



# 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](mailto: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 TEXTURAIS 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**

## COMPORTAMENTO COLORIMÉTRICO DE EXTRATOS DE AÇAIRANA (*Miconia ciliata*)

Data de submissão: 12/11/2019

Data de aceite: 21/01/2020

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

Universidade Federal do Pará, Faculdade de Engenharia Química  
Belém – Pará

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

### **Leticia Bahia Vieira**

Universidade Federal do Pará, Faculdade de Engenharia Química  
Belém – Pará

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

### **Paulo César Souza de Moraes Júnior**

Universidade Federal do Pará, Faculdade de Engenharia Química  
Belém – Pará

<http://lattes.cnpq.br/8925989695164708>

### **Wandson Braamcamp de Souza Pinheiro**

Universidade Federal do Pará, Faculdade de Engenharia Química  
Belém – Pará

<http://lattes.cnpq.br/8867866033296703>

### **Samara de Paula Pinheiro Menezes Marques**

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

<http://lattes.cnpq.br/7175262906611793>

### **Hellen Carvalho Barros**

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

<http://lattes.cnpq.br/4955361726179975>

### **Davi do Socorro Barros Brasil**

Universidade Federal do Pará, Faculdade de Engenharia Química  
Belém – Pará

<http://lattes.cnpq.br/0931007460545219>

### **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, Faculdade de Engenharia Química  
Belém – Pará

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

### **Cristiane Maria Leal Costa**

Universidade Federal do Pará, Faculdade de Engenharia Química  
Belém – Pará

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

**RESUMO:** Apesar de a percepção humana influenciar a preferência por alimentos com

cores mais vibrantes, a sociedade vem apresentando uma tendência a selecionar alimentos livres de aditivos, como os corantes naturais, em detrimento aos corantes sintéticos, por apresentarem menores riscos à saúde. Diante deste cenário, este trabalho busca estudar a obtenção do corante natural da espécie *Miconia ciliata* (Rich.) DC utilizando diversos solventes, aquosos e orgânicos (etanol 95%, acetona, etanol 50% e metanol), visando avaliar o rendimento, pH e os parâmetros colorimétricos  $L^*a^*b^*$  para determinação do grau de tonalidade ( $h^*$ ), Cromo ( $C^*$ ) e diferença total de cor ( $\Delta E$ ) dos extratos. Os extratos corantes filtrados revelaram rendimentos superiores a 70%, sendo que o extrato etanólico 95% apresentou maior rendimento (84,17%), observando-se que mostraram comportamento ácido, na faixa de 3,05 a 3,58, o que proporcionou tonalidades entre o vermelho e o lilás, ao se verificar os parâmetros colorimétricos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Corante natural, açairana, *Miconia ciliata*, colorimetria.

### COLORIMETRIC BEHAVIOR OF AÇAIRANA'S (*Miconia ciliata*) EXTRACTS

**ABSTRACT:** Despite the human's perception influence opt for selection of food with vivid colors, the society has been looking for a tendency in choose of food free from additives, as natural dyes, instead the artificial dyes, which are unhealthy. In the face of that situation, this research has the purpose of study the obtention of natural dye from the specie *Miconia ciliata* (Rich.) DC using an aqueous and organic solvents (ethanol 95%, acetone, ethanol 50% and methanol), aiming to measure the yield, pH and the colorimetric parameters  $L^*a^*b^*$  for the determination of the tonality degree ( $h^*$ ), Chroma ( $C^*$ ) and total color difference ( $\Delta E$ ) in the extracts. The filtered extracts of dyes presented yields higher than 70%, with the best result for the ethanol 95% solvent (84,17%), these presented an acid behavior with the ph range from 3,05 to 3,58 that provided tones of colors between the red and lilac when the colorimetric parameters were verified.

**KEYWORDS:** Natural dye, açairana, *Miconia ciliata*, colorimetry.

## 1 | INTRODUÇÃO

A *Miconia Ciliata* (Rich) DC é um arbusto da família Melastomataceae que, de acordo com Fernando et al. (2005), floresce e frutifica durante 11 meses ao ano, com maior incidência em períodos de chuva e em grandes quantidades, ela é conhecida como açairana e produz pequenos frutos arredondados de coloração roxa intensa e um sabor adocicado, que apresenta alto teor de umidade, açúcares redutores, pH levemente ácido e apresenta características nutritivas favoráveis ao consumo, como altos teores de cálcio e outros minerais (Martins et al., 2016).

