



JOÃO DALLAMUTA
HENRIQUE AJUZ HOLZMANN
RENNAN OTAVIO KANASHIRO
(ORGANIZADORES)

AMPLIAÇÃO E APROFUNDAMENTO DE CONHECIMENTOS NAS ÁREAS DAS ENGENHARIAS 2

 **Atena**
Editora
Ano 2020



JOÃO DALLAMUTA
HENRIQUE AJUZ HOLZMANN
RENNAN OTAVIO KANASHIRO
(ORGANIZADORES)

AMPLIAÇÃO E APROFUNDAMENTO DE CONHECIMENTOS NAS ÁREAS DAS ENGENHARIAS 2

 **Atena**
Editora
Ano 2020

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecário

Maurício Amormino Júnior

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Karine de Lima Wisniewski

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos 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, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. 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.

A Atena Editora não se responsabiliza por eventuais mudanças ocorridas nos endereços convencionais ou eletrônicos citados nesta obra.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

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
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
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
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
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. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
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
Prof^ª Dr^ª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof^ª Dr^ª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves -Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof^ª Dr^ª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Prof^ª Dr^ª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof^ª Dr^ª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof^ª Dr^ª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia
Prof^ª Dr^ª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Prof^ª Dr^ª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof^ª Dr^ª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^ª Dr^ª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
Prof^ª Dr^ª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof^ª Dr^ª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^ª Dr^ª 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
Prof^ª Dr^ª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^ª Dr^ª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá

Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
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 Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina

Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Dr. Fabiano Lemos Pereira – Prefeitura Municipal de Macaé
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior
Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal

Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco
Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão
Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí
Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecário Maurício Amormino Júnior
Diagramação: Luiza Alves Batista
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizadores: João Dallamuta
Henrique Ajuz Holzmann
Rennan Otavio Kanashiro

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

A526 Ampliação e aprofundamento de conhecimentos nas áreas das engenharias 2 [recurso eletrônico] / Organizadores João Dallamuta, Henrique Ajuz Holzmann, Rennan Otavio Kanashiro. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-388-0

DOI 10.22533/at.ed.880202209

1. Engenharia – Pesquisa – Brasil. 2. Inovações tecnológicas. I. Dallamuta, João. II. Holzmann, Henrique Ajuz. III. Kanashiro, Rennan Otavio.

CDD 620

Elaborado por Maurício Amormino Júnior | CRB6/2422

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

Caro(a) leitor(a)

Como definir a engenharia? Por uma ótica puramente etimológica, ela é derivada do latim *ingenium*, cujo significado é “inteligência” e *ingeniare*, que significa “inventar, conceber”.

A inteligência de conceber define o engenheiro. Fácil perceber que aqueles cujo ofício está associado a inteligência de conceber, dependem umbilicalmente da tecnologia e a multidisciplinaridade.

Nela reunimos várias contribuições de trabalhos em áreas variadas da engenharia e tecnologia. Ligados sobretudo a indústria petroquímica com potencial de impacto nas engenharias. Aos autores dos diversos trabalhos que compõe esta obra, expressamos o nosso agradecimento pela submissão de suas pesquisas junto a Atena Editora. Aos leitores, desejamos que esta obra possa colaborar no constante aprendizado que a profissão nos impõe.

Boa leitura!

João Dallamuta
Henrique Ajuz Holzmann
Rennan Otavio Kanashiro

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

MUDANÇA NA CULTURA DE PREVENÇÃO A INCÊNDIO EM INSTITUIÇÕES PÚBLICAS

Myrna da Cunha

Alexandre Martinez dos Santos

João Terêncio Dias

Maryêva Paulino Vieira

Bernardo Manhães Cantuaria Moura

DOI 10.22533/at.ed.8802022091

CAPÍTULO 2..... 15

COMPARAÇÃO DOS MODELOS DE RECEPTORES GNSS DE CÓDIGO C/A PARA LEVANTAMENTOS GEODÉSICOS

Marco Ivan Rodrigues Sampaio

Fernando Luis Hillebrand

Alan Diniz Bernardi

Aldemir Eduardo Martins Ulrich

João Fernando Zamberlan

Cristiano Niederauer da Rosa

Janisson Batista de Jesus

DOI 10.22533/at.ed.8802022092

CAPÍTULO 3..... 24

ESTUDO DOS PARÂMETROS NA SOLDAGEM POR RESISTÊNCIA ELÉTRICA DE COMPÓSITO PEI/FIBRA DE VIDRO POR PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL

Ana Beatriz Ramos Moreira Abrahão

Edson Cocchieri Botelho

Michelle Leali Costa

Jonas Frank Reis

Luis Felipe Barbosa Marques

Tuane Stefania Reis dos Santos

Rafael Rezende Lucas

Marcos Paulo Souza Ribeiro

Isabela Luiza Rodrigues Cintra

Rodolfo de Oliveira Rodrigues

Joana Toledo Guimarães

Natali Oliveira Martins da Silva

Vinícius David Franco Barboza

DOI 10.22533/at.ed.8802022093

CAPÍTULO 4..... 38

REDESENHO/MELHORIA DE PROCESSOS: ANÁLISE E COMPARAÇÃO DE DUAS METODOLOGIAS

João Francisco da Fontoura Vieira

Danhuri Ritter Jelinek

DOI 10.22533/at.ed.8802022094

CAPÍTULO 5.....	44
ESTUDO DO NÍVEL DE CONTAMINAÇÃO DO ÓLEO LUBRIFICANTE COM ÁGUA EM BOMBAS CENTRÍFUGAS	
Miriam Ribeiro Cabreira	
Durval João de Barba Júnior	
DOI 10.22533/at.ed.8802022095	
CAPÍTULO 6.....	59
MODELAGEM E SIMULAÇÃO DA EXTRAÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL DE CITRONELA UTILIZANDO CO₂ SUPERCRÍTICO E MODELO DE SOVOVÁ	
Wesley de Souza Rodrigues	
Carlos Minoru Nascimento Yoshioka	
Ana Beatriz Neves Brito	
DOI 10.22533/at.ed.8802022096	
CAPÍTULO 7.....	70
COMPARTILHANDO CONHECIMENTOS: A BIOCLIMATOLOGIA E A PRODUÇÃO ANIMAL	
Diego Gomes de Sousa	
Tiago Gonçalves Pereira Araújo	
Levi Wallace Sousa de Lima	
José Walber Farias Gouveia	
Marthynna Diniz Arruda	
Brendo Júnior Pereira Farias	
Agenor Correia de Lima Junior	
Rômulo Augusto Ventura da Silva	
Ely Félix de Sá Carneiro	
João Victor Inácio dos Santos	
Ana Cristina Chacon Lisboa	
José Lucas Jácome de Moura	
DOI 10.22533/at.ed.8802022097	
CAPÍTULO 8.....	80
TRANSFERÊNCIA DE CALOR ATRAVÉS DE PAINÉIS AGLOMERADOS DE BAGAÇO DE CANA, PINUS E EUCALIPTO	
Roberto Luiz de Azevedo	
Edson Rubens da Silva Leite	
Rafael Sidney Orfão	
Rafael Farinassi Mendes	
Renato Alexandre Oliveira Cândido	
DOI 10.22533/at.ed.8802022098	
CAPÍTULO 9.....	87
FLUIDOS DE PERFURAÇÃO A BASE DE RESÍDUO DE AÇÁI E GOMA XANTANA	
Alex da Silva Sirqueira	
Mônica Cristina Celestino dos Santos	
Aline Muniz Lima	

