

As Engenharias frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente 4

Henrique Ajuz Holzmann
(Organizador)



Henrique Ajuz Holzmann
(Organizador)

As Engenharias frente a Sociedade, a
Economia e o Meio Ambiente 4

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Executiva: Prof^a Dr^a Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Natália Sandrini
Edição de Arte: Lorena Prestes
Revisão: Os Autores

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

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Dr^a Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof^a Dr^a Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^a Dr^a Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof^a Dr^a Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof^a Dr^a Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof^a Dr^a Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof^a Dr^a Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof.^a Dr.^a Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
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. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
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. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof.ª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof.ª Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof.ª Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
E57	<p>As engenharias frente a sociedade, a economia e o meio ambiente 4 [recurso eletrônico] / Organizador Henrique Ajuz Holzmann. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (As Engenharias Frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente; v. 4)</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-433-7 DOI 10.22533/at.ed.337192506</p> <p>1. Engenharia – Aspectos sociais. 2. Engenharia – Aspectos econômicos. 3. Desenvolvimento sustentável. I. Holzmann, Henrique Ajuz. II. Série.</p> <p style="text-align: right;">CDD 658.5</p>
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

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

APRESENTAÇÃO

As obras As Engenharias frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente Volume 1, 2, 3 e 4 abordam os mais diversos assuntos sobre métodos e ferramentas nas diversas áreas das engenharias a fim de melhorar a relação do homem com o meio ambiente e seus recursos.

O Volume 1 está disposto em 31 capítulos, com assuntos voltados a engenharia do meio ambiente, apresentando processos de recuperação e reaproveitamento de resíduos e uma melhor aplicação dos recursos disponíveis no ambiente, além do panorama sobre novos métodos de obtenção limpa da energia.

Já o Volume 2, está organizado em 32 capítulos e apresenta uma vertente ligada ao estudo dos solos e águas, com estudos de sua melhor utilização, visando uma menor degradação do ambiente; com aplicações voltadas a construção civil de baixo impacto.

O Volume 3 apresenta estudos de materiais para aplicação eficiente e econômica em projetos, bem como o desenvolvimento de projetos mecânico e eletroeletrônicos voltados a otimização industrial e a redução de impacto ambiental, sendo organizados na forma de 28 capítulos.

No último Volume, são apresentados capítulos com temas referentes a engenharia de alimentos, e a melhoria em processos e produtos.

Desta forma um compendio de temas e abordagens que facilitam as relações entre ensino-aprendizado são apresentados, a fim de se levantar dados e propostas para novas discussões em relação ao ensino nas engenharias, de maneira atual e com a aplicação das tecnologias hoje disponíveis.

Boa leitura

Henrique Ajuz Holzmann

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
VARIAÇÃO ESTACIONAL DA OFERTA E DO PREÇO DE TOMATE LONGA VIDA EM MINAS GERAIS	
Luis Felipe Lima e Silva Douglas Correa de Souza Wilson Roberto Maluf	
DOI 10.22533/at.ed.3371925061	
CAPÍTULO 2	13
ANÁLISE DA CINÉTICA DE SECAGEM DO NABO JAPONES (<i>Raphanus Sativus Var. Acanthioformis</i>) E DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DIFUSIVO DE TRANSFERÊNCIA DE MASSA	
Thayná de Lima Costa Keyvlin dos Santos Pais Marcela Felix dos Santos Monique Mendes dos Santos Raquel Manozzo Galante Leandro Osmar Werle	
DOI 10.22533/at.ed.3371925062	
CAPÍTULO 3	22
CINÉTICA DE SECAGEM DE YACON (<i>Smallanthus sonchifolius</i>) E AVALIAÇÃO DE MODELOS MATEMÁTICOS	
Luan Gustavo dos Santos Thais de Freitas Brauna Joice Cristina Catache Menezes Rosângela Cacho Ferreira Raquel Manozzo Galante Leandro Osmar Werle	
DOI 10.22533/at.ed.3371925063	
CAPÍTULO 4	31
CINÉTICA DE SECAGEM DA FRUTA DE NONI (<i>Morinda citrifolia linn</i>): INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NA DIFUSIVIDADE EFETIVA	
Thayná de Lima Costa Fernanda de Oliveira Coaresma Bruna Martinhago Raquel Manozzo Galante Leandro Osmar Werle	
DOI 10.22533/at.ed.3371925064	
CAPÍTULO 5	40
AVALIAÇÃO DE MODELOS DE SECAGEM E DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DIFUSIVO DE CARÁ (<i>Dioscorea alata</i>)	
Luan Gustavo dos Santos Cristian Rocha da Silva Marcela Felix dos Santos Raquel Manozzo Galante Leandro Osmar Werle	
DOI 10.22533/at.ed.3371925065	

CAPÍTULO 6 49

TRATAMENTO DE CASTANHA DE CAJU POR RADIAÇÃO UV-C DE LED PARA REDUÇÃO DE BOLORES

Leticia Cabrera Parra Bortoluzzi
Iasmim Pereira de Moraes
Ana Rita Zulim Leite
Brenda Dall Molin
Sidnei Macedo Pereira Filho
Márcia Regina Ferreira Geraldo Perdoncini
Fabio Henrique Poliseli Scopel
Roberto Ribeiro Neli
Roberta de Souza Leone
Heron Oliveira dos Santos Lima