A cor intensa dos frutos de açairana é devido a presença de antocianinas (Santos et al., 2017), que pode ser uma promissora fonte de corante natural a ser utilizada nas indústrias alimentar e têxtil, constituindo uma alternativa de substituição aos corantes sintéticos (Bridgers et al., 2010). O caráter polar da molécula de antocianina permite

sua solubilidade em vários solventes, como álcoois, acetona e água. Entretanto, sua estabilidade é facilmente afetada por modificações estruturais nos grupos hidroxila, metoxi, glicosídeo e acila, além de fatores como temperatura e luz (Pereira-Kechinski et al., 2010).

Conhecendo o potencial corante das antocianinas, presentes na açairana, este estudo visa obter extratos da espécie *Miconia ciliata* (Rich.) DC através da turbólise em diversos solventes, avaliando-os quanto aos parâmetros colorimétricos  $L^*a^*b^*$ , por meio de análise das médias significativas, com a finalidade de descrever o comportamento colorimétrico dos extratos em diferentes soluções extratoras.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Coleta e armazenamento dos frutos

Os frutos foram colhidos no mês de outubro de 2018, no estado do Pará no município de Santo Antônio do Tauá, latitude 01°2.7060'S e longitude 48°10.404'O. Durante as expedições foram coletadas amostras de folha, flor, caule e fruto de açairana. Ramos férteis do espécime foram coletados para identificação e depósito da exsicata no herbário da Embrapa Amazônia Oriental, número de registro 198443.

Para a obtenção dos extratos foi utilizado método de turbólise utilizando solventes orgânicos - etanol 95% (ES1 e ES1'), acetona (ES2 e ES2'), etanol 50% (ES3 e ES3'), metanol (ES4 e ES4') e água (EA2), além de extração por infusão em água fervente (EA1). Para as extrações, adotou-se uma relação massa x volume de 30,0 g do fruto in natura para cada 100,0 mL de solvente. Na turbólise utilizou-se agitador mecânico Ultra-Turrax® IKA T-25 BASIC, operando a 13.500 RPM por 5 minutos. Após extração, as soluções extratoras foram filtradas e divididas em duas alíquotas para avaliação do efeito da evaporação rotativa sob a estabilidade dos parâmetros colorimétricos (soluções extratoras – ES e extrato concentrado – ES'). Como extrato padrão foi utilizado o líquido resultante da pulverização do fruto in natura após filtração, totalizando 11 extratos.

### 2.2 Determinação de cor pelo método CIELAB

As coordenadas CIELab ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ) foram obtidas utilizando um colorímetro triestímulos Konica Minolta CR-10 ângulo do observador 10° e luminante D65 diretamente do aparelho, em triplicata, obtido após a concentração dos extratos. O esquema para as análises dos espaços de cor do sistema CIE  $L^*a^*b^*$ , em coordenadas retangulares, consiste em uma ordenada, que representa a luminosidade a partir do 0 (preto) até 100 (branco), na coordenada cromática “a”, que indica o conteúdo do verde ao vermelho, e na coordenada cromática “b” indicando o conteúdo do azul ao amarelo. Ainda, obtiveram-se as variáveis do sistema CIE  $L^*C^*h^*$ , representado em coordenadas cilíndricas e indicadas pela Figura 1, o que possibilitou avaliar, o ângulo de tonalidade cromática ( $h^*$ ), e o Cromo ( $C^*$ ) pelas Equações 1 e 2, respectivamente,

descritas por McGuire et al. (1992) e a diferença total de cor ( $\Delta E$ ) (Pathare, Opara e Al-Said, 2013), indicada pela Equação 3.