Patricia Reis Pinto
Hugo Cavalcante Peixoto
DOI 10.22533/at.ed.8802022099

CAPÍTULO 10..... 94

LICOR PIROLENHOSO DE EUCALIPTO NA PRODUÇÃO DE RÚCULA

Diana de Oliveira Simionato
Josi Carla Martins Fernandes
Ana Luisa Granado Potinatti Alves
Marcelo Rodrigo Alves
Janardelly Gomes De Souza

DOI 10.22533/at.ed.88020220910

CAPÍTULO 11 105

CLIMATIZADORES EVAPORATIVOS INDIRETOS ECOLÓGICOS E POPULARES PARA REDUÇÃO DO ESTRESSE TÉRMICO EM ORDENHADEIRAS PARA HUMANOS E ANIMAIS

Alexandre Fernandes Santos
Marcelo Luiz Hoffmann
Heraldo José Lopes de Souza
Pedro Dinis Gaspar

DOI 10.22533/at.ed.88020220911

CAPÍTULO 12..... 118

UM ESTUDO DOS EFEITOS DA GEOMETRIA SOBRE OS PARÂMETROS TERMO-FÍSICOS EM PROCESSOS DE SECAGEM DE GENGIBRE

André Macedo Costa
Aluizio Freire da Silva Júnior
Thamires Mabel Queiroz de Oliveira
Geovane Tavares Nogueira
Vera Solange de Oliveira Farias
Jucimeri Ismael de lima
Isaac Ferreira de Lima
Jair Stefanini Pereira de Ataíde
Helymarckson Batista de Azevedo
Marcos Sérgio Florêncio Júnior
Marcos Wagner da Silva Araújo
Raquel Alves de Medeiros

DOI 10.22533/at.ed.88020220912

CAPÍTULO 13..... 131

COMPORTAMENTO DA SECAGEM DE CENOURA (*Daucus carota L.*) EM CAMADA FINA: MODELOS EMPÍRICOS E ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

Geovane Tavares Nogueira
Raquel Alves de Medeiros
Francisco Carlos de Medeiros Filho
Maria Tereza Lucena Pereira
Amélia Ruth Nascimento Lima

Vera Solange de Oliveira Farias
Jucimeri Ismael de Lima
Célia Maria Rufino Franco
Aluizio Freire da Silva Júnior
André Macedo Costa
Jair Stefanini Pereira de Ataíde
Ivo Dantas de Araújo

DOI 10.22533/at.ed.88020220913

CAPÍTULO 14..... 145

**ANÁLISE DO POTENCIAL SUSTENTÁVEL DA MADEIRA EMPREGADA NO SISTEMA
WOOD FRAME**

Vinício da Cunha Dóro
Luiz Carlos Souza Guimarães Júnior

DOI 10.22533/at.ed.88020220914

CAPÍTULO 15..... 155

**ENSAIO DE COAGULAÇÃO À pH NATURAL: SEMENTES DE MORINGA OLEÍFERA LAM
E CLORETO FÉRRICO**

Luís Gustavo Marcolan
Mirely Ferreira dos Santos
Bárbara Dani Marques Machado Caetano

DOI 10.22533/at.ed.88020220915

CAPÍTULO 16..... 160

**UTILIZAÇÃO DO BAGAÇO DE MALTE NA ALIMENTAÇÃO HUMANA: REVISÃO
SISTEMÁTICA DA LITERATURA**

Caroline Tombini
Janayne Sander Godoy
Aline Patrícia Ullmann
Gabriel Fante
Josiane Maria Muneron de Mello
Francieli Dalcanton

DOI 10.22533/at.ed.88020220916

CAPÍTULO 17..... 173

APRENDIZAGEM BASEADA EM PROJETO NO DESENVOLVIMENTO DE MATERIAIS

Carolina Lipparelli Morelli
Yanka dos Reis Soares de Moura
Bárbara Carolini Oliveira Ferreira
Francielle Crispim Araújo
Kevinny Chaves Florencio
Lucas Lima Batista
Lizandra Lopes Carrara
Tércio José Lage Ferreira
Kelvin Willie de Carvalho
Aislan Lúcio Valério

DOI 10.22533/at.ed.88020220917

SOBRE OS ORGANIZADORES	189
ÍNDICE REMISSIVO.....	190

CAPÍTULO 12

UM ESTUDO DOS EFEITOS DA GEOMETRIA SOBRE OS PARÂMETROS TERMO-FÍSICOS EM PROCESSOS DE SECAGEM DE GENGIBRE

Data de aceite: 01/09/2020

Data de submissão: 31/05/2020

André Macedo Costa

Centro de Educação e Saúde, Universidade
Federal de Campina Grande
Picuí - Paraíba
<http://lattes.cnpq.br/9242194135022833>

Aluizio Freire da Silva Júnior

Centro de Educação e Saúde, Universidade
Federal de Campina Grande
Cuité – Paraíba
<http://lattes.cnpq.br/4720593438601826>

Thamires Mabel Queiroz de Oliveira

Centro de Educação e Saúde, Universidade
Federal de Campina Grande
Cuité – Paraíba
<http://lattes.cnpq.br/1331377072016098>

Geovane Tavares Nogueira

Centro de Educação e Saúde, Universidade
Federal de Campina Grande
Cuité – Paraíba
<http://lattes.cnpq.br/0279366339815080>