DOI 10.22533/at.ed.3371925066

CAPÍTULO 7 58

AVALIAÇÃO DA AÇÃO ANTIFÚNGICA DOS EXTRATOS BRUTOS DE MUTAMBA E CATUABA CONTRA O FUNGO *Botrytis cinerea*

Amanda Correia Gardenal
Ana Rita Zulim Leite
Iasmim Pereira de Moraes
João Carlos Palazzo de Mello
Daniela Cristina de Medeiros
Danielly Chierrito de Oliveira Tolentino
Mariane Roberta Ritter
Naiara Cássia Gancedo
Sharize Betoni Galende
André Oliveira Fernandes da Silva
Leila Larisa Medeiros Marques
Márcia Regina Ferreira Geraldo Perdoncini

DOI 10.22533/at.ed.3371925067

CAPÍTULO 8 67

COMPARAÇÃO DE LEVEDURAS CERVEJEIRAS SECA E ÚMIDA

Camila A. Carazzato
Mário L. Lopes
Sandra H. da Cruz

DOI 10.22533/at.ed.3371925068

CAPÍTULO 9 76

INFLUÊNCIA DO USO DE TRAÇADOR COLORIDO NO CULTIVO EM ESTADO SÓLIDO

Marianny Silva Canedo
Lucas Portilho da Cunha
João Paulo Henrique
João Cláudio Thoméo

DOI 10.22533/at.ed.3371925069

CAPÍTULO 10 85

AVALIAÇÃO SENSORIAL DE DIFERENTES FORMULAÇÕES DE CUPCAKES COM FARINHA DE TARO (*Colocasia esculenta*) COMO ALTERNATIVA NO DESENVOLVIMENTO DE NOVOS PRODUTOS PARA PORTADORES DE DOENÇA CELÍACA

Pedro Garcia Pereira da Silva
Aline Rodrigues Pontes
Gisele Fernanda Alves da Silva
Marcello Lima Bertuci
Tuany Yuri Kuboyama Nogueira

DOI 10.22533/at.ed.33719250610

CAPÍTULO 11 91

OTIMIZAÇÃO DE FORMULAÇÃO DE BISCOITO TIPO COOKIE ISENTO DE GLÚTEN UTILIZANDO FARINHA DE ARROZ, TEFF E SORGO

Geovana Teixeira de Castro
Luiza Pelinson Tridapalli
Angélica Maria Delovo Fernandes
Flávia Aparecida Reitz Cardoso
Leila Larisa Medeiros Marques
Renata Hernandez Barros Fuchs
Adriana Aparecida Droval
Hellen Fernanda da Silva Paulino
Lucas de Souza Nespeca
Beatriz Musi Sarris Gomes Lourenço
Leonardo Vasconcelos Jacovassi
Pamela da Silva Souza

DOI 10.22533/at.ed.33719250611

CAPÍTULO 12 100

AVALIAÇÃO SENSORIAL DE TRÊS MARCAS DE BACON COMERCIAL

Bruna Grassetti Fonseca
Bianca Guimarães
Maria Julia Neves Martins
Ana Carolina Conti e Silva

DOI 10.22533/at.ed.33719250612

CAPÍTULO 13 108

DESENVOLVIMENTO DE LOMBO DEFUMADO PRODUZIDO COM CARNE DE JAVALI

Lucas de Souza Nespeca
Camila da Silva Venancio
Ana Claudia Montuan de Sousa
Adriana Aparecida Droval
Leila Larisa Medeiros Marques
Renata Hernandez Barros Fuchs
Flávia Aparecida Reitz Cardoso
Natália da Silva Leitão Peres
Angélica Maria Delovo Fernandes
Lucas Shinti Iwamura
Larissa Correa

DOI 10.22533/at.ed.33719250613

CAPÍTULO 14 118

OTIMIZAÇÃO DE MORTADELA COM APLICAÇÃO DE MACA PERUANA

Natália da Silva Leitão Peres
Letícia Cabrera Parra Bortoluzzi
Adriana Aparecida Droval
Leila Larisa Medeiros Marques
Flávia Aparecida Reitz Cardoso
Renata Hernandez BarrosFuchs
Camila da Silva Venancio
Lucas de Souza Nespeca
Luiza Pelinson Tridapalli
Lucas Shinti Iwamura
Larissa Correa
Angélica Maria Delovo Fernandes

DOI 10.22533/at.ed.33719250614

CAPÍTULO 15 127

CARACTERIZAÇÃO DA GELATINA OBTIDA DA PELE DE TILÁPIA DO NILO (*Oreochromis niloticus*)

Bárbara de Sena Nunes Menezes
Beatriz Helena Paschoalinotto
Camila da Silva Venancio
Flávia Aparecida Reitz Cardoso
Adriana Aparecida Droval
Renata Hernandez Barros Fuchs
Pâmela da Silva Souza
Natália da Silva Leitão Peres
Maria Gabriella Felipe Silva
Leila Larisa Medeiros Marques
Larissa Correa
Lucas Shinti Iwamura

DOI 10.22533/at.ed.33719250615

CAPÍTULO 16 137

PREPARAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE MICROCAPSULAS POLI (UREIA-FORMALDEÍDO) PREENCHIDAS COM ÓLEO DE SILICONE COMO INIBIDOR DE CORROSAO PARA APLICAÇÃO EM TINTAS