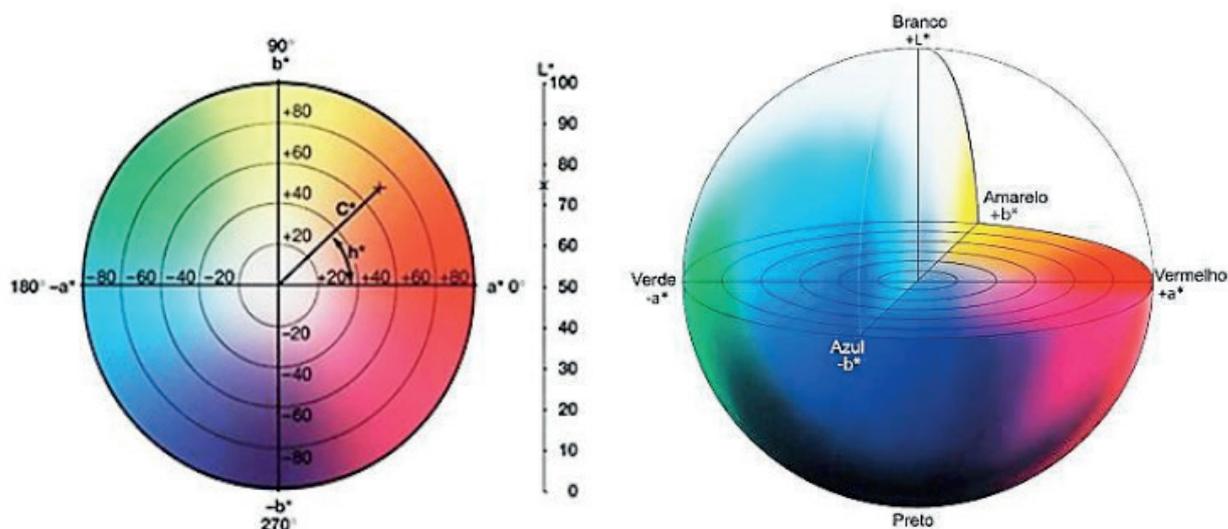


Figura 1 – Representação do diagrama de cor no Espaço de Cor  $L^*C^*h$

$$h^* = \left[ \arctan \left( \frac{b^*}{a^*} \right) \times 180 \right] / \pi \quad (1)$$

$$C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2} \quad (2)$$

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta b^{*2} + \Delta a^{*2}} \quad (3)$$

$$\Delta L = L_{\text{amostra}} - L_{\text{padrão}} \quad (4)$$

$$\Delta a^* = a^*_{\text{amostra}} - a^*_{\text{padrão}} \quad (5)$$

$$\Delta b^* = b^*_{\text{amostra}} - b^*_{\text{padrão}} \quad (6)$$

Em que,  $h^*$  é a tonalidade,  $C^*$  é o croma, e  $L^*$  são os parâmetros colorimétricos,  $\Delta E$  é a diferença total de cor,  $\Delta L$  é a variação da luminosidade e  $\Delta a^*$  e  $\Delta b^*$  são as variações dos parâmetros de cor  $a^*$  e  $b^*$ , respectivamente.

### 2.3 pH e rendimentos

A determinação do potencial hidrogênico (pH) dos extratos foi realizada utilizando-se um pHmetro de bancada da marca LineLab pH Pro. Os rendimentos foram calculados em relação aos extratos concentrados após evaporação rotativa e em relação à filtração.

### 2.4 Análise estatística

Foi realizada a análise das médias significativas (teste de Tukey), com nível de

confiança de 95%, com o suporte computacional do *software* *Statistica* 7.0, com a finalidade de verificar a influência dos diferentes solventes utilizados nos parâmetros colorimétricos, a partir da análise dos grupos homogêneos formados.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Identificação do Material Botânico

As amostras da planta de açairana (Figura 2a) foram identificadas na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/PA (EMBRAPA) sob o código IAN 197972, através da análise da exsicata (Figura 2b).

