

Ciência, Tecnologia e Inovação: Desafio para um Mundo Global

4



Franciele Braga Machado Tullio
Lucio Mauro Braga Machado
(Organizadores)

Atena
Editora
Ano 2020

Ciência, Tecnologia e Inovação: Desafio para um Mundo Global

4



Franciele Braga Machado Tullio
Lucio Mauro Braga Machado
(Organizadores)

Atena
Editora
Ano 2020

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação: Natália Sandrini de Azevedo

Edição de Arte: Luiza Batista

Revisão: Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins

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

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense

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

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. 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

Prof. Dr. Luis Ricardo Fernando da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros

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
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. 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
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Fernando José Guedes da Silva Júnior – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Prof^a Dr^a 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^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
Prof^a Dr^a Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof^a Dr^a Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof^a Dr^a Andrezza Miguel da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof^a Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Prof^a Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Prof^a Dr^a Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof^a Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Prof^a Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Prof^a 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
Prof^a Dr^a 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
Prof^a Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof^a Ma. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco

Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
 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. Me. 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. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
 Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
 Prof. Me. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
 Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
 Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
 Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
C569	<p>Ciência, tecnologia e inovação [recurso eletrônico] : desafio para um mundo global 4 / Organizadores Franciele Braga Machado Tullio, Lucio Mauro Braga Machado. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia. ISBN 978-65-5706-144-2 DOI 10.22533/at.ed.442202606</p> <p>1. Ciência – Brasil. 2. Inovação. 3. Tecnologia. I. Tullio, Franciele Braga Machado. II. Machado, Lucio Mauro Braga.</p> <p style="text-align: right;">CDD 506</p>
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

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

APRESENTAÇÃO

Em “Ciência, Tecnologia e Inovação: Desafio para um Mundo Global 4” trazemos doze capítulos que pontuam os desafios para o desenvolvimento da sociedade a partir da ciência, tecnologia e inovação.

Temos aqui demonstradas as tecnologias que permitirão cidades inteligentes com uso consciente e ecológico de espaços públicos, que analisam alternativas à pavimentação tradicional e que demonstram preocupação com os desafios na comunicação.

Trazemos também estudos na produção de alimentos, buscando maximizar produção, minimizando desperdícios.

Além disso, temos ainda estudos avaliando os impactos de toda essa inovação no mercado de trabalho e nos trabalhadores.

Esperamos que esta obra possa contribuir para os desafios futuros da humanidade. Boa leitura!

Franciele Braga Machado Túllio
Lucio Mauro Braga Machado

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
SMART CITY: UMA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA	
Eduardo Felipe de Araújo	
Auricélia Costa Gonçalves	
Alan Kilson Ribeiro Araújo	
Rafael Fernandes de Mesquita	
DOI 10.22533/at.ed.4422026061	
CAPÍTULO 2	19
SMART STOP: UM MODELO DE PARADA DE ÔNIBUS INTELIGENTE A SER APLICADO NA CIDADE DE SÃO LUÍS – MA	
Iago de Melo Torres	
Mariana de Sousa Prazeres	
Yara Lopes Machado	
Leticia Maria Brito Silva	
Marcos Henrique Costa Coelho Filho	
Paulo Rafael Nunes e Silva Albuquerque	
Bruna da Costa Silva	
Thainá Maria da Costa Oliveira	
Moisés de Araujo Santos Jacinto	
Camilla Gomes Arraiz	
Jayron Alves Ribeiro Junior	
Marcio Fernando de Andrade Moreira	
DOI 10.22533/at.ed.4422026062	
CAPÍTULO 3	31
AVALIAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DO MÉTODO <i>WHITETOPPING</i> NA RECUPERAÇÃO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS	
Leonardo Guimarães de Sousa	
Larissa da Silva Paes Cardoso	
DOI 10.22533/at.ed.4422026063	
CAPÍTULO 4	40
ESTUDO, INSTALAÇÃO E MONITORAMENTO ELETRÔNICO DE UM SISTEMA DE AQUECIMENTO DE ÁGUA POR ENERGIA SOLAR COMPOSTO POR TUBOS A VÁCUO	
Ademir José Demétrio	
André Fernandes Cristofolini	
Claiton Emilio do Amaral	
Derek Soares de Melo	
Diogo Ramsdorf Souza	
Emerson José Corazza	
Fabio Krug Rocha	
Gilson João dos Santos	
Murilo Carriel Vassão	
Renato Cristofolini	
Rosalvo Medeiros	
DOI 10.22533/at.ed.4422026064	
CAPÍTULO 5	54
PROJETO NUMÉRICO E EXPERIMENTAL DE ARRANJO DE ANTENAS DE MICROFITA UTILIZANDO A GEOMETRIA FRACTAL DE MINKOWSKI	
Elder Eldervitch Carneiro de Oliveira	

Pedro Carlos de Assis Júnior
Relber Antônio Galdino de Oliveira
Marcos Lucena Rodrigues
Tales Augusto Carvalho de Barros

DOI 10.22533/at.ed.4422026065

CAPÍTULO 6 66

EFEITO TRANSLAMINAR DE EXTRATOS ORGÂNICOS DE *Piper amalago* var. *medium*, SOB LARVAS DE *Tuta absoluta* (MEYRICK) (LEPIDOPTERA:GELECHIIDAE), NA CULTURA DO TOMATEIRO

Meri Garcia Rezende
Roney de Carvalho Macedo Silva
Elaine Ferrari de Brito
Leandro do Prado Ribeiro
Edson Luiz Lopes Baldin

DOI 10.22533/at.ed.4422026066

CAPÍTULO 7 70

INGESTÃO DE ALIMENTOS? BENEFÍCIOS OU MALEFÍCIOS À SAÚDE

Raquel Costa Chevalier
Sandriane Pizato
William Renzo Cortez Vega

DOI 10.22533/at.ed.4422026067

CAPÍTULO 8 76

SECAGEM DA AMEIXA PELO MÉTODO EM CAMADA DE ESPUMA: ESTUDO SOBRE AS VARIÁVEIS DO PROCESSO E QUALIDADE DO PÓ

Cinthia Meirelly de Araújo Elpídio
Aimeé Karla Tavares Machado
Jackson Araújo de Oliveira
Maria de Fátima Dantas de Medeiros

DOI 10.22533/at.ed.4422026068

CAPÍTULO 9 93

OPTIMIZED COMMUNICATION PLAN AND ITS IMPACT ON THE EMERGENCY AND CONTINGENCY PLAN REGARDING RESPONSE TIMES IN CRISIS SITUATIONS IN THE AIRLINE INDUSTRY

Lúcia de Fátima Silva Piedade
Jorge Miguel dos Reis Silva

DOI 10.22533/at.ed.4422026069

CAPÍTULO 10 106

CONCEPÇÃO ATUAL DA GESTÃO DA QUALIDADE ASSEGURADA NO ÂMBITO GLOBAL DAS INDÚSTRIAS

Michely Duarte Leal Coutinho de Souza
Neide Kazue Sakugawa Shinohara

DOI 10.22533/at.ed.44220260610

CAPÍTULO 11 116

UMA PERCEPÇÃO DO TRABALHADOR NA INDÚSTRIA 4.0

Jadir Perpétuo dos Santos
Alexandre Acácio de Andrade
Júlio Francisco Blumetti Facó
Erick Bovi dos Santos
Antônio Carlos de Alcântara Thimóteo

DOI 10.22533/at.ed.44220260611

CAPÍTULO 12 124

A RELATIVIZAÇÃO DA DIGNIDADE HUMANA NAS RELAÇÕES EMPREGATÍCIAS COM A “COISIFICAÇÃO” DO TRABALHADOR

[Khimberly de Souza Santos Carvalho](#)