Renata França Palhano
Rogério Gomes de Araújo

DOI 10.22533/at.ed.33719250616

CAPÍTULO 17 152

REMOÇÃO DE Cu(II) POR ADSORÇÃO EMPREGANDO CASCA DE COCO MODIFICADA COM FORMALDEÍDO POLIMERIZADO

José Eduardo da Silva
Francisco Idelbrando Lima Rodrigues
Sara Nóbrega Pacífico
Aline Sales Ferreira
Leonardo Félix Santiago
Luisa Celia Melo Pacheco
Francisco André Andrade Aguiar
Vicente Oliveira de Sousa Neto

DOI 10.22533/at.ed.33719250617

CAPÍTULO 18 163

ENTALPIA E ENTROPIA DE SORÇÃO DE ÁGUA DA FARINHA DE CAÑIHUA (*Chenopodium pallidicaule Aellen*)

Julles Mitoura dos Santos Junior
Mona Mellissa Oliveira Cruz
Augusto Pumacahua Ramos
Diana Maria Cano Higueta
Romildo Martins Sampaio
Harvey Alexander Villa Vélez

DOI 10.22533/at.ed.33719250618

CAPÍTULO 19 178

NANOTECNOLOGIA E MEDICINA: NOVAS PERSPECTIVAS PARA O FUTURO

Gustavo Marquezi Borges
Douglas Daniel Dalle Corte
Iago Bissani Pesavento
Odirlei Antônio Magnagnagno

DOI 10.22533/at.ed.33719250619

CAPÍTULO 20 186

RISCO E DOLO EVENTUAL NA INTERFACE ENTRE ENGENHARIA E DIREITO

Antonio Maria Claret-Gouveia
Alberto Frederico Vieira de Sousa-Gouveia
Miguel Paganin Neto

DOI 10.22533/at.ed.33719250620

CAPÍTULO 21 199

AVALIAÇÃO ANTROPOMÉTRICA EM POSTOS DE TRABALHO DE MARCENARIAS NA CIDADE DE MOSSORÓ – RN

Bruno Ítalo Franco de Oliveira
Fabrícia Nascimento de Oliveira
Carolina Mendes Lemos
João Márcio Rebouças Araújo
Thaynon Brendon Pinto Noronha
Wandick Nascimento Dantas
Pedro Renato Moraes Salgado
Anderson Nunes Silva
Ana Victoria Carlos Almeida
Luara Karolinny Machado de Oliveira
Jerfson Moura Lima

DOI 10.22533/at.ed.33719250621

CAPÍTULO 22 216

COMO A DISSEMINAÇÃO EFICIENTE DAS POLÍTICAS DE TI PODE INFLUENCIAR NA MELHORIA DOS SERVIÇOS PRESTADOS À CIDADE

Luiz Fernando Rocha Pombo
Ana Paula Guzela Bertolin

DOI 10.22533/at.ed.33719250622

CAPÍTULO 23 228

ESTUDO COMPARATIVO DE DESEMPENHO DE EXECUÇÃO DE ALGORITMOS NO CUDA E NO OPENCL

Antonio Raian de Lima Mendes

Angelo Amâncio Duarte

DOI 10.22533/at.ed.33719250623

SOBRE O ORGANIZADOR..... 234

CINÉTICA DE SECAGEM DA FRUTA DE NONI (*Morinda citrifolia linn*): INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NA DIFUSIVIDADE EFETIVA

Thayná de Lima Costa

Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Faculdade de Engenharia (FAEN)

Dourados - Mato Grosso do Sul, Brasil.

Fernanda de Oliveira Coaresma

Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Faculdade de Engenharia (FAEN)

Dourados - Mato Grosso do Sul, Brasil.

Bruna Martinhago

Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Faculdade de Engenharia (FAEN)

Dourados - Mato Grosso do Sul, Brasil.

Raquel Manozzo Galante

Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Faculdade de Engenharia (FAEN)

Dourados - Mato Grosso do Sul, Brasil.

Leandro Osmar Werle

Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Faculdade de Engenharia (FAEN)

Dourados - Mato Grosso do Sul, Brasil.

RESUMO: O Noni (*Morinda citrifolia linn*) é uma fruta pouco conhecida no Brasil, mas com um aumento no interesse em relação aos benefícios presentes na planta. Importante planta medicinal pelo uso popular como antineoplásico, sendo utilizado como terapia coadjuvante no tratamento de cânceres como os da cavidade abdominal, fígado, pulmão, pele, entre outros. Este trabalho teve como objetivo

o estudo da cinética de secagem de fatias de noni pelo mecanismo da difusão mássica com emprego da 2ª lei de Fick e avaliar a influência da temperatura na determinação do coeficiente difusivo de transferência de massa. Para tal foi empregado um secador de bandejas, sendo as amostras foram cortadas em fatias de 4 mm de espessura e submetidas à secagem convectiva à temperatura de 60°C e 70°C±2°C com velocidade do ar de secagem de 2 m/s. Com base nos resultados verificou-se que tanto a cinética de secagem quanto os valores de difusividade efetiva encontrados corroboram com a literatura, sendo de 7,4620x10⁻⁴ cm²/min e 9,1798x10⁻⁴ cm²/min para as temperaturas de 60 e 70°C, respectivamente. A influência da temperatura no coeficiente de difusão também foi observado, sendo que com o aumento da temperatura tem-se um aumento deste parâmetro.