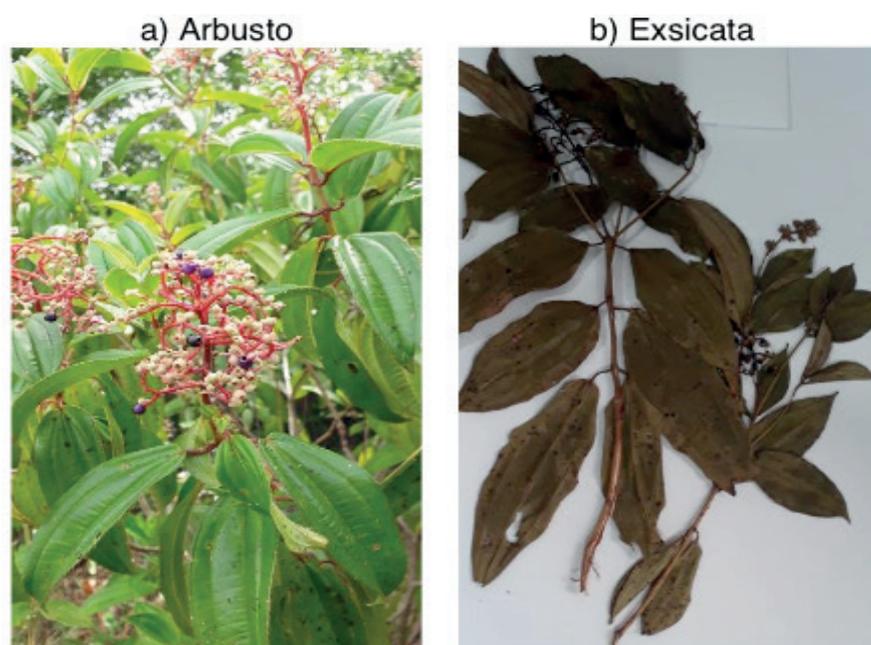


Figura 2 – Açairana

#### 3.2 Análises dos Parâmetros Colorimétricos

As médias dos parâmetros de cor CIELab, a tonalidade, o Croma e a diferença total de cor, calculada em comparação com o extrato padrão (EP) estão apresentados na Tabela 1.

Identificação	h*	C*	$\Delta E$	L	a*	b*
Extrato Padrão						
EP	82,35	4,51	-	15,37	+0,60	+4,47
Extratos Aquosos						
EA1	86,57	5,58	1,30	14,73	+0,33	+5,57
EA2	76,15	4,88	4,25	11,17	+1,17	+4,73
Extratos com Solventes orgânicos						
ES1	49,48	5,44	3,07	14,70	+3,53	+4,13
ES2	49,94	6,84	3,88	15,60	+4,40	+5,23
ES3	43,75	5,40	3,38	15,27	+3,90	+3,73

ES4	58,97	4,98	5,44	10,30	+2,57	+4,27
Extratos com solventes orgânicos concentrados						
ES1'	85,06	7,36	3,11	14,17	+0,63	+7,33
ES2'	84,81	7,37	3,59	13,20	+0,67	+7,33
ES3'	86,62	7,35	3,35	16,63	+0,43	+7,33
ES4'	84,65	7,87	4,24	12,80	+0,73	+7,83