DOI 10.22533/at.ed.44220260612

SOBRE OS ORGANIZADORES..... 135

ÍNDICE REMISSIVO 136

SECAGEM DA AMEIXA PELO MÉTODO EM CAMADA DE ESPUMA: ESTUDO SOBRE AS VARIÁVEIS DO PROCESSO E QUALIDADE DO PÓ

Data de aceite: 23/06/2020

Data de submissão: 06/03/2020

Cinthia Meirelly de Araújo Elpídio

Universidade Federal do Rio Grande do Norte,
Departamento de Engenharia Química, Programa
de Pós-graduação em Engenharia Química
Natal – RN

<http://lattes.cnpq.br/4198632245819646>

Aimeé Karla Tavares Machado

Universidade Federal do Rio Grande do Norte,
Departamento de Engenharia Química
Natal – RN

<http://lattes.cnpq.br/1738710585854600>

Jackson Araújo de Oliveira

Universidade Federal do Rio Grande do Norte,
Departamento de Engenharia Química, Programa
de Pós-graduação em Engenharia Química
Natal – RN

<http://lattes.cnpq.br/5058617634570704>

Maria de Fátima Dantas de Medeiros

Universidade Federal do Rio Grande do Norte,
Departamento de Engenharia Química, Programa
de Pós-graduação em Engenharia Química
Natal – RN

<http://lattes.cnpq.br/0028833497936929>

RESUMO: Métodos alternativos de baixo custo são bastante utilizados para o aproveitamento

do excedente da produção de frutas e uma técnica que pode ser aplicada nesse processo é a secagem das polpas em camada de espuma. Neste estudo, foi realizada a secagem da ameixa em camada de espuma em três condições de tempo de batimento. O efeito do tempo de batimento sobre as propriedades físicas da espuma e físico-químicas do pó foram investigados com o intuito de avaliar a melhor condição operacional para secagem desta fruta. Os experimentos foram conduzidos utilizando uma estufa de recirculação de ar com temperatura de 70 °C. Para a formulação das espumas, houve a adição de 3% de albumina e foram aplicados os tempos de batimento de 6, 10 e 14 min. As curvas de secagem mostraram uma diminuição do tempo de secagem com o aumento da expansão, evidenciando a influência da porosidade na redução do tempo de secagem (75 para 50 min). A difusividade efetiva foi calculada para todas as condições experimentais e os valores encontrados, $6,274 \cdot 10^{-7}$ a $9,349 \cdot 10^{-7}$ m²/s, mostram que a secagem foi eficiente. Análises físico-químicas do pó mostraram que uma maior incorporação de ar na espuma favoreceu a obtenção de um material com fluidez e solubilidade melhores, além de um pó com baixo teor de umidade e atividade de água.

PALAVRAS-CHAVE: ameixa; secagem em camada de espuma; tempo de batimento;

propriedades físico-químicas.

PLUM DRYING BY FOAM MAT METHOD: STUDY ON PROCESS VARIABLES AND POWDER QUALITY

ABSTRACT: Low-cost methods are widely used to take advantage of surplus fruit production and one technique that can be applied in this process is the drying of the pulps in a foam layer. In this study, the plum was dried in foam mat drying under three whipping time conditions. The effect of the whipping time on the physical properties of the foam and physicochemical properties of the powder was investigated in order to evaluate the most suitable operational condition for drying this fruit. The experiments were conducted using a 70 ° C air recirculation oven. For the foam 3% albumin was added to the formulation and the whipping times of 6, 10 and 14 min were applied. Drying curves showed a decrease in drying time with increasing expansion, showing the influence of porosity in reducing drying time (75 to 50 min). The effective diffusivity was calculated for all experimental conditions and the values found, $6,274 \cdot 10^{-7}$ to $9,349 \cdot 10^{-7}$ m²/s, show that drying was efficient. The physicochemical analysis of the powder showed that a higher incorporation of air in the foam favored a material with better fluidity and solubility, as well as a powder with low moisture content and water activity. **KEYWORDS:** plum; foam mat drying; whipping time; physicochemical properties.

1 | INTRODUÇÃO

O Brasil é um país de grande dimensão territorial e com condições climáticas favoráveis ao cultivo de uma grande variedade de frutas. Entre as frutas, a ameixa tem sido amplamente produzida no sudeste e sul do Brasil onde o clima é mais ameno. Além de comercializadas *in natura*, os frutos da ameixa são destinados principalmente para a produção de sucos, ameixas secas e doces em calda. A perecibilidade da ameixa *in natura* é fator limitante para longos períodos de transporte e armazenamento. Assim, o desenvolvimento e aperfeiçoamento de processos que permitam prolongar a vida útil da fruta torna-se fundamental.

A secagem é um método de preservação de alimentos amplamente utilizado. Além do prazo de validade prolongado, o produto seco requer menos embalagem, apresenta menor custo de transporte devido à redução de peso e pode ter características próprias diferentes da fruta fresca. Diferentes métodos de secagem têm sido aplicados para desidratação das ameixas, tais como: secagem convectiva, em camada de espuma, a vácuo, a vácuo por micro-ondas, liofilização (Michalska *et al.*, 2016).

Dentre as técnicas de secagem, a secagem em camada de espuma tem apresentado algumas vantagens em relação aos métodos tradicionais, como: boa característica de reidratação, perfil sensorial favorável para o produto e menor tempo de secagem (Muthukumaran *et al.*, 2008). Nesta técnica de secagem, a espuma é produzida basicamente através da incorporação de gás (geralmente ar) em alimentos líquidos ou semilíquidos, formando um sistema a duas fases, sendo uma fase dispersa e outra contínua (Azizpour et

al., 2014), resultando em uma estrutura porosa e de maior área superficial que contribuem para a alta taxa de transferência de massa, proporcionando maior eficácia na secagem, uma vez que reduz o tempo de processo e obtenção de um produto com melhor qualidade nutricional (Azizpour *et al.*, 2016). No entanto, para se ter um processo eficiente de secagem em camada de espuma, as espumas devem permanecer tanto mecanicamente quanto termodinamicamente estáveis, a fim de manter uma boa condição para a remoção de água e a qualidade do produto (Franco *et al.*, 2015). Para tanto, é necessário o uso de agentes que promovam uma espuma estável.

Um agente espumante é um material surfactante usado para reduzir a tensão superficial entre dois líquidos ou um líquido e um sólido a fim de facilitar a formação de espuma (Sangamithra *et al.*, 2016). As proteínas são bons agentes espumantes e também fornecem alta estabilidade através de sua hidrofobicidade e possíveis rearranjos conformacionais que permitem rápida adsorção na interface ar-água, levando à formação de uma camada adsorvida elástica coerente (Foegeding *et al.*, 2006). Um dos agentes mais utilizados para formação da camada de espuma é a albumina de ovo. Esta é aplicada como agente espumante devido à capacidade de suas proteínas formarem um filme denso ao redor das bolhas de ar, reduzindo a instabilidade da tensão superficial e retendo o ar aprisionado (Karim & Wai, 1999; Lomakina & Míková, 2006). A albumina de ovo promove uma alta capacidade de expansão da espuma o que resulta no aumento da porosidade do material e ocasiona mudanças em suas propriedades físicas e também de secagem.