PALAVRAS-CHAVE: Segunda Lei de Fick, difusividade, desidratação, cinética.

ABSTRACT: Noni (*Morinda Citrifolia Linn*) is a little known fruit in Brazil, but with an increase in interest in relation to the benefits present in the plant. Important medicinal plant for popular use as antineoplastic, being used as adjuvant therapy in the treatment of cancers such as the abdominal cavity, liver, lung, skin, among others. The aim of this work was to study the kinetics of

noni slices drying by the mass diffusion mechanism using the second law of Fick and to evaluate the influence of temperature on the determination of the diffusion coefficient of mass transfer. For this purpose, a tray dryer was used and the samples were cut into slices of 4 mm in thickness and subjected to convective drying at 60 °C and 70 °C ± 2 °C with drying air velocity of 2 m/s. Based on the results, it was verified that the drying kinetics and the effective diffusivity values found are in agreement with the literature, being $7,4620 \times 10^{-4}$ cm²/min and $9,11798 \times 10^{-4}$ cm²/min for the temperatures of 60 and 70 °C, respectively. The influence of the temperature on the diffusion coefficient was also observed, and due to the increase in temperature as a result there is an increase of this parameter.

KEYWORDS: *Fick's second law*, diffusivity, dehydration, kinetics.

1 | INTRODUÇÃO

A *Morinda citrifolia linn*, conhecida por Noni ou Noni Taiti, ganha destaque como importante planta medicinal pelo uso popular como antineoplásico. Ela é uma pequena árvore da família das *Rubiaceae*, originária do Sudoeste da Ásia, sendo difundida pelo homem através da Índia e Oceano Pacífico até as ilhas da Polinésia Francesa (Chan-Blanco *et al.*, 2006).

O emprego tradicional da *Morinda citrifolia L.* pelos polinésios atribuía-se aos efeitos relacionados com atividade antibacteriana, antiviral, antifúngica, antitumoral, anti-helmíntica, analgésica, anti-inflamatória, hipotensora e imune estimulante. Atualmente, sabe-se que os benefícios da fruta, vão além dos que os polinésios conheciam, sendo utilizado como terapia coadjuvante no tratamento de cânceres como os da cavidade abdominal, fígado, pulmão, pele, entre outros (Araújo; Oliveira; Coriolano, 2007).

Praticamente todas as partes da planta de noni são utilizadas e a cada uma delas são atribuídas propriedades medicinais distintas. É atribuída propriedade adstringente à casca, sendo utilizada no tratamento da malária; as folhas usadas como analgésico e para inflamações externas; as flores empregadas no tratamento de inflamações oculares; o extrato das raízes é usado para baixar a pressão sanguínea; e sementes utilizadas como laxante (Correia, 2010).

A introdução do fruto da *Morinda citrifolia linn* é recente no Brasil e ainda não há difusão das informações sobre o fruto suficiente para que haja incentivo ao cultivo em escala comercial, porém, nas últimas décadas, observou-se um aumento significativo desse interesse em relação aos produtos contendo essa planta (Araújo; Oliveira; Coriolano, 2007).

As sementes, segundo Salinas (2002), constituem alimentos concentrados, de fácil conservação, bastando apenas preservá-las da umidade, sendo utilizados na alimentação do gado e das aves e quando transformados em proteínas e gorduras são inseridos à alimentação humana, pois são de fácil industrialização, permitindo

apresentação muito diversificada.

Em virtude do elevado teor de umidade, os frutos de noni são altamente perecíveis. A umidade pode influenciar a multiplicação, a atividade metabólica, a resistência e a sobrevivência dos microrganismos presentes nos alimentos (Souza Filho *et al.*, 1999).

Por esse motivo, resolveu-se realizar pesquisa com os frutos da espécie *Morinda citrifolia linn*, a fim de estudar produto seco para o consumo na dieta alimentar.

Segundo Corrêa *et al.* (2004) a secagem tem o objetivo cessar as alterações químicas dos tecidos das plantas e evitar possíveis degradações durante o seu armazenamento, mantendo, assim, suas características físicas e químicas por mais tempo.

A secagem é uma operação unitária tradicionalmente conhecida em que o conteúdo de umidade do material é reduzido por meio do contato íntimo com ar aquecido. Com a redução do excesso de umidade aumenta-se a vida útil do produto, reduz seu volume e, com isso, facilita-se o manuseio e transporte. Além de promover estabilidade dos componentes químicos e proteger o produto contra a degradação enzimática oxidativa (Park; Bin; Brod, 2002).