Vera Solange de Oliveira Farias

Centro de Educação e Saúde, Universidade
Federal de Campina Grande
Cuité – Paraíba
<http://lattes.cnpq.br/0923353123868517>

Jucimeri Ismael de lima

Centro de Educação e Saúde, Universidade
Federal de Campina Grande
Cuité – Paraíba
<http://lattes.cnpq.br/5029010344083386>

Isaac Ferreira de Lima

Centro de Educação e Saúde, Universidade
Federal de Campina Grande
Baraúna – Paraíba
<http://lattes.cnpq.br/2465619194340525>

Jair Stefanini Pereira de Ataíde

Centro de Educação e Saúde, Universidade
Federal de Campina Grande
Cuité – Paraíba
<http://lattes.cnpq.br/3201374347373584>

Helymarckson Batista de Azevedo

Centro de Educação e Saúde, Universidade
Federal de Campina Grande
Picuí - Paraíba
<http://lattes.cnpq.br/5989088970078161>

Marcos Sérgio Florêncio Júnior

Centro de Educação e Saúde, Universidade
Federal de Campina Grande
Jaçanã – Rio Grande do Norte
<http://lattes.cnpq.br/1777498822372269>

Marcos Wagner da Silva Araújo

Centro de Educação e Saúde, Universidade
Federal de Campina Grande
Jaçanã – Rio Grande do Norte
<https://orcid.org/0000-0002-9869-6055>

Raquel Alves de Medeiros

Centro de Educação e Saúde, Universidade
Federal de Campina Grande
Cuité – Paraíba
<http://lattes.cnpq.br/2851756831613284>

RESUMO: Essa pesquisa teve como objetivo comparar modelos difusivos com geometrias

distintas para a descrição da secagem de gengibre. Para tanto, foi desenvolvido um código em linguagem Fortran, utilizando uma solução da equação de difusão considerando a geometria de um cilindro finito. Foram realizados experimentos de secagem de gengibre, sendo utilizadas fatias com espessura de aproximadamente 10mm e submetidas a desidratação osmótica durante 30 horas, em solução de sacarose com concentração de 17°Brix. Em seguida as amostras foram destinadas a secagem nas temperaturas de 60 e 85°C, onde permaneceram até atingir o equilíbrio. Além do código desenvolvido, foi utilizado um *software* com uma solução da equação de difusão considerando a geometria de uma parede infinita. Foram realizadas otimizações e simulações das secagens, além da simulação da distribuição de água no interior do produto nos dois programas. Através dos dados obtidos observou-se que ambas as geometrias descreveram bem a secagem, entretanto analisando fisicamente os resultados percebe-se que a geometria de um cilindro finito gerou parâmetros de ajuste mais coerentes com a literatura e uma simulação da distribuição de água mais próxima da real. Portanto, concluiu-se que a geometria de um cilindro finito é mais adequada para a secagem de gengibre osmoticamente desidratado.

PALAVRAS-CHAVE: Equação de difusão, Desidratação osmótica, Produtos biológicos.

A STUDY OF EFFECTS GEOMETRY ON THERMAL PHYSICAL PARAMETERS IN GINGER DRYING PROCESSES

ABSTRACT: This research aimed to compare diffusive models with distinct geometries for the description of ginger drying. To this end, it was developed a code in Fortran language, using a solution of the diffusion equation considering the geometry of a finite cylinder. Drying experiments of ginger were performed, using slices with thickness of approximately 10mm and undergoing osmotic dehydration for 30 hours, in distilled water and sucrose solution with a concentration of 17°Brix. After that the samples were intended for drying at temperatures of 60 and 85°C, where they remained until they reached equilibrium. In addition to the developed code, a program with a solution of the diffusion equation was used considering the geometry of an infinite wall. Dryings optimizations and simulations were performed, in addition to simulating the water distribution inside the product in both programs. Through the data obtained it was observed that both geometries well described drying, however physically analyzing the results it is clear that the geometry of a finite cylinder generated adjustment parameters more consistent with the literature and a simulation of the water distribution closest to the actual phenomenon. Therefore, it is concluded that the geometry of a finite cylinder is best suited to describe the drying of osmotically dehydrated ginger.

KEYWORDS: Diffusion equation, Osmotic dehydration, Biological products.

1 | INTRODUÇÃO

A secagem é um processo complexo que envolve transferência de calor e massa e possui diversos fatores que o influenciam diretamente, tais como: a técnica aplicada, a temperatura de secagem, a velocidade do ar de secagem, geometria do produto, entre outros. Entre os fatores destacados, a geometria do produto é um dos mais relevantes,

principalmente quando a modelagem matemática aplicada admite o encolhimento. A geometria do produto torna-se importante, devido ao fato de que a taxa de transferência de massa é afetada pelo encolhimento e pelas mudanças no volume, e a geometria do produto é um dos fatores que influencia (DEHGHANNYA, GORBANI & GHANBARZADEH, 2016). Deste modo, a geometria admitida no modelo matemático adotado também tem papel importante na descrição da secagem.

Heydari et al. (2018) estudaram os efeitos das condições iniciais de cubos de argilas sobre os estresses produzidos pela secagem. Entre os fatores estudados durante o processo, estava as variações da geometria do produto. Para isto, uma câmera digital foi acoplada ao sistema de secagem a fim de acompanhar as variações geométricas da superfície desse produto. Foi observado, ao comparar os modelos com e sem a variação da geometria, efeitos sobre a taxa de secagem. Concluiu-se que ao considerar o modelo sem a variação da geometria no estágio inicial do processo, houve redução na taxa de secagem. Isto é devido ao fato de que no modelo sem a variação de geometria a área da superfície em contato com o meio externo é maior, o que acarreta numa maior perda de água no estágio inicial; como consequência, o período de taxa decrescente inicia com uma taxa menor.

O que foi observado por Heydari et al. (2018) também deve ser considerado quando se escolhe uma geometria para modelar o processo de secagem mesmo que o encolhimento seja negligenciado. Isto porque existe uma mudança na área da superfície de cada geometria considerada, o que pode alterar parâmetros importantes como a taxa de secagem, a difusividade efetiva e o coeficiente de transferência convectiva de massa. Essas alterações podem ser ainda mais relevantes quando o produto considerado é um produto biológico, pois as mudanças na geometria são mais intensas.