Um fator primordial para o estudo da secagem de frutas é a qualidade do produto final que pode ser avaliada sob vários aspectos relativos às propriedades físicas, químicas e sensoriais, as quais podem ser usadas como indicadores de qualidade, uma vez que os processos de desidratação podem provocar mudanças que afetem positiva ou negativamente a qualidade do pó da fruta. Considerando o exposto, o objetivo da pesquisa foi avaliar o processo de obtenção de ameixa em pó pelo método de camada de espuma, a partir da caracterização da espuma, cinética de secagem e obtenção de dados quanto aos parâmetros físicos e químicos que determinam a qualidade do pó obtido.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Materiais

Ameixas frescas da espécie *Prunus L.* foram adquiridas no mercado local (Rio Grande do Norte, Brasil). Os frutos foram lavados, cortados, processados como polpa e acondicionados em sacos plásticos. Com o intuito de proporcionar estabilidade microbiológica, o material foi resfriado e estocado a $\pm 10^{\circ}\text{C}$ para uso posterior. A albumina de ovo utilizada na formulação da espuma de ameixa foi adquirida da empresa Naturovos (Brasil).

2.2 Preparação da espuma de ameixa

Para preparação de cada espuma, uma massa fixa de 150 gramas contendo ameixa e albumina foi colocada em um recipiente de polipropileno. A formação da espuma foi feita usando uma batedeira de alimentos com potência de 150 W. A concentração de albumina utilizada, determinada em testes preliminares, foi de 3%. Definiram-se três tempos de batimento, 6, 10 e 14 minutos, para estudo.

2.3 Determinação das propriedades da espuma

2.3.1 Densidade da espuma

Para determinação da densidade da espuma, a amostra foi colocada em um cilindro graduado a temperatura ambiente (23°C – 26°C). A transferência da espuma para o recipiente graduado foi feita cuidadosamente para evitar a destruição da sua estrutura e a evacuação do ar aprisionado (Karim & Wai, 1999). As amostras foram pesadas, aferindo-se o volume ocupado pela espuma no recipiente graduado. Calculou-se a densidade da espuma (ρ_f) de acordo com a Equação 1.

$$\rho_f = \frac{\text{massa da espuma (g)}}{\text{volume da espuma (cm}^3\text{)}} \quad (1)$$

2.3.2 Expansão da espuma

A expansão da espuma determina a quantidade de ar incorporado durante o batimento para sua formação (Sangamithra et al., 2016). A expansão da espuma foi calculada a partir da Equação 2, usando a relação entre a densidade da espuma de ameixa (ρ_f) e a densidade da polpa de ameixa (ρ_p) (Oguntunde & Adejo, 1993).

$$\% \text{ Foam Expansion} = \frac{\frac{1}{\rho_f} - \frac{1}{\rho_p}}{\frac{1}{\rho_p}} \cdot 100 \quad (2)$$

2.3.3 Porosidade da espuma

A porosidade de cada espuma foi calculada a partir da Equação 3, baseando-se na densidade da espuma (ρ_f) previamente calculada (Raharitsifa et al., 2006).

$$\phi = 1 - \rho_f / \rho_p \quad (3)$$

Onde (ρ_p) é a densidade da polpa de ameixa (g/cm³). A Eq. 3 é válida se a densidade do ar é negligenciada em relação à densidade da polpa. Para este trabalho, a densidade

determinada para a polpa de ameixa foi de $0,97 + 0,007 \text{ g/cm}^3$.

2.4 Cinética de secagem das espumas e difusividade efetiva

As espumas preparadas, nas condições anteriormente definidas, foram desidratadas usando a técnica de secagem de camada de espuma. As espumas de ameixa foram espalhadas uniformemente em uma bandeja de alumínio (36.9 x 21.8 x 0.8 cm) e a secagem foi realizada numa estufa de recirculação (Tecnal, Brasil) a $70 \text{ }^\circ\text{C}$, com uma velocidade de ar de 2 m/s . Todos os experimentos foram realizados em duplicata. A cinética de secagem foi acompanhada pela perda de massa da espuma. A bandeja contendo a amostra de espuma foi pesada a cada 5 minutos até atingir massa constante. A razão de umidade (MR) foi calculada a partir da Equação 4.

$$MR = \frac{M(t) - M_e}{M_0 - M_e} \quad (4)$$

onde M_0 , $M(t)$ e M_e representam a umidade da espuma (kg/kg base seca) no tempo inicial, no tempo t e no equilíbrio, respectivamente. Considerou-se a umidade de equilíbrio como o valor da umidade do material ao atingir peso constante, ou seja, taxa de secagem igual a zero.

A equação da difusão de Fick (Crank, 1975) foi usada como modelo matemático para avaliar a cinética da secagem em camada de espuma. A geometria de placa plana foi considerada no modelo, de acordo com a Equação 5 (Doymaz, 2006):

$$MR = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{(2n-1)^2} \exp\left[-\frac{(2n-1)^2 \pi^2 D_{eff} t}{4L^2}\right] \quad (5)$$

Onde D_{eff} é a difusividade efetiva (m^2/s), t é o tempo de secagem (min) e L é a espessura da bandeja (m).

Foram considerados os quatro primeiros termos da série ($n=4$), ajustando-se o modelo ao conjunto de dados da razão de umidade em função do tempo para cada experimento. Utilizou-se o programa Statistics 7.0 para ajuste do modelo, determinando-se a difusividade efetiva.

2.5 Análises das propriedades do pó

2.5.1 Densidade aparente e compactada

A densidade aparente foi determinada adicionando-se 5 g do pó em um cilindro graduado de 10 mL . A proveta foi pesada e o volume ocupado pelo pó foi medido sem bater o recipiente para evitar a compactação do pó. A densidade compactada foi determinada deixando a proveta anteriormente pesada cair de uma altura de 20 cm sobre uma superfície

horizontal emborrachada, até a ausência de variação no volume (Chegini & Ghobadian, 2005). A densidade aparente e a densidade compactada foram calculadas usando as Equações 8 e 9, respectivamente:

$$\text{Densidade aparente } (\rho_a) = \frac{\text{Massa do pó de ameixa (g)}}{\text{Volume do pó de ameixa (cm}^3\text{)}} \quad (8)$$

$$\text{Densidade compactada } (\rho_c) = \frac{\text{Massa do pó de ameixa (g)}}{\text{Volume do pó de ameixa compactado (cm}^3\text{)}} \quad (9)$$

2.5.2 Fluidez e coesão do pó

A fluidez e a coesão dos pós foram avaliadas em termos de índice de Carr (IC) e razão de Hausner (RH), respectivamente (Tze et al., 2012). O IC (Carr 1965) e RH (Hausner, 1967) foram calculados usando as fórmulas 10 e 11, respectivamente:

$$\text{Índice de Carr (IC)} = 100 \times \frac{\rho_c - \rho_a}{\rho_c} \quad (10)$$

$$\text{Razão de Hausner (RH)} = \frac{\rho_c}{\rho_a} \quad (11)$$

Onde ρ_a e ρ_c representam as densidades aparente e compactada (g/cm^3), respectivamente. A Tabela 1 indica a classificação da fluidez do pó com base nas faixas de IC e RH.

Índice de Carr (%)		Razão de Hausner	
Fluidez	Parâmetro	Coesão	Parâmetro
Muito boa	< 15%	Alta	> 1,4
Boa	15 – 20%		
Regular	20 – 35%	Intermediária	1,2 – 1,4
Ruim	35 – 45%		
Muito ruim	> 45%	Baixa	< 1,2

Tabela 1

Classificação de fluidez e coesão do pó baseada no índice de Carr e na razão de Hausner

Fonte: Jinapong et al. (2008).

2.5.3 Acidez titulável

Como a ameixa apresenta coloração rosada, foi utilizado o método de determinação da acidez titulável por volumetria potenciométrica, conforme as Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (2008). O método baseia-se na titulação potenciométrica da amostra com solução de hidróxido de sódio onde se determina o ponto de equivalência pela medida do pH da solução.