Tabela 1 – Tonalidade cromática, croma e diferença total de cor dos extratos

### 3.2.1 Extratos aquosos

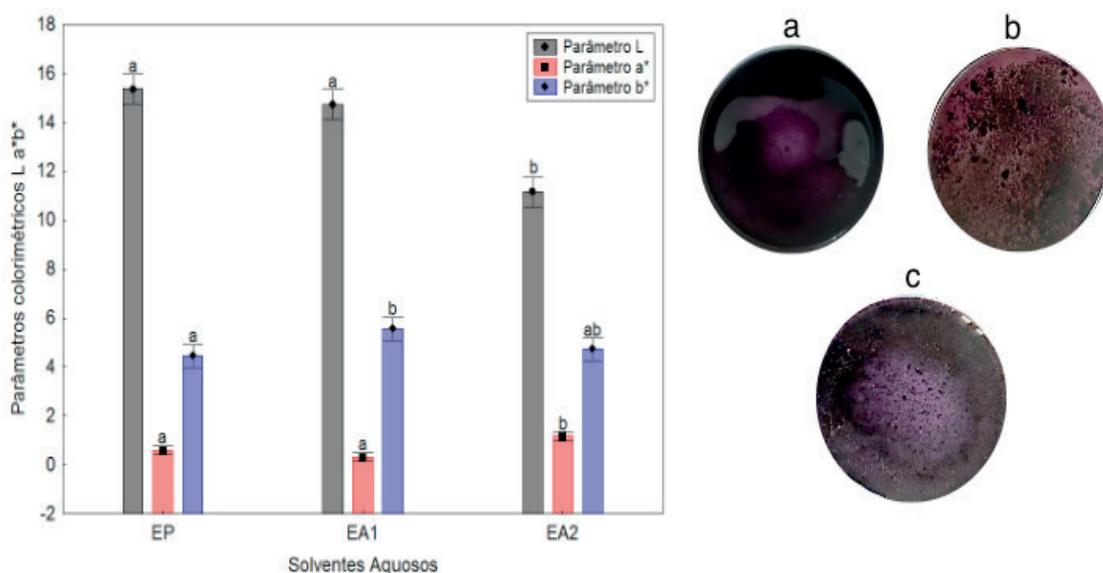


Figura 3 – a) EP, b) EA1(aquecida) e c) EA2 (a temperatura ambiente).

Dentre os extratos aquosos, o EA1 (Figura 3b) apresentou coloração mais luminosa e intensa, com base no parâmetro croma, que o EA2 (Figura 3c), ambos os extratos apresentam tonalidades arroxeadas escuras, que são caracterizadas através das coordenadas cromáticas  $a^*$  e  $b^*$  (Tabela 1) e, aliado aos baixos valores indicados pela luminosidade e cromaticidade, que confirmam a identificação destes extratos, entre as colorações mais próximas do azul e roxo.

A análise das médias significativas prevê a formação de dois grupos homogêneos (a, b), visualizados na Figura 3, tem-se que o extrato aquoso aquecido (EA2) apresentou uma redução no parâmetro L e, um leve aumento no parâmetro  $b^*$ , o que o levou a se diferenciar estatisticamente dos demais extratos aquosos. Em que, se observa grau de luminosidade ( $L^*$ ) e o parâmetro  $a^*$  o classifica em um grupo distinto aos demais extratos.

### 3.2.2 Extratos a partir de solventes orgânicos

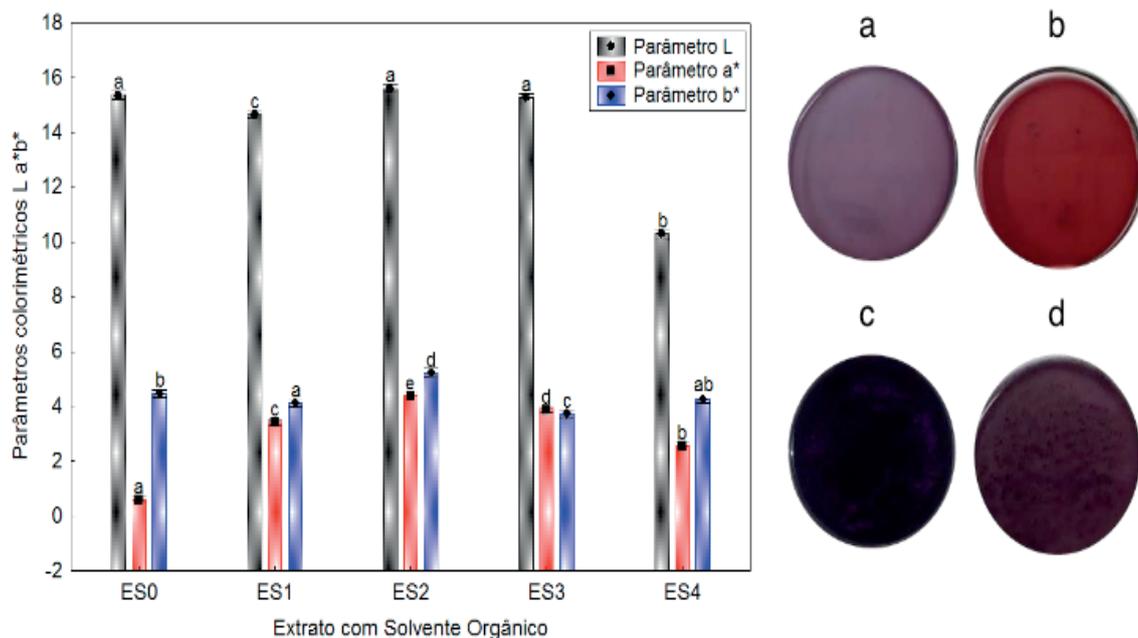


Figura 4 – Extratos com solventes orgânicos brutos: a) Etanol 95% (ES2), b) Acetona (ES1), c) Etanol 50% (ES3) e d) Metanol (ES4).