A literatura apresenta diversas descrições da secagem de um mesmo produto considerando modelos difusivos com geometrias variadas. Um dos produtos que exemplifica o que foi afirmado é a cenoura. A literatura apresenta vários estudos sobre a secagem de cenoura, e entre as geometrias consideradas destacam-se: a parede infinita, o cilindro finito e o cubo (ZHAO et al., 2014; EIM et al., 2013; HUANG et al., 2016; DOYMAZ, 2017). Deste modo, um questionamento importante que pode ser feito é qual a geometria mais adequada dentre as propostas na literatura. A presente pesquisa visa comparar modelos difusivos com geometrias distintas (parede infinita e cilindro finito), tendo em vista encontrar a mais adequada para a descrição da secagem de gengibre.

Para tanto foi desenvolvido um programa em linguagem Fortran com uma solução analítica para a equação de difusão considerando a geometria de um cilindro finito, a qual foi acoplada a um otimizador. Também foi utilizado o programa desenvolvido por Silva e Silva Júnior (2018) para os estudos da geometria de uma parede infinita. Foram realizadas otimizações visando verificar a influência da mudança de geometria sobre os parâmetros termo físicos do processo.

2 | MATERIAL E MÉTODOS:

Visando atingir os objetivos propostos pelo trabalho, foram realizados experimentos de secagem com gengibre osmoticamente desidratado em duas temperaturas distintas. Estes dados foram utilizados nos *softwares* de ajuste e otimização, visando a obtenção dos resultados sobre qual geometria descreve melhor a secagem.

2.1 Modelagem matemática

Foi utilizado neste trabalho a solução da equação de difusão, considerando a geometria de um cilindro finito e condição de contorno do terceiro tipo, condição essa que impõe igualdade para o fluxo interno (difusivo) e o fluxo externo (convectivo) na superfície do cilindro. Para encontrar a solução analítica da equação de difusão nestas condições, são admitidas as seguintes hipóteses:

- O produto é homogêneo e isotrópico;
- A distribuição do teor de água, no início do processo, é uniforme;
- O único mecanismo de transporte de água dentro do produto é a difusão líquida;
- O encolhimento é negligenciável;
- A difusividade efetiva de água e o coeficiente de transferência convectiva de massa permanecem constantes em todo o processo.

Pode-se escrever a equação de difusão em coordenadas cilíndricas da seguinte forma:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\lambda\Phi) = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r\Gamma^{\Phi} \frac{\partial\Phi}{\partial r} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\Gamma^{\Phi} \frac{\partial\Phi}{\partial y} \right) + S \quad (1)$$

em que:

Φ é a variável dependente de interesse no processo difusivo;

λ e Γ^{Φ} são os parâmetros do processo;

S é um termo fonte.

Como podemos ver na Figura 1, o cilindro finito pode ser obtido a partir de duas geometrias mais elementares, mais precisamente da intersecção de um cilindro infinito com uma parede infinita.

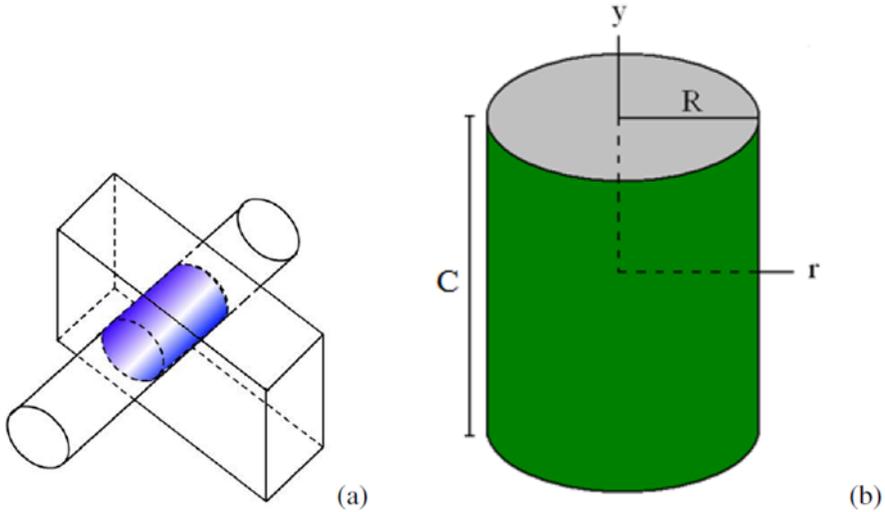


Figura 01: (a) Intersecção de um cilindro finito com uma parede infinita. (b) Cilindro finito de raio r e comprimento C .

Fonte: Silva (2012)

Na Equação (1) r é definido em relação ao eixo central do cilindro e junto com y determinam a posição de um ponto no interior do sólido em estudo. Fazendo $\lambda = 1$, $\Gamma^\Phi = D$ (difusividade efetiva de massa), $\phi = X$ (teor de umidade em base seca) e $S = 0$, podemos reescrever a Equação (1) da seguinte forma:

$$\frac{\partial}{\partial t}(X) = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r D \frac{\partial X}{\partial r} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(D \frac{\partial X}{\partial y} \right) \quad (2)$$

considerando a condição de contorno de terceiro tipo na Equação (2), e solucionando a equação diferencial parcial pelo método da separação de variáveis, sendo X_i o teor de umidade inicial uniformemente distribuído e X_{eq} o teor de umidade de equilíbrio, R o raio do cilindro finito e C o comprimento, obtém-se a seguinte solução (LUIKOV, 1968):

$$X(r, y, t) = X_{eq} - (X_{eq} - X_i) \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} A_{n,1} A_{m,2} J_0 \left(\mu_{n,1} \frac{r}{R} \right) \cos \left(\mu_{m,2} \frac{y}{C/2} \right) \times \exp \left[- \left(\frac{\mu_{n,1}^2}{R^2} + \frac{\mu_{m,2}^2}{(C/2)^2} \right) D t \right] \quad (3)$$

Observa-se que, na solução descrita, $X(r, y, t)$ trata-se do teor de umidade em base seca num ponto do cilindro (r, y) num instante de tempo t . Porém, nesse estudo será considerado o teor de umidade médio, num instante t de tempo, que é obtido da seguinte forma:

$$\bar{X} = \frac{1}{V} \int X(r, y, t) dV \quad (4)$$

e assim, substituindo (3) na equação (4) a solução da equação de difusão para o teor de umidade médio $\bar{X}(t)$ em base seca num instante t é dada por:

$$\bar{X}(t) = X_{eq} - (X_{eq} - X_i) \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} B_{n,1} B_{m,2} \exp \left[- \left(\frac{\mu_{n,1}^2}{R^2} + \frac{\mu_{m,2}^2}{(C/2)^2} \right) Dt \right] \quad (5)$$

O coeficiente $B_{n,1}$ é definido da seguinte forma:

$$B_{n,1} = \frac{4Bi_1^2}{\mu_{n,1}^2 (Bi_1^2 + \mu_{n,1}^2)} \quad (6)$$

em que Bi_1 é o número de Biot referente ao cilindro infinito e é dado por

$$Bi_1 = \frac{hR}{D}$$

O coeficiente $B_{m,2}$ é definido como segue:

$$B_{m,2} = \frac{2Bi_2^2}{\mu_{m,2}^2 (Bi_2^2 + Bi_2 + \mu_{m,2}^2)} \quad (7)$$

e aqui o número de Biot Bi_2 é referente a parede infinita, e definido como

$$Bi_2 = \frac{hc/2}{D}$$

O coeficiente h representa o coeficiente de transferência convectiva de massa em todas as equações.