O potenciômetro foi calibrado com as soluções-tampão de 4 e 7 de acordo com as instruções do fabricante. Foi pesado 1 grama da amostra e diluído com 50 mL de água. Agitou-se moderadamente e o eletrodo foi mergulhado na solução. Titulou-se com a solução de hidróxido de sódio 0,1 M até uma faixa de pH (8,2-8,4). A acidez titulável foi calculada conforme a equação 12. Os resultados foram expressos em gramas de ácido málico por 100 gramas da amostra.

$$\text{Acidez titulável} = \frac{M_{\text{NaOH}} \cdot F_c \cdot V_{\text{NaOH}} \cdot \text{Eq}_{\text{ácido}}}{10 \cdot m_{\text{pó}}}$$

(12)

Onde M_{NaOH} , V_{NaOH} e F_c representam a molaridade (mol/L), o volume (mL) e o fator de correção do hidróxido de sódio, respectivamente; $\text{Eq}_{\text{ácido}}$ é o equivalente ácido para o ácido málico (67,04) e $m_{\text{pó}}$ é a massa do pó de ameixa utilizada (g).

2.5.4 Atividade de água

As amostras foram transferidas para cápsulas de polietileno, com diâmetro interno de 3,8 cm para determinação da atividade de água em medidor de atividade Aqua Lab (modelo 3TE, Decagon Devices, Pullman, EUA), na temperatura de 25°C.

2.5.5 Umidade

A umidade do pó foi determinada de forma direta, utilizando um grama de pó em balança de umidade de infravermelho (MARTE ID-200).

2.5.6 Solubilidade

Foi determinada pelo método de Cano-Chauca et al. (2005) com modificações. Diluiu-se um grama da amostra em pó em 100 mL de água destilada, sob agitação mecânica de 2500 rpm por 5 minutos. As soluções foram transferidas para tubos e centrifugadas a 2600 rpm por 5 minutos. Alíquotas do sobrenadante (20 mL) foram transferidas para pesa-filtros, previamente tarados e submetidas à secagem em estufa a 70°C por 24 horas. O percentual de solubilidade foi calculado da Equação 13.

$$\% \text{ Solubilidade} = \frac{m_{\text{amostra final}} \cdot (100 + m_{\text{pó}})}{m_{\text{amostra inicial}} \cdot m_{\text{pó}}} \quad (13)$$

Onde $m_{\text{amostra inicial}}$ representa a massa da amostra antes da secagem (g), $m_{\text{amostra final}}$ é a massa da amostra após 24 horas (g) e $m_{\text{pó}}$ é a massa do pó de ameixa (g).

2.5.7 Higroscopicidade

A higroscopicidade foi determinada de acordo com a metodologia proposta por Cai e Corke (2000) com algumas modificações, baseadas no estudo de Tonon *et al.* (2010) e descritas na sequência. Colocou-se aproximadamente 1 g de cada amostra em um recipiente hermético contendo uma solução saturada de NaCl 40% (umidade relativa de 75,29%) a 25°C e, após uma semana, as amostras foram pesadas. A higroscopicidade foi expressa como g de umidade adsorvida por 100 g de massa seca da amostra (g 100g⁻¹).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Influência do tempo de batimento na expansão da espuma de ameixa

Os efeitos do tempo de batimento sobre a expansão da espuma de ameixa são mostrados na Fig. 1. A expansão variou no range de 506,06 – 782,59% no intervalo de tempo de batimento de 6 – 14 minutos para a concentração de albumina analisada.

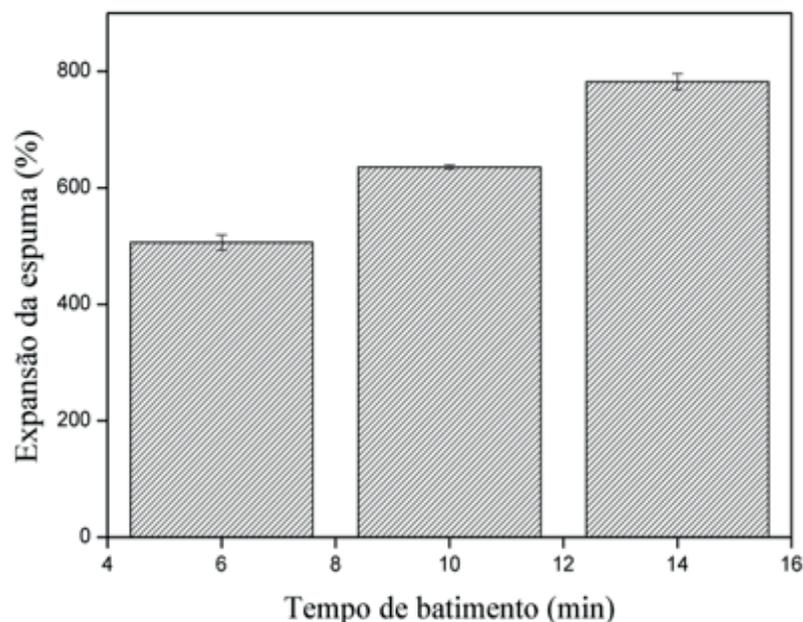


Fig.1. Expansão da espuma de ameixa nos tempos de batimento de 6, 10 e 14 minutos

Os valores obtidos para a expansão da espuma de ameixa foram bastante elevados e muito superiores aos relatados para as espumas de banana (Thuwapanichayanan *et al.*,

2012), mamão (Kandasamy *et al.*, 2014), yacon (Franco *et al.*, 2015), camarão (Azizpour *et al.*, 2014), melão (Sangamithra *et al.*, 2015) e beterrada (Ng & Sulaiman, 2018).

A Fig. 1 fornece dados importantes sobre o comportamento da espuma de ameixa em função do tempo de batimento. O processo de batimento favorece a incorporação e o aprisionamento do ar no líquido em forma de bolhas e isto leva a uma diminuição da densidade da espuma à medida que o tempo de batimento aumenta (Thuwapanichayanan *et al.*, 2008) e, conseqüentemente, a um aumento na expansão da espuma.

3.2 Densidade e porosidade da espuma

A análise dos parâmetros físicos foi realizada para que se pudesse verificar a influência da incorporação de ar em diferentes propriedades da espuma, com o intuito de analisar se um elevado percentual de expansão da espuma de ameixa, conforme foi evidenciado neste estudo, seria favorável ou não ao processo de secagem.

Na Tabela 2 são exibidas as medidas da densidade e porosidade das espumas. Observa-se a interferência do tempo de batimento sobre as variáveis analisadas e a tendência oposta de comportamento entre a densidade e a porosidade da espuma. Isso ocorreu porque o aumento do tempo de batimento provocou a elevação da expansão da espuma, ou seja, maior incorporação de ar resultando em mais frações de vazios no meio e, conseqüentemente, redução da densidade (Bergman *et al.*, 2011).

Tempo de batimento (min)	Densidade da espuma (g/cm ³)	Porosidade da espuma
6	0,160 + 0,003 ^a	0,835 + 0,003 ^a
10	0,132 + 0,001 ^b	0,864 + 0,001 ^b
14	0,110 + 0,002 ^c	0,887 + 0,002 ^c

Tabela 2 –Densidade e porosidade das espumas

Nível de significância $p \leq 0,05$. Letras diferentes indicam que houve diferença significativa entre as amostras.