A maioria dos modelos utilizados para o estudo da cinética de secagem estão baseados na segunda Lei de Fick e nas soluções analíticas da equação de difusão. Segundo Geankoplis (1998), na secagem de um sólido mediante um gás, fixadas temperaturas e umidade, manifesta-se sempre um determinado tipo de comportamento do produto. Desta forma, este trabalho teve como objetivo o estudo da cinética de secagem de fatias de noni (*Morinda citrifolia linn*) com emprego da teoria difusional da 2ª lei de Fick, em um secador de bandejas com velocidade do ar constante e avaliar a influência da temperatura na determinação do coeficiente difusivo de transferência de massa para a fruta alvo do estudo.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Material

Para o experimento a fruta noni (*Morinda citrifolia linn*) foi adquirida no comércio local de Dourados-MS, onde cortou-se a fruta em fatias de 0,4 cm de espessura, sendo o diâmetro médio das fatias de 5,75 cm. Estas foram pesadas em balança eletrônica analítica e colocadas em secador convectivo de bandejas com fluxo de ar vertical e entrada superior, temperatura do ar a 60 e 70±2 °C e velocidade do ar constante de aproximadamente 2 m/s. A secagem ocorreu com fluxo de ar paralelamente à superfície da amostra, sendo utilizado para pesagem uma balança eletrônica analítica (OHAUS Pioneer PA413) com precisão de 0,01g.

2.2 Determinação da Cinética de Secagem

Para realização do experimento, foi necessário controle do fluxo de ar e da temperatura no secador. Após a verificação da estabilização da temperatura do ar de secagem da estufa nas temperaturas pré-determinadas de 60 e 70°C foram medidos os pesos das amostras em períodos diferentes de tempo; nas primeiras 2 horas, a amostra foi pesada em intervalos de 15 minutos, nas duas horas seguintes, de 30 em 30 minutos, e a partir da quinta hora de experimento, pesou-se em intervalos de 1 hora até a obtenção de peso constante até atingir a umidade de equilíbrio (X_e). A amostra permaneceu no secador até completar 24 horas, na qual, foi novamente pesada e obtido o peso final da amostra seca (W_{ss}). A umidade inicial e ao longo do tempo (X_t) para as amostras analisadas de noni foram determinadas com o emprego do peso da água evaporada e do peso final da amostra seca (W_{ss}).

Com os dados obtidos foram construídas a curvas típicas de secagem e a taxa de secagem (R_a , expressa em $gH_2O/min.cm^2$), sendo a curva de secagem obtida plotando-se a umidade em função do tempo, durante o período de secagem, além do peso final da amostra seca e da área superficial (A) das amostras expostas ao ar de secagem, com a Equação 1.

$$R_a = \frac{W_{ss} \cdot \Delta X}{A \cdot \Delta t} \quad (1)$$

O adimensional de umidade livre (Y) foi obtido através da Equação 2.

$$Y = \frac{X_t - X_e}{X_0 - X_e} \quad (2)$$

Em que X_t = teor de umidade do produto ao longo do tempo, (gH_2O/g sólido seco); X_0 = teor de umidade inicial do produto (gH_2O/g sólido seco); X_e = teor de umidade de equilíbrio do produto (gH_2O/g sólido seco).

2.3 Modelagem Matemática para Determinação do Coeficiente de Difusividade Efetiva

A teoria difusional, empregada neste trabalho, apoia-se exclusivamente sobre a Lei de Fick, que expressa que o fluxo de massa por unidade de área é proporcional ao gradiente de concentração de água. No presente trabalho, a difusividade efetiva (D_{ef}) da água no interior do produto foi determinada a partir da 2ª Lei de Fick (Equação 3), desconsiderando-se a contração volumétrica da amostra e com aproximação para placa plana (Cranck, 1975), sendo a equação truncada no primeiro termo (De Menezes *et al.*, 2013a), com valores constantes para a espessura, bem como para as

temperaturas e para a umidade inicial e de equilíbrio. As Equações 3 a 6 descrevem a modelagem utilizada para obtenção da difusividade efetiva empregando método gráfico com ajuste exponencial, de acordo com Geankoplis (1998).

$$Y = \frac{X_t - X_e}{X_o - X_e} = \frac{8}{\pi^2} e^{-Def \left(\frac{\pi}{2L}\right)^2 t} \quad (3)$$

A Equação 3, pode ser reescrita, obtendo-se a Equação 4.

$$Y = \frac{X_t - X_e}{X_o - X_e} = A e^{kt} \quad (4)$$

Onde A e k são parâmetros do modelo, os quais representam a constante do modelo e o coeficiente de secagem, respectivamente. Isolando-se a coeficiente de secagem (k) a partir da equação anterior, obtém-se a Equação 5, e a partir dela é possível determinar o coeficiente de difusão efetivo do produto (D_{ef}) (Equação 6).

$$k = -Def \left(\frac{\pi}{2L}\right)^2 \quad (5)$$

$$-Def = \frac{kAL^2}{\pi^2} \quad (6)$$

Em que t = tempo de secagem (min); k = coeficientes de secagem (min^{-1}); a = constante do modelo, adimensional; L = espessura (mm); D_{ef} = coeficiente de difusão efetivo ($\text{cm}^2 \text{min}^{-1}$).

Como critério de avaliação do ajuste do modelo que descreve o processo de secagem utilizou-se, além do coeficiente de determinação (R^2), o erro quadrático médio (MSE) (Equação 7). O MSE é uma medida estatística padrão, o qual pode ser utilizado para definir o modelo de previsão mais preciso, quanto mais próximo de zero, mais preciso será o modelo ajustado.