Nas Equações (5) e (6), $\mu_{n,1}$ é a n -ésima raiz positiva da equação característica para o cilindro infinito, e são calculadas através da seguinte equação:

$$\frac{j_0(\mu_{n,1})}{j_1(\mu_{n,1})} = \frac{\mu_{n,1}}{Bi_1} \quad (8)$$

sendo j_0 e j_1 as funções de Bessel de ordens 0 e 1, respectivamente.

Nas equações (5) e (7), $\mu_{m,2}$ são as raízes referentes a parede infinita, obtidas da equação:

$$\cot(\mu_{m,2}) = \frac{\mu_{m,2}}{Bi_2}$$

2.2 Desenvolvimento do código computacional

Foi desenvolvido um código em linguagem Fortran, na plataforma Windows. No código foi implementada a Equação (5), que apresenta o teor de umidade médio para qualquer instante de tempo t . Entretanto, como pode-se observar, os coeficientes da Equação (5) depende de raízes de equações transcendentais, fatoriais e séries infinitas, pontos estes que requerem detalhes da sua implementação computacional e aproximações utilizadas.

Foram utilizados como dados de entrada do código, o teor de umidade inicial, o teor de umidade de equilíbrio, o comprimento do cilindro, o raio do cilindro, a difusividade efetiva, o coeficiente de transferência convectiva de massa, e o intervalo de tempo. Com os dados de entrada o programa determina os números de Biot Bi_1 e Bi_2 referentes ao cilindro finito e a parede infinita, respectivamente.

Em seguida se faz necessário o cálculo das raízes $\mu_{n,1}$ e $\mu_{m,2}$. Para o cálculo de $\mu_{n,1}$ o código procede da seguinte maneira: são calculadas as funções de Bessel de ordem 0 e 1 para cada n , considerando 80 termos do fatorial na expressão. Na sequência seus valores são substituídos na equação (8), e em seguida, é utilizado o método da secante de aproximação de raízes com uma precisão de 10^{-12} para o cálculo destas. Assim obtêm-se o valor de $\mu_{n,1}$ e, conseqüentemente, pela Equação (6) o valor de $B_{n,1}$ para cada n .

Para o cálculo de $\mu_{m,2}$ foi utilizado o código desenvolvido no trabalho de Silva e Silva Júnior (2018), que calcula os valores de $\mu_{m,2}$ com uma precisão de 10^{-16} utilizando o Método de Newton para essa aproximação. Como o Método de Newton necessita do cálculo de derivadas da função, estas são aproximadas utilizando a definição de derivada com um incremento de 10^{-12} . Deste modo para cada m temos o respectivo valor de $\mu_{m,2}$ e, pela Equação (7), tem-se o valor de $B_{m,2}$. Cabe salientar que foram utilizados métodos diferentes para a aproximação das raízes das equações características, pelo fato do *software* para cálculo das raízes da parede infinita ter sido desenvolvido anteriormente.

Estes valores são substituídos na série considerando quantos termos o usuário desejar. Para fins de validação dos resultados do *software*, foram considerados 30 termos da série e além disso foi utilizado o *software Convective* desenvolvido por Silva (2008), que é um *software* difundido na literatura, utilizado em diversos trabalhos como por exemplo Silva Júnior et al. (2018), e que contém também a mesma solução analítica, porém considerando apenas 16 termos da série. Os dois *softwares* foram submetidos ao mesmo conjunto de dados.

2.3 Metodologia experimental

Os gengibres foram adquiridos na feira livre de Cuité-PB e encaminhados para o laboratório de Técnica Dietética do CES/UFCG para proceder a higienização dos rizomas através da lavagem em água corrente para retirada da sujeira superficial com posterior imersão em solução clorada a 200pp por 15 minutos, seguida de enxágue em água potável.

Após a higienização, os gengibres foram descascados e fatiados manualmente com o auxílio de uma faca, em discos com espessura de 1cm e raio de 1,5 cm em média, aferidos por meio de um paquímetro.

Posteriormente, os discos de gengibres foram submetidos a desidratação osmótica, descrita abaixo, de acordo com a metodologia designada por Silva Junior (2017).

Para a desidratação osmótica, foram pesados em balança semi analítica 300g de discos de gengibre que em seguida foram imersos em solução de sacarose a 17°Brix, a

concentração da solução foi verificada através de um refratômetro de mesa. A solução foi colocada em repouso em ambiente natural com temperatura de aproximadamente 25°C até a estabilização dos discos no fundo do recipiente. Em seguida, os discos foram retirados da solução com o auxílio de uma espátula e o excesso superficial de sacarose foi retirado através de borrifação de água destilada na superfície dos discos com posterior secagem com papel toalha.

Por fim, os discos foram encaminhados para o Laboratório de Bromatologia dos Alimentos (CES/UFCG) onde foram divididos em triplicata (100g) e dispostos em cestos de arame vazado para a secagem em estufa com circulação forçada de ar nas temperaturas de 65°C e 85°C. As amostras foram pesadas em balança semi analítica antes (peso inicial) e durante nos intervalos de 5 min, 10 min, 20 min, 30 min, 1h, 2h, e 3h até atingirem o equilíbrio. Após o alcance do equilíbrio a estufa foi estabilizada a 105°C durante 24h para a determinação da massa seca.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a obtenção dos dados experimentais foi utilizado o *software analitical* desenvolvido em Silva e Silva Júnior (2018), que conta com a solução da parede infinita e com a solução para o cilindro finito que foi desenvolvido neste trabalho, para realizar as otimizações com os dados obtidos, considerando as duas geometrias. Vale salientar que a geometria do cilindro finito gera dois valores para os números de biot, pelo fato do cilindro finito ser obtido da intersecção entre uma parede infinita e um cilindro infinito, esses números serão denotados por Bi_1 e Bi_2 , assim como no desenvolvimento do código computacional.