Com isso, evidencia-se na Tabela 2 que o aumento da porosidade da espuma de 0,835 para 0,887 acarreta a diminuição da densidade de 0,160 para 0,110 g/cm³. Resultado semelhante também foi encontrado por Dehghannya *et al.* (2019) para secagem de suco de lima, observando a mesma relação entre a expansão, densidade e porosidade da espuma reportada no presente trabalho para todas as condições de tempo de batimento. Neste trabalho, as espumas apresentaram valores decrescentes de densidade, dentro do intervalo de tempo de batimento de 6 a 14 minutos, mostrando que quanto maior o tempo de batimento, mais elevada é a expansão e a porosidade da espuma.

3.3 Cinética de secagem e difusividade efetiva

As curvas de secagem para diferentes tempos de batimento podem ser vistas na Fig. 2. Observa-se que o aumento no tempo de batimento provocou uma diminuição do tempo de secagem de 75 para 50 min. Tendência semelhante também foi evidenciada no estudo

realizado por Thuwapanichayanan *et al.* (2008) para secagem de espuma de banana.

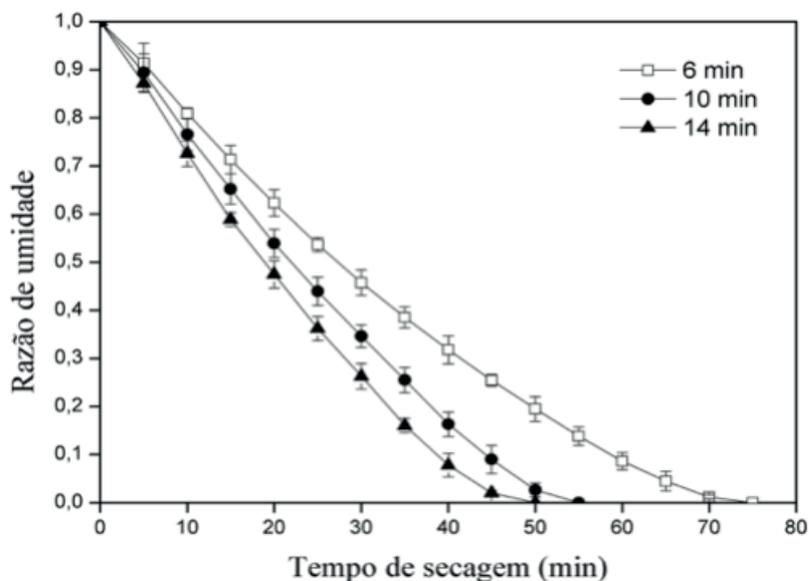


Fig.2. Curvas de secagem para diferentes tempos de batimento.

Comparando os resultados exibidos na Tabela 2 para a densidade e porosidade da espuma com os valores do tempo de secagem (Tabela 3), observa-se que a elevação da porosidade da espuma e, conseqüentemente, o decréscimo da densidade mostraram que a incorporação de ar elevada não prejudicou o tempo de secagem, demonstrando que o ar apesar de apresentar baixa constante de condutividade (k), $0,0287 \text{ W/m.K}$ (Kumar *et al.*, 2014), favorece a transferência de calor e massa devido ao aumento da área superficial do material.

Na tabela 3 são exibidos os valores da difusividade efetiva calculados a partir do ajuste do modelo de Fick aos dados experimentais da razão de umidade em função do tempo, bem como os respectivos coeficientes de determinação. Conforme observa-se, os coeficientes de determinação foram da ordem de 94% em média, valores satisfatórios e semelhantes aos encontrados por Sangamithra *et al.* (2015) para a secagem de melão. As difusividades efetivas ficaram compreendidas entre $6,274 \cdot 10^{-7}$ a $9,349 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$, valores superiores aos relatados para alimentos que compreendem uma faixa de 10^{-12} a $10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$ (Franco *et al.*, 2017). O valor mais elevado para o coeficiente de difusão efetiva foi encontrado para o tempo de batimento de 14 minutos. Observando os resultados expostos na Tabela 3, percebe-se que a difusividade efetiva é influenciada pelo tempo de batimento, conforme também foi evidenciado por Kadam e Balasubramanian (2011) para a secagem de suco de tomate e por Dehghannya *et al.* (2018) para suco de lima.

Tempo de batimento (min)	Tempo de secagem (min)	Difusividade efetiva (m ² /s)	R ²
6	75	6,274.10 ⁻⁷	0,944
10	55	7,911.10 ⁻⁷	0,937
14	50	9,349.10 ⁻⁷	0,943

Tabela 3 – Tempo de secagem e difusividade efetiva

3.4 Densidade aparente e compactada

A densidade é um dos parâmetros críticos que afetam as propriedades funcionais do pó (Sangamithra *et al.*, 2016). As análises das densidades aparente e compactada são de baixo custo e muito úteis para produtos em pó por gerarem resultados que indicam uma perspectiva do empacotamento, do arranjo das partículas e do perfil de compactação de um material (Shishir *et al.*, 2014).

A densidade aparente típica de produtos secos com espuma é de 0,2 - 0,6 g/cm³ (Dehghannya *et al.*, 2018). Neste estudo, a densidade aparente do pó de ameixa variou entre 0,200 e 0,249 g/cm³, enquanto a densidade compactada variou de 0,284 a 0,426 g/cm³. Verificou-se que tanto a densidade aparente quanto a compactada seguiram a mesma tendência, quanto maior a expansão, menores são os valores obtidos para ambas as densidades. O aumento do tempo de batimento proporcionou a diminuição da densidade aparente e compactada. Isso ocorreu porque expansões maiores favorecem a transferência de calor e massa dentro do material devido ao aumento da área superficial e porosidade, resultando na remoção facilitada da umidade (Chegini & Ghobadian, 2005). Outro fator importante observado neste estudo está relacionado a estabilidade das espumas, verificou-se que o aumento na expansão proporcionou a formação de espumas mais estáveis e com isso não ocorria o colapso da estrutura do material que causa um aumento nas densidades aparente e compactada do pó (Benstain *et al.*, 1993).

Tempo de batimento (min)	Densidade aparente (g/cm ³)	Densidade compactada (g/cm ³)	Razão de Hausner	Índice de Carr
6	0,268 + 0,001a	0,426 + 0,009a	1,587	36,981
10	0,254 + 0,004b	0,373 + 0,002b	1,472	32,065
14	0,237 + 0,001c	0,326 + 0,003c	1,374	27,233

Tabela 4

Densidades e parâmetros de fluidez dos pós

Nível de significância $p \leq 0,05$. Letras iguais indicam que não houve diferença significativa entre as amostras.

A capacidade de fluidez (índice de Carr - IC) e a coesão (razão de Hausner - RH) dos pós de ameixa são mostrados na Tabela 4. O IC e RH medem as propriedades de fluxo dos pós. Os valores de IC foram encontrados na faixa de 27,233 a 36,981, enquanto os valores de RH de pó de ameixa foram encontrados na faixa de 1,374 a 1,587, dependendo

da condição de tempo de batimento. Com base na Tabela 1, os pós de ameixa possuem uma fluidez (IC) ruim para a condição de 6 minutos de tempo de batimento e regular para as demais condições. Quanto à razão de Hausner, apresentam alta coesão para as espumas obtidas com 6 minutos e intermediária para as demais, 10 e 14 minutos de batimento.

A coesão das partículas de pó é causada principalmente por forças interpartículas, como as forças de van der Waals. Outros fatores, como o intertravamento mecânico, também podem ter influência, principalmente em materiais grossos, se não esféricos (Geldart *et al.*, 2009). Como a maioria dos materiais orgânicos é pó não esférico, isso pode ser uma razão para os pós estudados não serem pós de fluxo livre. A fluidez do pó também pode ser explicada em termos de adesão interparticulada ou viscosidade, que é afetada pelo alto nível de açúcar presente nos alimentos (Bhandari & Howes, 1999).