Ao analisar os extratos a base de solventes orgânicos, observa-se que os extratos a base de metanol (ES4) não concentrado (Figura 4d) e concentrado (Figura 5d), respectivamente, foram os que mais se distanciaram do extrato padrão, considerando a diferença total de cor ( $\Delta E$ ). Os demais extratos apresentaram diferença total de cores semelhantes, com valor médio de 3,39. A partir dos ângulos de tonalidade cromática, os extratos com solventes orgânicos (Figura 4, Tabela 1), diferente dos demais, apresentaram tonalidades mais próximas do vermelho; contudo, ao considerar o croma, devido aos seus baixos valores, ainda se percebe a influência de colorações roxas, sendo a cor mais intensa e luminosa observada no extrato a base de acetona (ES2).

A partir do teste de Tukey, observa-se a formação de grupos homogêneos distintos, indicados no gráfico da Figura 4. A luminosidade apresentou valores estatisticamente iguais para o extrato padrão, acetona e etanol 50%, inferindo que estes solventes não apresentaram influência significativa neste parâmetro.

Nenhum solvente apresentou mesmo grupo homogêneo do extrato padrão e nem entre si para a coordenada cromática  $a^*$ , desta forma houve influência por todos os solventes neste parâmetro. A coordenada cromática  $b^*$  mostrou que o metanol (grupos homogêneos ab) apresentou comportamento estatisticamente igual ao do extrato com etanol 95% (grupo homogêneo a) e do extrato padrão (grupo homogêneo b).

### 3.2.3 Extratos de solventes orgânicos concentrados

Na Figura 5, observa-se o gráfico gerado para os parâmetros colorimétricos com os grupos homogêneos formados a partir do Teste de Tukey, dos extratos concentrados por rotaevaporação, assim como as imagens destes extratos.

O ES4 concentrado por rotaevaporação, demonstrou coloração com menor luminosidade em relação aos demais extratos solventes concentrados, sendo este o extrato mais escuro. Já com relação à diferença total de cor (DE) destaca-se mudança considerável na cor do extrato com metanol em relação ao padrão, enquanto que, o extrato com álcool etílico 50%, é o que mais se aproxima da coloração padrão, para estes extratos.

A partir da Figura 5, é possível observar que os extratos possuem baixa luminosidade e não apresentaram variações significativas nesta variável (L) entre os diferentes solventes, percebe-se também, através do teste Tukey, que todos os solventes orgânicos compartilham o mesmo grupo homogêneo (a) no parâmetro L, inferindo que não houve variação estatística considerável na luminosidade ao se analisar os diferentes solventes após concentração, sendo todos estatisticamente iguais e somente o extrato com etanol 95% apresentou luminosidade semelhante ao do extrato padrão. Também, observa-se que o processo de concentração dos extratos com solventes orgânicos influenciou nos parâmetros colorimétricos (Tabela 1 e Figura 5), os quais resultaram em cores mais escuras e com tendência às colorações azul e roxa, assim como as indicadas nos extratos aquosos, após a evaporação dos solventes.