Na Tabela 01 estão dispostos os valores dos parâmetros termo-físicos e dos indicadores estatísticos obtidos nos processos de otimização, os indicadores estatísticos de ajuste dos dois modelos aos dados experimentais e ainda os valores obtidos para a difusividade D e para os números de Biot através das otimizações.

Geometrias utilizadas	C°	χ^2	R^2	$D(m^2s^{-1})$	$h(ms^{-1})$	Bi_1	Bi_2
Parede infinita	60°	4.188×10^{-2}	0.992	8.027×10^{-6}	1.297×10^{-5}	-	8.027×10^{-3}
	85°	1.345×10^{-3}	0.999	1.446×10^{-5}	4.458×10^{-5}	-	1.446×10^{-2}
Cilindro finito	60°	4.609×10^{-2}	0.991	6.798×10^{-8}	4.266×10^{-6}	1.021	1.101
	85°	2.904×10^{-3}	0.999	1.598×10^{-8}	1.742×10^{-5}	1.427	1.546

Tabela 01 – Parâmetros obtidos através das otimizações

C° temperatura; χ^2 qui-quadrado; R^2 coeficiente de determinação; D difusividade efetiva de água; h coeficiente de transferência convectiva de massa; Bi_1 número de Biot relativo ao cilindro infinito; Bi_2 número de Biot relativo a parede infinita.

Fonte: Própria.

Os seguintes gráficos representam a simulação realizada pelos parâmetros obtidos, e sua correlação com os pontos experimentais considerando as geometrias de uma parede infinita e de um cilindro finito.

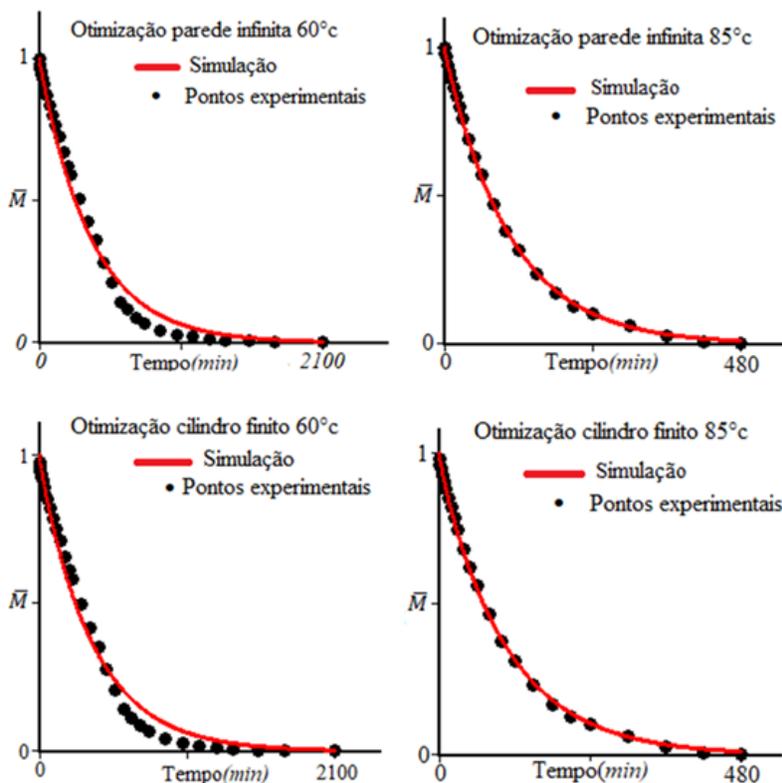


Figura 02 – Ajustes das curvas simuladas aos pontos experimentais

Fonte: Própria.

Através da Tabela 01 e dos gráficos de ajuste, pode-se perceber que as duas geometrias consideradas nos modelos difusivos descreveram bem a secagem de gengibre osmoticamente desidratado. Entretanto para definir a melhor geometria é necessário que os resultados prevejam resultados físicos coerentes.

Pode-se observar que a geometria do cilindro finito gerou valores coerentes para a difusividade D e próximos dos obtidos por Silva (2013), para secagem de fatias de coco osmoticamente desidratados. Já a geometria da parede infinita gerou valores muito pequenos para o número de Biot, o que indica uma grande resistência na superfície do produto, entretanto como o gengibre foi descascado e submetido a um pré-tratamento osmótico é pouco provável que exista essa grande resistência na superfície do produto.

Além disso, como na geometria do cilindro finito os números de Biot foram muito próximos para as duas superfícies, pode-se concluir que o produto apresenta uma resistência ao fluxo de água muito parecido em ambas superfícies. Além disso, para essa geometria os números de Biot estão mais próximos dos obtidos na literatura.

Com os dados dos experimentos foram utilizados o *softwares* Infinite slab numerical desenvolvido por Silva e Silva Júnior (2018), e o Cilindro finito desenvolvido por Silva Júnior e SILVA W., (2018), para gerar os gráficos de contorno que simulam a distribuição de água no interior do produto em cada instante da secagem. Cabe salientar que os programas possuem solução numérica para as duas geometrias, entretanto quando submetidos aos mesmos parâmetros geram os mesmos resultados que as soluções analíticas.

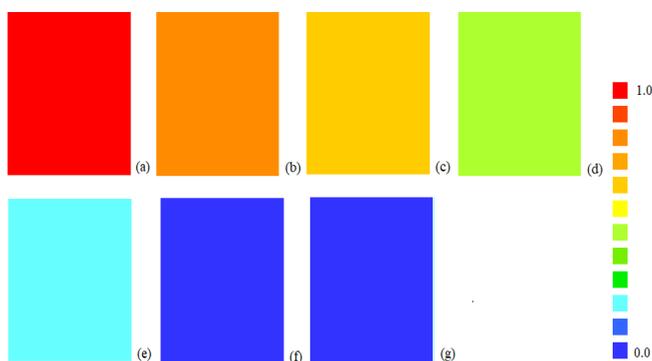


Figura 03: Gráficos de contorno para experimento com temperatura de 60°C considerando a geometria de uma parede infinita nos tempos. (a) 0 min. (b) 1 hora e 30 min. (c) 3 horas. (d) 5 horas. (e) 10 horas. (f) 15 horas e 30 minutos. (g) 35 horas.

Fonte: própria.