3.5 Propriedades físico-químicas do pó

Conforme mostrado na Tabela 5, o tempo de batimento da espuma tem influência significativa ($p \leq 0,05$) em todas as propriedades analisadas, exceto a higroscopicidade. Verificou-se que a acidez titulável variou no intervalo de 7,646 a 8,991 g de ácido málico por 100 gramas de amostra para as condições estudadas. O ácido málico, que é um ácido orgânico não volátil e predominante na ameixa, é um dos ácidos orgânicos importantes que dão odor e sabor a frutas, além de atuar como um tampão para equilibrar o pH celular. Neste estudo, foi observado que o aumento no tempo de batimento provocou uma diminuição na acidez titulável das espumas. A elevação no tempo de batimento acarretou em maiores expansões o que leva a menores tempos de secagem e com isso a um menor tempo de exposição do material ao calor, visto que o aumento na área superficial da espuma facilita a transferência de calor e massa. Com isso, atribui-se que nas espumas expostas ao calor por mais tempo pode ter ocorrido a conversão de açúcares em ácidos orgânicos o que fez aumentar o teor de ácido málico das amostras (Abbasi & Azizpour, 2016).

O teor de umidade dos pós de ameixa (Tabela 5) variou entre 2,500 g/100 g a 3,350 g/100 g, valores satisfatórios e inferiores aos produtos comerciais de baixa umidade como tomate em pó (3,4 a 4,0 g/100 g), café solúvel (de 4,18 a 5,25 g/100 g) e leite em pó (2 a 3,5 g/100 g), indicando uma disponibilidade muito baixa de água para a ocorrência de reações químicas e crescimento microbiológico (Jaya & Das, 2004), resultando em um produto estável.

A estabilidade de um produto alimentício está ligada tanto ao teor de umidade quanto à disponibilidade de água no alimento a ser usada para reações químicas (Lewicki, 2004). Quando métodos para conservação de alimentos são estudados, a determinação da atividade de água - parâmetro que expressa a água livre, definido como a razão entre a pressão do vapor de água dos alimentos e a pressão do vapor de água pura na mesma temperatura (Franco, *et al.*, 2016) - é crucial, visto que um alimento com alto A_w está mais susceptível ao crescimento microbiano, a maior taxa de resposta enzimática e a reação de Mallard, com isso uma redução na atividade da água a valores próximos de zero favorece a durabilidade

do produto (Shaari *et al.*, 2018). Os valores para A_w encontrados para os pós de ameixa (Tabela 5) variaram de 0,284 a 0,426. Resultados semelhantes também foram relatados por alguns pesquisadores: Breda *et al.* (2012) encontraram A_w na faixa de 0,200 - 0,300 para pós de suco de guavira, Krasaekoopt & Bhatia (2012) relataram um intervalo de 0,320 - 0,350 para o pó obtido da secagem de espumas de iogurte com albumina, Shaari *et al.* (2018) encontraram uma atividade de água na faixa de 0,320 – 0,410 para o pó de abacaxi, Ng e Sulaiman (2018) obtiveram pó de beterraba com A_w no intervalo de 0,3920 - 0,4570, dentre outros estudos.

A solubilidade é uma das avaliações mais práticas da qualidade do pó, pois descreve o comportamento dos pós em solução aquosa (Michalska *et al.*, 2016). Durante a reidratação, um excelente pó deve molhar instantaneamente, submergir em vez de flutuar e difundir sem inchar (Hogekamp & Schubert, 2003). Os valores para a solubilidade dos pós de ameixa obtidos neste trabalho são mostrados na Tabela 5 e variaram entre 65,357 e 80,159 %. O pó seco na condição de maior expansão da espuma (14 minutos de batimento) por possuir maior porosidade levou ao aumento da penetrabilidade do pó, aumentando assim a solubilidade. Isso pode ser atribuído ao fato de que o baixo teor de umidade parece estar associado à rápida reidratação (Goula & Adamopoulos, 2008), pois quanto menor o teor de umidade, menos pegajoso é o pó e, portanto, maior será a área de superfície em contato com a água de reidratação (Fazaeli *et al.*, 2012). Observou-se que a menor solubilidade está relacionada com a menor porosidade e maior densidade aparente, portanto, este último parâmetro pode ser usado para melhorar a solubilidade dos pós de ameixa (Bhandari *et al.*, 2013).

Tempo de batimento (min)	Acidez titulável (g de ácido málico/100 g)	Atividade de água	Umidade (g de água/100g)	Solubilidade (%)	Higroscopicidade (g de água/100 g de sólido seco)
6	8,991 + 0,175a	0,426 + 0,009a	3,350 + 0,070a	65,357 + 0,311a	20,460 + 0,593a
10	8,151 + 0,001b	0,373 + 0,002b	2,900 + 0,010b	75,152 + 0,147b	19,642 + 0,308a
14	7,646 + 0,117c	0,284 + 0,007c	2,500 + 0,140c	80,159 + 1,132c	19,840 + 0,422a

Tabela 5

Propriedades físico-químicas dos pós

Nível de significância $p < 0,05$. Letras iguais indicam que não houve diferença significativa entre as amostras.

A higroscopicidade é a capacidade de um pó alimentar adsorver a água de um ambiente com umidade relativa superior ao teor de umidade de equilíbrio e está relacionada à sua estabilidade física, química e microbiológica. A análise do comportamento higroscópico desses produtos fornece informações essenciais principalmente quando se trata de estabelecer condições de secagem, embalagem e armazenamento (Oliveira *et al.*, 2014). O valor de higroscopicidade do pó de ameixa apresentou valor de higroscopicidade de 19,642 a 20,460 g/100 g. O pó de ameixa produzido neste trabalho possui alta higroscopicidade,

devido à conformação polar na estrutura da albumina que aumenta a capacidade do pó de atrair moléculas de água ao entrar em contato com o ar circundante (Shaari *et al.*, 2018).

4 | CONCLUSÃO

No estudo realizado, foi evidenciado que os parâmetros tempo de secagem e difusividade efetiva sofrem alteração conforme a variação da densidade e porosidade da espuma, mostrando que quanto maior a incorporação de ar, menor é o tempo de secagem e mais elevada é a difusividade efetiva. O valor da difusividade efetiva de transferência de massa calculado a partir do ajuste do modelo ficou compreendido entre $6,274 \cdot 10^{-7}$ a $9,349 \cdot 10^{-7}$ m²/s, sendo bastante satisfatório e superior aos resultados encontrados para frutas na literatura. A influência do tempo de batimento sobre as variáveis analisadas foi evidenciada para as condições estudadas e verificou-se que o aumento da área superficial favorece a transferência de calor e massa.

As propriedades do pó também apresentaram variação conforme aumento do tempo de batimento. As análises físico-químicas realizadas mostraram que o aumento do tempo de batimento forneceu ao pó características de fluidez melhores, diminuição da acidez total titulável, da atividade de água e do teor de umidade e maior solubilidade quando comparamos os pós nas condições estudadas. Portanto, a secagem em camada de espuma pode ser aplicada no processamento de ameixa. Dentre as condições avaliadas neste estudo, concluiu-se que o tempo de batimento mais elevado, 14 minutos, forneceu um pó de ameixa mais solúvel e não susceptível à atividade microbiana, tornando-o um produto com bastante durabilidade.