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (Y_t - F_t)^2 \quad (7)$$

Em que Y_t = valores preditos pelo modelo matemático; F_t = valores obtidos experimentalmente; n = número de observações ao longo do experimento.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

A curva típica de secagem do noni é ilustrada na Figura 1, a qual relaciona a umidade livre da amostra pelo tempo de secagem. Percebe-se que nas primeiras 2 horas o conteúdo de umidade das amostras diminuiu rapidamente, e após esse período a secagem tornou-se mais lenta, comportamento semelhante foi observado por Chaguri *et al.* (2014). No início do processo, o calor fornecido pela convecção é utilizado na forma de calor sensível ocasionando um rápido aquecimento das amostras. No final do processo, há uma propensão da umidade se tornar constante, de acordo com Canochauca (2000), nesse período a água interage com os grupos polares das moléculas dos constituintes do produto dificultando a transferência de umidade do produto para o ar. Esse comportamento foi observado na Figura 1.

Além disso, observa-se que na temperatura de 60°C, o tempo para atingir a umidade de equilíbrio da amostra foi de 360 min (6h), já para a temperatura de 70°C o tempo de estabilização foi de 300 min (5h), ou seja, na secagem a 70°C, mesmo a amostra contendo uma umidade inicial levemente superior, verificou-se uma redução 1h no tempo de secagem, em função da elevação de 10 °C na temperatura do secador. Ferreira *et al.* (2017), observou que no processo de secagem do noni, obteve-se um comportamento de modo uniforme e contínuo para todas as temperaturas estudadas (50°C, 60°C, 70°C e 80°C), onde pode-se afirmar que a temperatura do ar de secagem afeta o processo reduzindo o tempo de secagem em temperaturas mais elevadas.

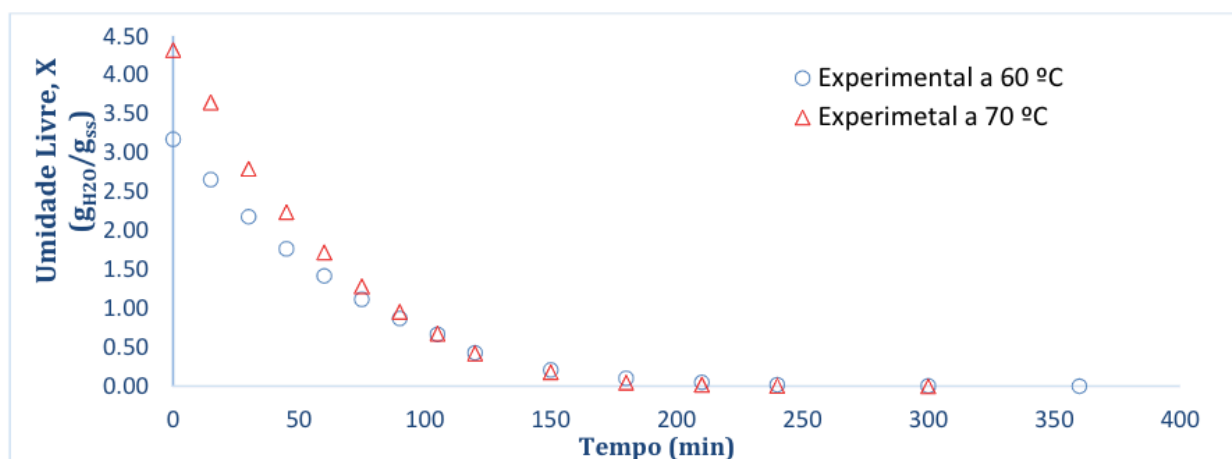


Figura 1. Curvas de secagem de noni em condições constantes e temperaturas de 60 e 70°C.

A curva de taxa de secagem (Ra) é apresentada na Figura 2, nesta curva pode-se observar o perfil de velocidade de secagem pelo conteúdo de umidade. Verifica-se que no início do processo, a remoção de umidade foi mais elevada quando comparada ao período final do processo, sendo que a taxa de secagem para temperatura de 70°C foi ligeiramente superior à de 60°C, não possuindo efeito tão pronunciado. Park, Vohnikova e Brod (2002) citam que a curva de taxa de secagem resulta da derivação da curva de secagem em relação à quantidade de umidade e pode ser dividida em

período de taxa constante de secagem e período de taxa decrescente.

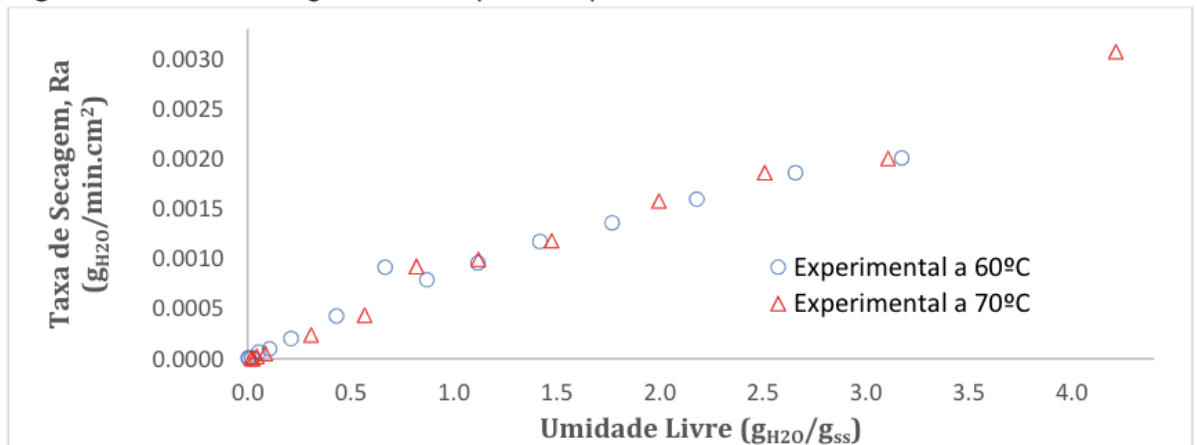


Figura 2. Taxa de secagem do Noni para temperaturas de 60 e 70°C.