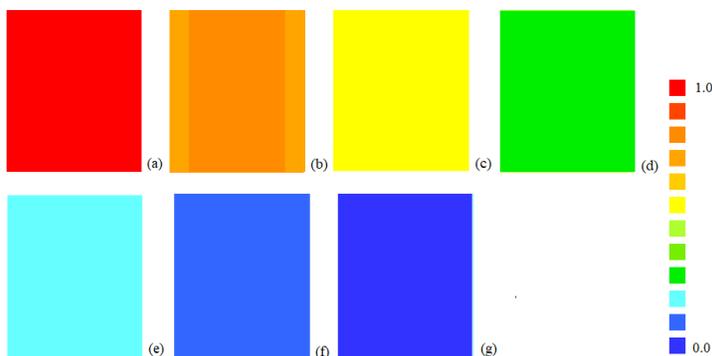


Figura 04: Gráficos de contorno para experimento com temperatura de 85°C considerando a geometria de uma parede infinita nos tempos. (a) 0 min. (b) 30 min. (c) 1 hora. (d) 2 horas. (e) 3 horas. (f) 4 horas (g) 8 horas.

Fonte: Própria.

Observe que os gráficos de contorno apresentam uma distribuição uniforme de água no produto para todos os instantes de tempo, isto se deve ao fato dessa geometria ter gerado um valor muito pequeno para o número de Biot. Além disso a falta de um gradiente de umidade na secagem de produtos biológicos não é comum na literatura, ainda mais com produtos sem a casca. A seguir serão apresentados os gráficos de contorno relacionados com a geometria bidimensional do cilindro finito:

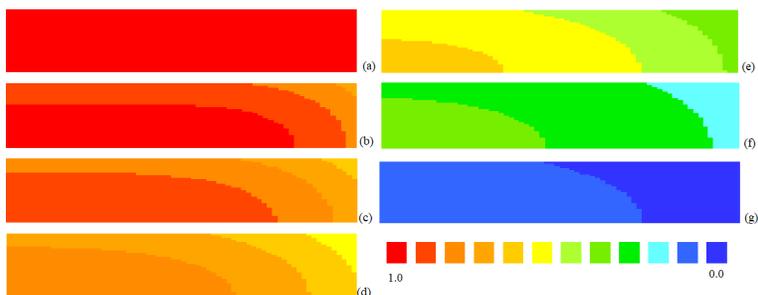


Figura 05: Gráficos de contorno para experimento com temperatura de 85°C considerando a geometria de um cilindro infinito nos tempos. (a) 0 min. (b) 30 min. (c) 1 hora. (d) 2 horas. (e) 3 horas. (f) 4 horas (g) 8 horas.

Fonte: Própria.

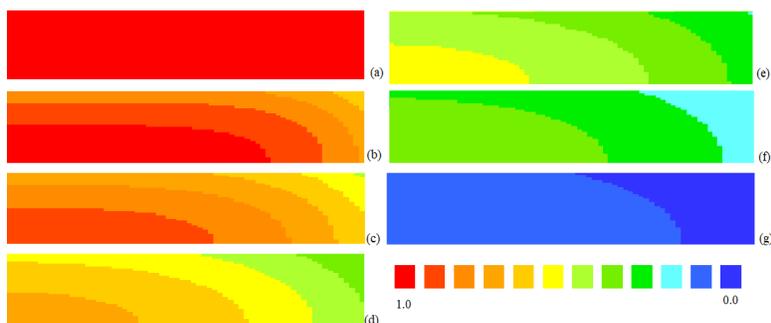


Figura 06: Gráficos de contorno para experimento com temperatura de 60°C considerando a geometria de um cilindro finito nos tempos. (a) 0 min. (b) 1 hora e 30 min. (c) 3 horas. (d) 5 horas. (e) 10 horas. (f) 15 horas e 30 minutos. (g) 35 horas.

Fonte: Própria.

Observando os gráficos com relação à geometria de um cilindro finito, é possível perceber que essa geometria gerou resultados coerentes com os observados fisicamente e na literatura, pois foi previsto um gradiente de umidade. Entretanto o gráfico ao fim da secagem não apresenta que o produto encontra-se em equilíbrio, diferente do que foi observado experimentalmente.

A diferença observada entre a simulação e o experimento pode diminuir com o acréscimo de hipóteses na modelagem matemática como por exemplo: o encolhimento do produto, a variação volumétrica e a variação da difusividade durante o processo de secagem.

Pelo que foi exposto percebe-se que os indicadores estatísticos apontam para uma equivalência entre as geometrias, entretanto quando analisados fisicamente e comparados com a literatura conclui-se que a geometria do cilindro finito é mais adequada que a parede infinita para descrever a secagem de fatias de gengibre.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que o código computacional desenvolvido em linguagem Fortran, com uma solução da equação de difusão, gerou resultados satisfatórios e coerentes com os apresentados pelo *software convective*. Nesse contexto, o código computacional foi adaptado à um otimizador, e foi utilizado para estudos sobre a comparação de duas geometrias para a secagem de gengibre osmoticamente desidratado.

Percebe-se pelos indicadores estatísticos dos ajustes para as duas geometrias, que ambas descreveram bem as secagens, entretanto analisando fisicamente os parâmetros obtidos, percebeu-se que a geometria do cilindro finito gerou resultados mais coerentes que os obtidos para a parede infinita, e assim a geometria de um cilindro finito é mais adequada para descrever a secagem de gengibre osmoticamente desidratado do que a parede infinita.

REFERÊNCIAS

DEGHANNYA, J.; GORBANI, R.; GHANBARZADEH, B.; Shrinkage of mirabelle plum during hot air drying as influenced by ultrasound-assisted osmotic dehydration. **International Journal of Food Properties**. v. 19, p. 1093-1103, 2016.

DOYMAZ, I. Drying kinetics, rehydration and colour characteristics of convective hotair drying of carrot slices. **Heat Mass Transfer**. v. 53, p. 25–35, 2017.

EIM, V. S.; URREA, D.; ROSSELLÓ, C.; GARCÍA-PÉREZ, J. V. Optimization of the drying process of carrot (*daucus carota* v. Nantes) on the basis of quality criteria. **Drying Technology**. v. 31, p. 951–962, 2013.

HEYDARI, M.; KHALILI, K.; AHMADI-BROOGHANI, S. Y. Studying the effect of material initial conditions on drying induced stresses. **Heat Mass Transfer**. v. 54, p. 341–352, 2018.