REFERÊNCIAS

- Abbasi, E., & Azizpour, M. (2016). **Evaluation of physicochemical properties of foam mat dried sour cherry powder**. *LWT - Food Science and Technology*, 68, pp. 105-110. doi:10.1016/j.lwt.2015.12.004
- Azizpour, M., Mohebbi, M., & Khodaparast, M. (2014). **Optimization of foaming parameters and investigating the effects of drying temperature on the foam-mat drying of shrimp (*Penaeus indicus*)**. *Drying technology*, 32, pp. 374-384. doi:10.1080/07373937.2013.794829
- Azizpour, M., Mohebbi, M., & Khodaparast, M. H. (2016). **Effects of foam-mat drying temperature on physico-chemical and microstructural properties of shrimp powder**. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 34, pp. 122-126. doi:10.1016/j.ifset.2016.01.002
- Benstain, C., Garcia, H., & Vazquez, A. (1993). **Foam-mat dehydration of Jamaica (*Hibiscus Sabdariffa L.*) instant drink**. *Drying Technology*, 11, pp. 221-228. doi:10.1080/07373939308916811
- Bergman, T. L., Lavine, A. S., Incropera, F. P., & DeWitt, D. P. (2011). **Fundamentals of Heat and Mass Transfer (Seventh ed.)**. Jefferson city: John Wiley and sons.
- Bhandari, B., & Howes, T. (1999). **Implication of glass transition for the drying and stability of dried foods**. *Journal of Food Engineering*, 40, pp. 71-79. doi:10.1016/S0260-8774(99)00039-4

- Bhandari, B., Bansal, N., Zhang, M., & Schuck, P. (2013). **Handbook of food powders**. (B. B. Bhandari, Ed.) Woodhead Publishing Limited.
- Cai, Y. Z., & Corke, H. (2000). **Production and properties of spraydried *Amaranthus betacyanin* pigments**. *Journal of Food Science*, 65, pp. 1248-1252. doi:10.1111/j.1365-2621.2000.tb10273.x
- Cano-Chauca, M., Stringheta, P., Ramos, A., & Cal-Vidal, J. (2005). **Effect of the carriers on the microstructure of mango powder obtained by spray drying and its functional characterization**. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 6, pp. 420-428. doi:10.1016/j.ifset.2005.05.003
- Carr, R. (1965). **Evaluating flow properties of solids**. *Chemical Engineer*, 72, pp. 163-168.
- Chegini, G., & Ghobadian, B. (2005). **Effect of Spray-Drying Conditions on Physical Properties of Orange Juice Powder**. *Drying Technology*, 23, pp. 657 - 668. doi:10.1081/DRT-200054161
- Crank, J. (1975). **The mathematics of diffusion**. Oxford: Clarendon Press.
- Dehghannya, J., Pourahmad, M., Ghanbarzadeh, B., & Ghaffari, H. (2018). **Heat and mass transfer modeling during foam-mat drying of lime juice as affected by different ovalbumin concentrations**. *Journal of Food Engineering*, 238, pp. 164-177. doi:10.1016/j.jfoodeng.2018.06.014
- Dehghannya, J., Pourahmada, M., Ghanbarzadeha, B., & Ghaffarib, H. (2019). **A multivariable approach for intensification of foam-mat drying process: Empirical and three-dimensional numerical analyses**. *Chemical Engineering & Processing: Process Intensification*, 135, pp. 22-41. doi:10.1016/j.cep.2018.11.010
- Doymaz, I. (2006). **Thin-layer drying behaviour of mint leaves**. *Journal of Food Engineering*, 74, pp. 370-375. doi:10.1016/j.jfoodeng.2005.03.009
- Fazaeli, M., Emam-Djomeh, Z., Ashtari, A. K., & Omid, M. (2012). **Effect of spray drying conditions and feed composition on the physical properties of black mulberry juice powder**. *Food and Bioproducts Processing*, 90, pp. 667-675. doi:10.1016/j.fbp.2012.04.006
- Foegeding, E. A., Luck, P., & Davis, J. (2006). **Factors determining the physical properties of protein foams**. *Food Hydrocolloids*, 20, pp. 284-292. doi:10.1016/j.foodhyd.2005.03.014
- Franco, T. S., Perussello, C. A., Ellendersen, L. N., & Masson, M. L. (2016). **Effects of foam mat drying on physicochemical and microstructural properties of yacon juice powder**. *LWT - Food Science and Technology*, 66, pp. 503-513. doi:10.1016/j.lwt.2015.11.009
- Franco, T., Ellendersen, L., Fattori, D., Granato, D., & Masson, M. (2015). **Influence of the Addition of Ovalbumin and Emulsifier on the Physical Properties and Stability of Yacon (*Smallanthus sonchifolius*) Juice Foams Prepared for FoamMat Drying Process**. *Food and Bioprocess Technology*, 8, pp. 2012-2026. doi:10.1007/s11947-015-1553-5
- Franco, T., Perussello, C., Ellendersen, L., & Masson, M. (2017). **Effect of process parameters on foam mat drying kinetics of yacon (*Smallanthus sonchifolius*) and thin-layer drying modelling of experimental data**. *Journal of Food Process Engineering*, 40, pp. 1-10. doi:10.1111/jfpe.12264
- Geldart, D., Abdullah, E., & Verlinden, A. (2009). **Characterization of dry powders**. *Powder Technology*, 160, pp. 70-74. doi:10.1016/j.powtec.2008.04.089
- Goula, A., & Adamopoulos, K. (2008). **Effect of maltodextrin addition during spray drying of tomato pulp in dehumidified air: I. Drying kinetics and product recovery**. *Drying Technology*, 26, pp. 714-725. doi:10.1080/07373930802046369
- Hausner, H. (1967). **Friction conditions in a mass of metal powder**. *International journal of powder*

metallurgy, 3, pp. 7-13.

Hogekamp, S., & Schubert, H. (2003). **Rehydration of food powders**. Food Science & Technology Internship, 9, pp. 223-235. doi:10.1177/1082013203034938

Instituto Adolfo Lutz. (14 de 10 de 2008). **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz. Fonte: <<http://www.ial.sp.gov.br/index.html>>

Jaya, S., & Das, H. (2004). **Effect of maltodextrin, glycerol monostearate and tricalcium phosphate on vacuum dried mango powder properties**. Journal of Food Engineering, 63, pp. 125-134. doi:10.1016/S0260-8774(03)00135-3

Jinapong, N., Supphantharika, M., & Jamnong, P. (2008). **Production of instant soymilk powders by ultrafiltration, spray drying and fluidized bed agglomeration**. Journal of Food Engineering, 84, pp. 194-205. doi:10.1016/j.jfoodeng.2007.04.032

Kadam, D. M., & Balasubramanian, S. (2011). **Foam mat drying of tomato juice**. Journal of Food Processing and Preservation, 35, pp. 488-495 . doi:10.1111/j.1745-4549.2010.00492.x

Kandasamy, P., Varadharaju, N., Kalemullah, S., & Maladhi, D. (2014). **Optimization of process parameters for foam-mat drying of papaya pulp**. Journal of Food Science Technology, 51, pp. 2526-2534. doi:10.1007/s13197-012-0812-y

Karim, A., & Wai, C. (1999). **Characteristics of foam prepared from starfruit (Averrhoa carambola L.) puree by using methylcellulose**. Food hydrocolloids, 13, pp. 203-210. doi:10.1016/S0268-005X(98)00086-1

Krasaekoopt, W., & Bhatia, S. (2012). **Production of yogurt powder using foam-mat drying**. AU Journal of Technology, 15, pp. 166-171.