Na Figura 2 é possível perceber apenas taxas de secagem decrescente para ambas as amostras, observa-se que a cinética de secagem do noni não apresentara o período de taxa constante. Desta forma, para a secagem deste fruto, a difusão é o mecanismo físico dominante que rege o movimento da umidade na amostra. A não ocorrência de período de taxa constante também foi observado por De Menezes *et al.* (2013b), sendo este comportamento característico de secagem de matérias primas orgânicos alimentícios.

Utilizando os dados referentes ao período de taxa decrescente, ajustou-se o modelo da 2ª Lei de Fick (Equação 3) aos dados experimentais da secagem do noni, e obteve-as curvas de adimensional de umidade livre em função do tempo, como é ilustrado na Figura 3. A Tabela 1, mostra os valores dos parâmetros dos modelos ajustados aos dados experimentais, e expressa também o coeficiente de determinação (R^2) e o erro estatístico para ambas cinéticas.

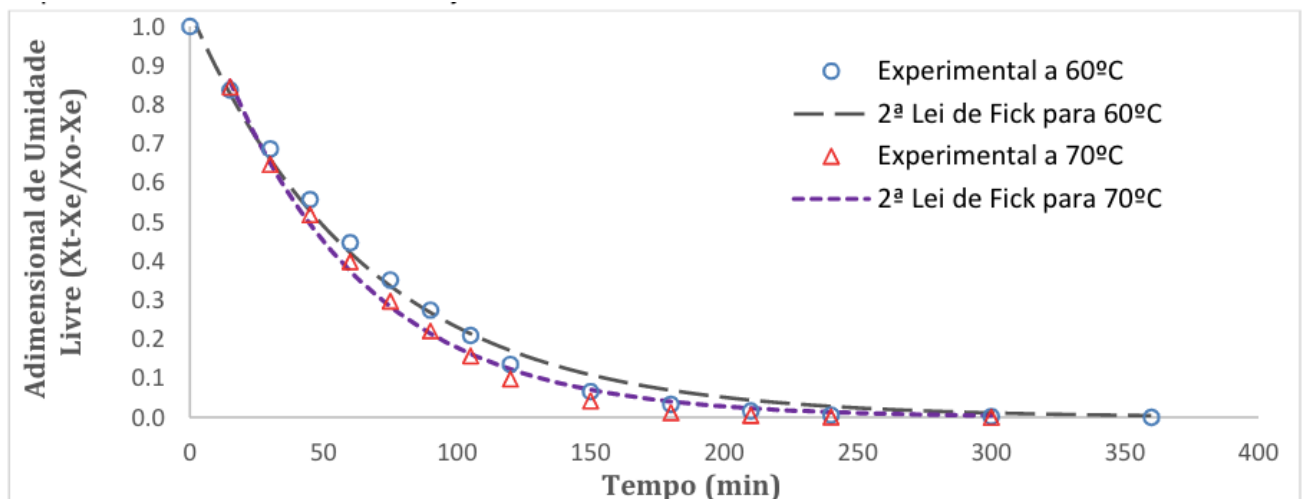


Figura 3. Cinética de secagem de noni em temperaturas de 60°C e 70°C, valores experimentais e estimados com ajuste do modelo difusível da 2ª Lei de Fick.

Com base na Tabela 1, verifica-se que o modelo ajustado apresentou coeficientes de determinação (R^2) superiores a 0,99, e erros reduzidos para ambas temperaturas, sinalizando, de acordo com Madamba *et al.* (1996) uma representação satisfatória do processo de secagem pelo modelo e um ajuste preciso.

Modelo matemático		Parâmetros		R^2 (decimal)	MSE (decimal)
		A	k (min^{-1})		
2ª Lei de Fick	60°C	1,03833	-0,01503	0,9931	$6,8890 \times 10^{-4}$
	70°C	1,13583	-0,01849	0,9946	$1,5268 \times 10^{-4}$

Tabela 1. Parâmetros obtidos e critérios de avaliação a partir do ajuste do modelo da 2ª Lei de Fick aos dados experimentais de secagem do noni nas temperaturas de 60 e 70 °C.

Com os valores das constantes de secagem (k) para as duas temperaturas avaliadas foram possíveis determinar o coeficiente de difusividade efetiva do noni (D_{ef}) nas temperaturas de 60 e 70°C, sendo os valores de $7,4620 \times 10^{-4} \text{ cm}^2/\text{min}$ e $9,1798 \times 10^{-4} \text{ cm}^2/\text{min}$, respectivamente.