HUANG, J.; ZHANG, M.; ADHIKARI, B.; YANG, Z. Effect of microwave air spouted drying arranged in two and three-stages on the drying uniformity and quality of dehydrated carrot cubes. **Journal of Food Engineering**. v. 177, p. 80-89, 2016.

LUIKOV, A.; **Analytical heat diffusion theory**. 2nd. ed. London: Academic Press, Inc. Ltd., 1968, 648 p..

SILVA, C. M. P. S. **Ferramentas analíticas e numéricas para a descrição da secagem de sólidos na forma de cilindros e de elipsoides**. 2012. 254p. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos), Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal de Campina Grande, PB, Brasil.

SILVA, I. A.; SILVA JÚNIOR, A. F.; **Uma abordagem numérica para a descrição da secagem convectiva de gengibre**. In: XV CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE, 15., 2018. *Anais...* Campina Grande, 2018.

SILVA JÚNIOR, A. F.; SILVA, W. P.; AIRES, J. E. F.; AIRES, K. L. C. A. F.; Numerical approach to describe complementary drying of banana slices osmotically dehydrated. **Heat mass transfer**. 2017.

SILVA JÚNIOR, A. F.; SILVA, W. P.; FARIAS, V. S. O.; SILVA, C. M. P. S.; LIMA, A. G. B.; Description of Osmotic Dehydration of Banana Slices Dipped in Solution of Water and Sucrose Followed by Complementary Drying Using Hot Air.

SILVA JUNIOR, A. F.; SILVA, W. P.; **Desidratção osmótica e secagem complementar de fatias de banana**. Novas edições acadêmicas, Campina Grande, 2018.

SILVA JÚNIOR, A.F., SILVA, W.P., AIRES, J. E.F., AIRES, K.L.C.A.F., CASTRO, D.S.: Osmotic dehydration kinetics of banana slices considering variable diffusivities and shrinkage. **Int. J. Food Prop.** V.20, p.1313–1325, 2017.

SILVA, W. P. **Convective** (2008), online, disponível no endereço eletrônico: < <http://zeus.df.ufcg.edu.br/labfit/Convective.htm>>, date de acesso: 10 de dezembro de 2018.

SILVA, W. P.; SILVA E SILVA, C. M. D. P.; AIRES, J. E. F.; SILVA JÚNIOR, A. F.; Osmotic dehydration and convective drying of coconut slices: Experimental determination and description using one-dimensional diffusion model. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**. V.13, p. 162-168, 2013.

ZHAO, D.; AN, K; DING, S.; LIU, L; XU, Z.; WANG, Z. Two-stage intermittent microwave coupled with hot-air drying of carrot slices: drying kinetics and physical quality. **Food Bioprocess Technol.** v. 7, p. 2308–2318, 2014.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Açaí 87, 90, 92

Aglomerados 80, 81, 86

Água 7, 8, 26, 44, 48, 49, 50, 51, 53, 54, 55, 56, 57, 61, 69, 88, 89, 92, 95, 96, 97, 102, 105, 106, 107, 108, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 119, 120, 121, 124, 125, 127, 128, 134, 135, 141, 142, 155, 156, 157, 158, 159, 164, 168, 169, 178

Alimentação 75, 133, 160, 161, 162, 163, 165, 166, 167, 179, 186

B

Bagaço 160

Bagaço de Cana 80, 81, 83, 84, 85, 86, 177, 178, 179, 182, 183, 184, 185, 187

Bioclimatologia 70, 71, 72, 73, 74, 76, 79

C

Camada 8, 131, 136

Cenoura 120, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 140, 141, 142, 143

Citronela 59, 60, 61, 64, 65, 66, 67, 68

Climatizadores 105

CO₂ 7, 8, 59, 60, 65, 67, 69, 147, 154

Coagulação 155, 156, 157, 158, 159

Contaminação 44, 45, 48, 49, 50, 53, 54, 55, 56, 57, 112

E

Efeitos 18, 32, 33, 34, 74, 75, 78, 96, 118, 120, 164, 167, 168, 170

Empíricos 34, 131, 132, 133, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 142

Ensaio 25, 27, 29, 30, 36, 51, 52, 53, 82, 90, 155, 181

Eucalipto 80, 81, 83, 84, 85, 86, 94, 95, 96

Extração 59, 60, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 87, 88, 147, 150, 152, 154, 167, 170, 182

F

Fibra de Vidro 24, 25, 27, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37

Fluído 59, 88, 89

G

Gengibre 118, 119, 120, 121, 124, 126, 129, 130

Geometria 90, 118, 119, 120, 121, 125, 126, 127, 128, 129

GNSS 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23

Goma Xantana 87, 88, 89, 90, 92

I

Incêndio 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 50

Instituições Públicas 1

L

Licor 94, 95, 96, 98

Lubrificante 44, 46, 47, 48, 49, 50

M

Madeira 8, 17, 81, 86, 94, 95, 96, 104, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 152, 153, 154, 182, 188

Malte 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172

Melhoria 27, 38, 39, 40, 42, 159, 166, 182

Mudança 1, 108, 120

O

Ordenhadeiras 105

P

pH 88, 97, 103, 104, 135, 140, 142, 155, 156, 157, 158, 178

Processos 29, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 69, 74, 118, 125, 130, 132, 133, 136, 146, 161, 165, 166, 171, 175, 176, 179

Produção 43, 44, 45, 52, 56, 59, 69, 70, 71, 72, 73, 75, 76, 78, 79, 80, 81, 88, 89, 94, 95, 96, 104, 105, 106, 108, 117, 143, 147, 150, 154, 156, 166, 167, 170, 174, 188, 189

R

Resistência Elétrica 24, 25, 26, 27, 29, 36, 37

S

Secagem 89, 97, 118, 119, 120, 121, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 170

Sementes 96, 143, 155, 156, 157, 158, 159, 168

Soldagem 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 189

Sustentável 76, 94, 104, 145, 146, 149, 150, 154

T

Térmico 27, 74, 75, 81, 82, 86, 105, 106, 114, 117, 148

Transferência de Calor 7, 80, 81, 84, 119

 www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br
 @atenaeditora
 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

AMPLIAÇÃO E APROFUNDAMENTO DE CONHECIMENTOS NAS ÁREAS DAS ENGENHARIAS 2


Ano 2020

 www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br
 @atenaeditora
 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

AMPLIAÇÃO E APROFUNDAMENTO DE CONHECIMENTOS NAS ÁREAS DAS ENGENHARIAS 2


Ano 2020