Kumar, C., Millar, G. J., & Karim, M. A. (2014). **Effective Diffusivity and Evaporative Cooling in Convective Drying of Food Material**. Drying technology, 33, pp. 227-237. doi:10.1080/07373937.2014.947512

Lewicki, P. (2006). **Design of hot air drying for better foods**. Trends in Food Science and Technology, 17, pp. 153–163. doi:10.1016/j.tifs.2005.10.012

Lomakina, K., & Míková, K. (2006). **Study of the factors affecting the foaming properties of egg white - a review**. Czech Journal of Food Science, 24, pp. 110-118. doi:10.17221/3305-CJFS

Michalska, A., Wojdylo, A., Lech, K., Lysiak, G., & Figiel, A. (2016). **Physicochemical properties of whole fruit plum powders obtained using different drying technologies**. Food chemistry, 207, pp. 223-232. doi:10.1016/j.foodchem.2016.03.075

Muthukumar, A., Ratti, C., & Raghavan, V. (2008). **Foam-mat freeze drying of egg white - Mathematical modeling Part II: Freeze drying and modeling**. Drying Technology, 26, pp. 513-518. doi:10.1080/07373930801929615

Ng, M., & Sulaiman, R. (2018). **Development of beetroot (Beta vulgaris) powder using foam mat drying**. LWT - Food Science and Technology, 88, pp. 80-86. doi:10.1016/j.lwt.2017.08.032

Oguntunde, A. O., & Adejo, M. O. (1993). **Effect of foam stabilizing agents on density, stability and bubble size index of soymilk foams**. Nigerian Food Journal, 11, pp. 109-117.

Oliveira, D. M., Clemente, E., & Costa, J. M. (2014). **Hygroscopic behavior and degree of caking of grugru palm (Acrocomia aculeate) powder**. Journal of Food Science and Technology, 51, pp. 2783-2789. doi:10.1007/s13197-012-0814-9

- Raharitsifa, N., Genovese, D. B., & Ratti, C. (2006). **Characterization of apple juice foams for foam mat drying prepared with egg white protein and methylcellulose**. *Journal of food science*, 71, pp. 142-151. doi:10.1111/j.1365-2621.2006.tb15627.x
- Sangamithra, A., Sivakumar, V., John, S., & Kannan, K. (2016). **Optimization of foaming properties and foam mat drying of muskmelon using soy protein**. *Journal of Food Process and Engineering*, 39, pp. 692-701. doi:10.1111/jfpe.12261
- Sangamithra, A., Sivakumar, V., Kannan, K., & John, S. (2015). **Foam-mat drying of muskmelon**. *International journal of food engineering*, 11, pp. 127-137. doi:10.1515/ijfe-2014-0139
- Shaari, N., Sulaiman, R., Rahman, R., & Bakar, J. (2018). **Production of pineapple fruit (Ananas comosus) powder using foam mat drying: Effect of whipping time and egg albumen concentration**. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42, pp. 1-10. doi:10.1111/jfpp.13467
- Shishir, M., Taip, F., Aziz, N., & Talib, R. (2014). **Physical properties of spray-dried pink guava (Psidium guajava) powder**. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 2, pp. 74-81. doi:10.1016/j.aaspro.2014.11.011
- Thuwapanichayanan, R., Prachayawarakorn, S., & Soponronnarit, S. (2008). **Drying characteristics and quality of banana foam-mat**. *Journal of Food Engineering*, 86, pp. 573-583. doi:10.1016/j.foodeng.2007.11.008
- Thuwapanichayanan, R., Prachayawarakorn, S., & Soponronnarit, S. (2012). **Effects of foaming agents and foam density on drying characteristics and textural property of banana foams**. *LWT - Food Science & Technology*, 47, pp. 348-357. doi:10.1016/j.lwt.2012.01.030
- Tonon, R., Brabet, C., & Hubinger, M. (2010). **Anthocyanin stability and antioxidant activity of spray-dried açai (Euterpe oleracea Mart.) juice produced with different carrier agents**. *Food Research International*, 43, pp. 907-914. doi:10.1016/j.foodres.2009.12.013
- Tze, N., Han, C., Yusof, Y., Ling, C., Talib, R., Taip, F., & Aziz, M. (2012). **Physicochemical and nutritional properties of spray-dried pitaya fruit powder as natural colorant**. *Food Science and Biotechnology*, 21, pp. 675-682. doi:10.1007/s10068-012-0088-z

ÍNDICE REMISSIVO

A

Acessibilidade 19, 20, 21, 25, 29, 30
Alergia 70, 71
Ameixa 76, 77, 78, 79, 80, 82, 83, 84, 86, 87, 88, 89
Aquecedores 40, 41, 42, 52
Arranjo de antenas de microfita 54, 56, 58

B

Batimento 76, 79, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89

C

Capitalismo 124, 130
Celíacos 70, 73
Cidades inteligentes 1, 2, 3, 4, 5, 6, 14, 15, 16, 18, 21
Clientes 2, 106, 108, 109, 110, 113, 114
Comunicação sem fio 54, 58, 61, 65
Construção civil 20
Custos 2, 21, 26, 29, 32, 34, 35, 36, 37, 106, 108, 111, 112, 114, 119, 130, 131

D

Desenvolvimento 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 14, 15, 16, 20, 21, 29, 30, 43, 52, 55, 70, 72, 73, 74, 77, 94, 106, 107, 109, 112, 113, 119, 120, 121, 126, 133, 135
Desenvolvimento sustentável 1, 5, 15, 16, 29
Dignidade 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134

E

Energia 2, 6, 14, 15, 20, 21, 22, 23, 24, 29, 35, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 53, 56, 61, 63, 117, 121
Energia solar 20, 29, 40, 44, 45, 53

F

Ferramentas 1, 14, 106, 108, 110, 111, 113, 121
Fidelização 106, 108

G

Gestão da Qualidade 106, 107, 108, 109, 110, 112, 113, 114

I

Indústria 4.0 116, 117, 118, 119, 120, 122

Inovação 116, 117, 119, 121, 122

Intolerância 70, 71, 74

L

Lactose 70, 71, 72, 73, 74, 75

M

Micro-ondas 54, 55, 56, 57, 65, 77

O

Objetificação 124, 132

P

Pavimento rígido 31, 33, 36, 38

Pavimentos 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39

Produtos 53, 66, 70, 71, 72, 74, 86, 87, 88, 107, 108, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 117, 118, 119, 120

Projeto 2, 4, 6, 7, 14, 19, 20, 22, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 33, 34, 36, 44, 52, 53, 54, 55, 58, 59, 60, 65, 113, 115

Propriedades físico-químicas 77, 87, 88

Proteína do Leite 70, 71

Q

Qualidade 2, 4, 5, 6, 14, 19, 29, 30, 32, 37, 38, 72, 74, 76, 78, 88, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 117

R

Recuperação 17, 31, 32, 38

Revolução 4.0 116

Robôs 116, 120, 121

S

Satisfação 106, 107, 108, 109, 113, 133

Secagem em camada de espuma 76, 77, 78, 80, 89

Subordinação 124, 125, 128

T

Tecnologias 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 12, 14, 16, 20, 21, 23, 25, 29, 30, 41, 54, 55, 73, 105, 116, 117, 119, 120, 135

Tempo 2, 15, 29, 32, 35, 37, 41, 50, 51, 67, 69, 76, 77, 78, 80, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 94, 112, 116, 118, 119, 121

Tubular 27, 41, 42, 43, 48, 53

V

Valorização 124, 125, 132, 133

Viabilidade 20, 21, 29, 31, 32, 36, 40, 41, 42, 53, 65

W

Whitetopping 31, 32, 33, 34, 35, 38, 39

 **Atena**
Editora

2 0 2 0