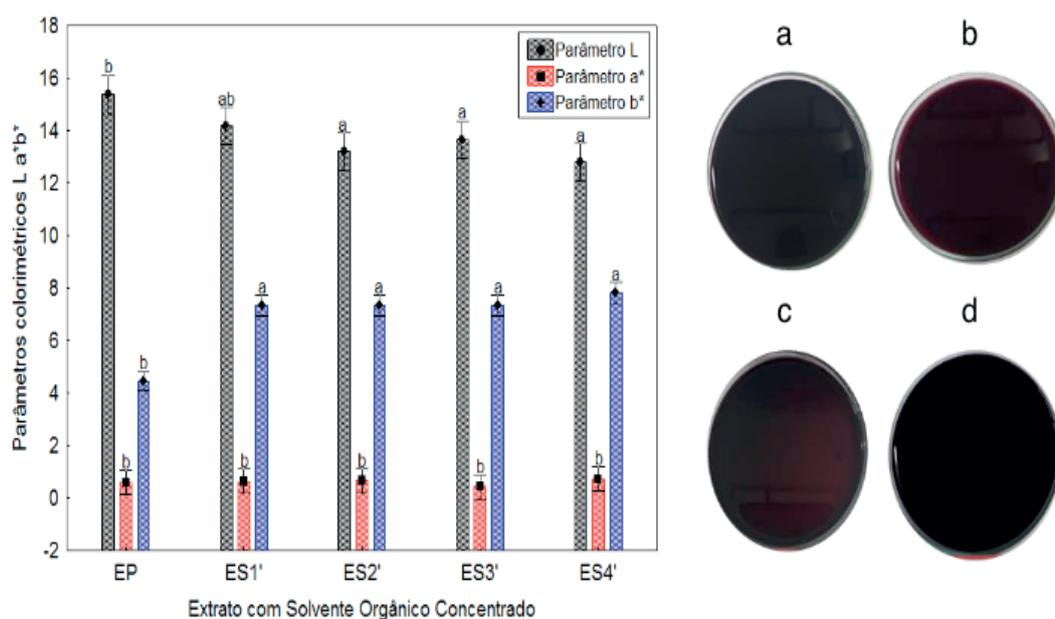


Figura 5 – Extratos com solventes orgânicos concentrados: a) Etanol 95% (ES2'), b) Acetona (ES1'), c) Etanol 50% (ES3') e d) Metanol (ES4').

Pelo Teste Tukey, é possível afirmar que, assim como na luminosidade, os parâmetros  $a^*$  e  $b^*$  tiveram mesmo comportamento estatístico para os quatro solventes utilizados após a evaporação rotativa, podendo concluir que este método resulta em colorações semelhantes, não sendo viável sua utilização para a extração de corantes.

Houve maior aproximação do ângulo de tonalidade do extrato padrão (82,35), pelo ES4' concentrado (84,65) e a tendência de todos os extratos concentrados indicou a predominância para coloração semelhante ao do EP ao se analisar o ângulo

de tonalidade ( $h^*$ ), a luminosidade (L) e o parâmetro colorimétrico  $a^*$ .

Observou-se que os extratos concentrados apresentaram menor valor para a diferença total de cor em relação ao extrato padrão (Tabela 1), do que os extratos por solventes sem concentração, sendo a única exceção o ES1', com coloração menos semelhante ao padrão que o ES1 não concentrado. Foi constatado também valores bem distintos entre os extratos obtidos com solventes e os obtidos com solventes por concentração em evaporação rotativa, comprovando a influência da temperatura sobre as antocianinas. Estudos realizados por Ribeiro et al. (2016) já indicavam o efeito da temperatura na degradação de antocianinas.

### 3.3 Determinação do potencial hidrogeniônico (pH) e rendimentos

A Tabela 2 demonstra o pH dos extratos padrão e a partir de cada solvente orgânico e seus rendimentos em relação a evaporação rotativa e à filtração.

Nomen.	Ph	Rendimento do concentrado (%)	Rendimento do filtrado (%)
EP1	3,07	-	-
ES1	3,41	10,04	84,17
ES2	3,05	16,16	74,61
ES3	3,56	8,19	77,81
ES4	3,58	9,94	80,81

Tabela 2 – Potencial Hidrogeniônico (pH) e rendimento dos extratos.

Observam-se rendimentos significativamente superior nos extratos filtrados em comparação aos concentrados (maior rendimento de 10,04%), reforçando a ineficiência obtida tanto na coloração quanto nos rendimentos para aplicação de evaporação rotativa. Os extratos obtidos com etanol 95% e metanol foram os que apresentaram maior rendimento, acima de 80%, e o menor rendimento foi obtido a partir de etanol 50%, verificando que a diluição do solvente em água pode minimizar a quantidade de extrato obtido.

Os valores de pH são semelhantes aos obtidos 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 aquosos de açairana. Pode-se perceber, também, que o extrato com acetona correspondeu ao mais ácido se comparados aos demais solventes, podendo atribuir a isto a coloração avermelhada que este extrato apresentou. Comprovou-se anteriormente a influência do pH na coloração de extratos por Antler et al. (2013) em estudo de extrato de mirtilo como indicador de pH. Como a antocianina obtida em meios extremamente ácidos apresentam coloração avermelhada, como observado também por Março et al. (2008) o trabalho realizado, a priori, teve êxito no que tange à obtenção de corantes ao compararmos pH e parâmetros colorimétricos.

