88881.200618/2018-01.

#### REFERÊNCIAS

CHAYJAN, R.A.; ALIZADE, H.H.A.; SHADIDI, B. **Modeling of some pistachio drying characteristics in fix, semi fluid and fluid bed dryer**, Agricultural Engineering International, Vol.14, No. 2, p. 143-154, 2012.

IAL - INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos físico-químicos para análises de alimentos**. São Paulo: IAL, 2008.

MARTINAZZO, A.P. et al. **Análise e descrição matemática da cinética de secagem de folhas de capim-limão**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.11, n.3, p.301–306, 2007.

MARTINS, W.C.; OLIVEIRA, F.R.R.; AMORIM, J.; MATOS, F.M.; CHAVES, D.C. **Aspectos nutricionais, fitoquímicos e catalogação do consumo de frutos maturados de *Miconia ciliata* (Melastomataceae)**, Anais do XI Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação. Seção V: Ciências Agrárias, p. 370-378, Maceió – AL, 2016.

MOHAPATRA, D.; RAO, P.S. **A thin layer drying model of parboiled wheat**. *J. Food Eng.*, v.66, n.4, p.513-18, 2005.

NASCIMENTO, L.D; CORUMBÁ, L.G.; ROCHA, S.C.S.; TARANTO, O.P.; COSTA, C.M.L.; FARIA,

L.J.G. **Mathematical modelling of the drying curves of foxtail millets in spouted bed.** Thermal Engineering, Vol. 14, No. 2, p. 18-22, 2015.

PEÇANHA JÚNIOR, F. B. **Notas sobre a Fenologia e Visitantes Aorais de *Miconia ciliata* (Rich.) DC. (Melastomataceae).** Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi, sér. Ciências Naturais, v.1. n.2. p. 57-60. maio-ago. Belém, 2005.

SAMPAIO, R.M.; NETO, J.P.M.; PEREZ, V.H.; MARCOS, S.K.; BOIZAN, M.A.; SILVA, L.R. **Mathematical modeling of drying kinetics of persimmon fruits (*Diospyros kaki* CV. FUYU).** J. Food Process. Pres., 2015.

SANTOS, M.A.F; SILVA, M.A.P; SANTOS, A.C.B; BEZERRA, J.W.A; ALENCAR, S.R; BARBOSA, E.A. **Atividades biológicas de *Miconia* spp. Ruiz & Pavon (Melastomataceae Juss.).** Gaia Scientia, v. 11. p. 157-170. 2017.

STRUMILLO, C.; KUDRA, T. **Drying: principles, applications and design.** Switzerland: Gordon and Breach Science Publishers. 1986.

VIEIRA, L.B.; PEREIRA, I.L.S.P.; MARQUES, S.P.P.M.; SANTANA, E.B.; FARIA, L.J.G.; COSTA, C.M.L. **Influência da secagem dos frutos de *Miconia ciliata* (Rich.) DC na quantificação de compostos bioativos.** Anais do XXXIX CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS PARTICULADOS. 2019.

VILELA, C. A. A.; ARTUR, P. O. **Secagem do açafrão (*Curcuma longa* L.) em diferentes cortes geométricos.** Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas, v. 28, n. 2, p. 387-394, 2008.

ZIELINSKA, M.; SADOWSKI, P.; BLASZCZAK, W. **Combined hot air convective drying and microwave-vacuum drying of blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.): Drying kinetics and quality characteristics.** Dry. Technol., v.34, n.6, p.665-684, 2016.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Açairana 96, 97, 98, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 108, 109, 110, 112, 116

Ácido ascórbico 74, 76, 78, 79, 80

Análise estatística 5, 97, 111, 162, 167, 168

### B

Bioetanol 44, 45, 46, 52

### C

Camu-camu 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81

Capim Elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) 16, 17

Cerveja 54, 55, 57, 58, 59, 61, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81

Cerveja artesanal 64, 73, 74, 76, 77, 78, 81

Chá verde 65, 67, 68, 69, 70, 71, 72

Cimentação 140

Cinética 7, 18, 23, 27, 44, 48, 49, 50, 51, 97, 98, 103, 104, 105, 106, 153, 154, 160, 194, 196, 204, 209, 210

Cinética de adsorção 44, 48, 50, 51

Colorimetria 109

Corante natural 109

Custos de produção 75, 88, 89, 90, 91, 93

### D

Deposição de carbono 126, 127, 203

Destilação Solar 30, 31, 32, 43

### E

Efluente 119, 120, 121, 123, 124, 125

Energia Solar 30, 31, 32, 42, 43

Enzimas lipolíticas 89, 92, 94, 95

Espectrofotometria UV-VIS 134

Estatística 1, 5, 72, 97, 111, 115, 162, 167, 168

Etanol 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 16, 17, 30, 31, 32, 43, 45, 46, 52, 53, 70, 91, 92, 109, 110, 114, 115, 116, 128

### F

Farelo de Arroz 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7

Fermentação 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 45, 46, 52, 54, 55, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 67, 68, 69, 71, 72, 79, 88, 89, 90, 92, 94, 95, 163

Fermentação em Estado Sólido 88, 89, 90, 94

Flexitubos 140

Furfural 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52

## H

Hidrocarbonização 119, 120, 123, 124, 125

## I

Inibidor 44, 47, 49, 51, 52

## L

Lavanderia 119, 121, 124, 125

Leveduras 6, 7, 45, 46, 54, 58, 61, 63

Lúpulo 55, 57, 65, 67, 68, 71, 72, 75, 76

## M

MCM-41 18, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133

Métodos não isotérmicos 16, 19, 27

Miconia ciliata 96, 97, 98, 100, 103, 106, 107, 108, 109, 110, 117

Modelagem 10, 11, 12, 27, 49, 94, 97, 145, 152, 153, 159, 194, 204

Modificação 42, 126

## O

Ortofenantrolina 134, 136

## P

Parâmetros cinéticos 16, 19, 20, 27, 28, 48, 51

## R

Resíduos agroindustriais 89, 90, 95

Resina de troca iônica 134, 136, 138

## S

Saccharomyces cerevisiae 1, 2, 3, 6, 61, 63, 64, 68

Sustentabilidade 30

## T

Troca térmica 139, 140, 142, 144, 146

Trub 54, 55, 56, 57, 58, 60, 61, 62, 63, 64

 **Atena**  
Editora

**2 0 2 0**