De acordo com Madamba *et al.* (1996) para secagem de produtos agrícolas os valores do coeficiente de difusão apresentam-se na ordem de 10^{-4} a $10^{-6} \text{ cm}^2.\text{min}^{-1}$, desta forma os valores encontrados neste trabalho estão na mesma ordem da verificada na literatura. Verificou-se que de acordo com o aumento da temperatura tem-se um aumento do coeficiente de difusão, comportamento esse que também era esperado e corrobora com o resultado encontrado na Figura 1, na qual verificou-se que a 70°C a secagem encerrou-se 1h antes do que a de 60°C.

O coeficiente de difusão reflete a capacidade de desidratação do material em determinadas condições de secagem. Ressalta-se que coeficiente de difusão efetivo pode estar relacionado com a temperatura de secagem, velocidade do ar de circulação, estrutura morfológica do alimento e, também, a espessura das amostras (Song, 2013).

4 | CONCLUSÃO

O comportamento das curvas do adimensional de umidade e da taxa de secagem foi compatível com a maior parte das matérias-primas vegetais e alimentícias verificadas na literatura. Através do experimento foi possível avaliar o efeito da temperatura no coeficiente de difusividade efetivo do fruto de noni, o qual foi determinado utilizando a 2ª Lei de Fick aplicada para superfícies planas, onde analiticamente é desconsiderada a redução de volume através da contração da matéria, mesmo com essa simplificação, os resultados obtidos de D_{ef} nos valores de $7.4620 \times 10^{-4} \text{ cm}^2/\text{min}$ para 60°C e $9.1798 \times 10^{-4} \text{ cm}^2/\text{min}$ para 70°C, são considerados adequados e condizentes com a faixa de valores encontrados na literatura para este tipo de produto alimentício.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO E.C.D.; OLIVEIRA R.A.G.D.; CORIOLANO A.T. Uso de plantas medicinais pelos pacientes com câncer de hospitais da rede pública de saúde em João Pessoa (PB). **Espaço saúde (Online)**. 44-52, 2007.
- CANOCHAUCA, M. N. **Avaliação dos parâmetros de qualidade envolvidos na desidratação da banana**. Dissertação de Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Faculdade de Tecnologia de Alimentos, UFV- Universidade Federal de Viçosa, 2000.
- CHAGURI, L. et al. **Cinética de secagem de Kiwi (*Actinidia deliciosa* var. *Hayward*)**. COBEQ. Universidade Federal de São Paulo, Departamento de Engenharia Química. Florianópolis-SC, 2014.
- CHAN-BLANCO, Y. et al. The noni fruit (*Morinda citrifolia* L.): A review of agricultural research, nutritional and therapeutic properties. **Journal of Food Composition and Analysis**, London, v.19, n.6-7, p.645-654, 2006.
- CORRÊA, R. M. Rendimento de óleo essencial e caracterização organoléptica de folhas de asa-peixe submetidas a diferentes métodos de secagem. **Ciência e Agrotecnologia**. 339-344, 2004.
- CORREIA, A. A. S. **Maceração enzimática da polpa do noni (*Morinda citrifolia* L.)** 105f. Dissertação (Mestrado Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal do Ceará, 2010.
- CRANCK, J. **The mathematics of diffusion**. 2 ed., Oxford: Claredon Press, 1975.
- DE MENEZES, M. L. et al. Análise da cinética e ajustes de modelos matemáticos aos dados de secagem do bagaço do maracujá-amarelo. **Engvista**, v. 15, n. 2, p. 176-186, 2013^a.
- DE MENEZES, M. L. et al. Analysis of convective drying kinetics of yellow passion fruit bagasse. **Acta Scientiarum. Technology**. Maringá-PR, v. 35, n. 2, p. 291-298, 2013b.
- FERREIRA, A. A. C. et al. Efeitos da secagem do fruto de noni sobre a identificação de metabólitos especiais. In: **Congresso Mineiro de Engenharias e Arquitetura-CENAR**, 2017.
- GEANKOPLIS, C. J. **Transport process and unit operations**, 3ed., New Jersey: Prentice Hall, 1998.
- MADAMBA, P. S.; DRISCOLL, R. H.; BUCKLE, K. A. Thin-layer drying characteristics of garlic slices. **Journal of Food Engineering**, v.29, p.75-97, 1996.
- PARK, K. J.; BIN, A.; BROD, F. P. R. Drying of pear d'Anjou with and without osmotic dehydration. **Journal of Food Engineering**, v. 56, n. 1, p. 97-103, 2002.
- PARK, K. J.; VOHNIKOVA, Z.; BROD, F. P. R. Evaluation of drying parameters and desorption isotherms of garden mint leaves (*Mentha crispa* L.). **Journal of Food Engineering**, v. 51, n. 3, p. 193-199, 2002.
- SALINAS, R. D. **Alimentos e nutrição: introdução à bromatologia**. Porto Alegre: Artmed. 3 ed., 278 p, 2002.
- SONG, X.Y., 2013. Banana chip drying using far infrared-assisted heat pump. **Agric. Sci. Philipp**, 96 (3), 275–281.
- SOUZA FILHO, M. S. et al. Efeito do branqueamento, processo osmótico, tratamento térmico e armazenamento na estabilidade da vitamina C de pedúnculos de caju processados por métodos combinados. **Food Science and Technology**, Campinas. Vol. 19, n. 2, p.211-213. 1999.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-433-7