## 4 | CONCLUSÃO

Os resultados obtidos para os valores de pH, rendimentos, parâmetros colorimétricos  $L^*a^*b^*$ , diferença total de cor, tonalidades e cromas, dos extratos padrão, solventes orgânicos, aquosos e solventes orgânicos concentrados por rotaevaporação, comprovam a influência dos diferentes solventes avaliados na coloração dos extratos, sugerindo satisfatoriamente que as condições experimentais associadas aos solventes avaliados possibilitam a obtenção do corante azul da *Miconia ciliata* (Rich) DC. Além disso, observa-se que o processo de concentração das amostras corantes também influencia diretamente de forma negativa na tonalidade e no croma dos extratos, apresentando degradação na coloração, apresentando rendimentos baixos, inferindo que sua utilização não é viável.

## 5 | AGRADECIMENTOS

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

## REFERÊNCIAS

- ANTLER, M.; ZUCOLOTTI, A. M.; NICHELE, A. G. **Extrato de mirtilo como indicador de pH**, Anais do 33º Encontro de debates sobre o ensino de química, n. 33, 2013.
- BRIDGERS, E.N.; CHINN, M.S.; TRUONG, V.D. **Extraction of anthocyanins from industrial purple-fleshed sweetpotatoes and enzymatic hydrolysis of residues for fermentable sugars**. *Industrial, Crops and Products*, V.32 (3), p. 613–620, 2010.
- CANUTO, G.A.B; XAVIER, A.A.O.; NEVES, L.C.; BENASSI, M.T. **Caracterização físico-química de polpas da Amazônia e sua correlação com a atividade anti-radical livre**. *Revista Brasileira de Fruticultura*. V. 32, n. 4, p. 1196-1205, Jaboticabal – SP, 2010.
- FERREIRA, M. D. **Instrumentação pós-colheita em frutas e hortaliças**. Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária (EMBRAPA). Parte 4, cap. 1, p. 207-217. Brasília – DF, 2017.
- JÚNIOR, F. B. P. **Notas sobre a Fenologia e Visitantes Florais de *Miconia Ciliata* (Rich.) DC. (Melastomataceae)**. Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Sér. Ciências Naturais, V. 1 (2). p. 57-60, Belém – Pa, 2005.
- KONICA MINOLTA SENSING AMERICAS: **Compreendendo o Espaço de Cor CIE L\*C\*h**. Disponível em: < <http://sensing.konicaminolta.com.br/2015/11/control-de-cor-de-leite-em-po/>>. Acessado em janeiro e fevereiro de 2019.
- MARÇO, P. H; POPPI, R. J; SCARMINIO, I. S. **Procedimentos analíticos para a identificação de antocianinas presentes em extratos naturais**. *Química nova*, V. 31 (5), p. 1218-1223, 2008.
- 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.

MCGUIRE, R. G. **Reporting of Objective Color Measurements**. HortScience, v. 27, n. 12, p. 1254-1255, 1992.

MODERN COLOR MODELS. Disponível em: <[www.handprint.com/HP/WCL/color7.html](http://www.handprint.com/HP/WCL/color7.html)>. Acesso em: 26/08/2018.

PATHARE, P. B.; OPARA, U. L.; AL-SAID, F. A. **Colour Measurement and Analysis in Fresh and Processed Foods: A Review**. Food Bioprocess Technol. v. 6, p. 36–60, 2013.

PEREIRA-KECHINSKI, C.; RAMOS-GUIMARAES, P.V.; ZAPATA-NOREÑA, C.P.; TESSARO, I.C.; FERREIRA-MARCZAK, L.D. **Degradation kinetics of anthocyanin in blueberry juice during thermal treatment**, Food Science, V.75 (2), p.173-176, 2010.

GALVÃO, A. C.; ROBAZZA, W. S.; SOUZA, P. P.; RIBEIRO, A. L. G. **Extração e degradação térmica de antocianinas presentes nas folhas do repolho roxo e nas cascas de jabuticaba**. Anais do Congresso Brasileiro de Engenharia Química. Campinas – SP, 2016.

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 (1), p. 157-170, Crato – CE, 2017.

## 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**