

# IMPACTO, EXCELÊNCIA E PRODUTIVIDADE DAS CIÊNCIAS AGRÁRIAS NO BRASIL 3

JÚLIO CÉSAR RIBEIRO  
(ORGANIZADOR)



# **IMPACTO, EXCELÊNCIA E PRODUTIVIDADE DAS CIÊNCIAS AGRÁRIAS NO BRASIL 3**

---

**JÚLIO CÉSAR RIBEIRO  
(ORGANIZADOR)**



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:** Lorena Prestes

**Revisão:** Os Autores



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

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

## Conselho Editorial

### Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins

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

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

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. Elio 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 Internazionale delle Figlie di Maria Ausiliatrice

Prof. Dr. Julio Cândido de Meirelles Júnior – 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  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Girelene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

### **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

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

Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª 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

#### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Me. Abrão 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  
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais  
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. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília  
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás  
Prof. Dr. Edvaldo 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  
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. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College  
Profª 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

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
I34	Impacto, excelência e produtividade das ciências agrárias no Brasil 3 [recurso eletrônico] / Organizador Júlio César Ribeiro. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.  Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader. Modo de acesso: World Wide Web. Inclui bibliografia ISBN 978-65-5706-049-0 DOI 10.22533/at.ed.490202105  1. Agricultura. 2. Ciências ambientais. 3. Pesquisa agrária – Brasil. I. Ribeiro, Júlio César.
CDD 630	
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

Atena Editora  
Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
 contato@atenaeditora.com.br

## APRESENTAÇÃO

As Ciências Agrárias possuem alguns dos campos mais promissores da atualidade, principalmente em termos de avanços científicos e tecnológicos.

Contudo, um dos grandes desafios, é a utilização dos recursos naturais de forma sustentável, maximizando a excelência e a produtividade no setor agropecuário e agroindustrial, atendendo a demanda cada vez mais exigente do mercado consumidor.

Neste contexto, a obra “Impacto, Excelência e Produtividade das Ciências Agrárias no Brasil” em seus volumes 3 e 4, compreendem respectivamente 22 e 22 capítulos, que possibilitam ao leitor ampliar o conhecimento sobre temas atuais e de expressiva importância nas Ciências Agrárias.

Ambos os volumes, apresentam trabalhos que contemplam questões agropecuárias, de tecnologia agrícola e segurança alimentar.

Na primeira parte, são apresentados estudos relacionados à fertilidade do solo, desempenho agronômico de plantas, controle de pragas, processos agroindustriais, e bem estar animal, entre outros assuntos.

Na segunda parte, são abordados trabalhos envolvendo análise de imagens aéreas e de satélite para mapeamentos ambientais e gerenciamento de dados agrícolas e territoriais.

Na terceira e última parte, são apresentados estudos acerca da produção, caracterização físico-química e microbiológica de alimentos, conservação pós-colheita, e controle da qualidade de produtos alimentares.

O organizador e a Atena Editora agradecem aos autores e instituições envolvidas nos trabalhos que compõe a presente obra.

Por fim, desejamos que este livro possa favorecer reflexões significativas acerca dos avanços científicos nas Ciências Agrárias, contribuindo para novas pesquisas no âmbito da sustentabilidade que possam solucionar os mais diversos problemas que envolvem esta grande área.

Júlio César Ribeiro

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1 .....</b>	<b>1</b>
INFLUÊNCIA DO MATERIAL DE ORIGEM NA TEXTURA E FERTILIDADE NATURAL DE SOLOS DO CERRADO	
Cleidimar João Cassol	
Eduardo José de Arruda	
Alessandra Mayumi Tokura Alovisi	
Rozangela Vieira Schneider	
Gislaine Paola de Oliveira Barbosa	
Natalia Dias Lima	
Nardélio Teixeira dos Santos	
João Augusto Machado da Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4902021051</b>	
<b>CAPÍTULO 2 .....</b>	<b>13</b>
ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO E COMPONENTES AGRONÔMICOS NA CULTURA DA SOJA PELO USO DO PÓ DE BASALTO	
Alessandra Mayumi Tokura Alovisi	
Willian Lange Gomes	
Alves Alexandre Alovisi	
João Augusto Machado da Silva	
Robervaldo Soares da Silva	
Cleidimar João Cassol	
Giuliano Reis Pereira Muglia	
Laurilaine Azuaga Villalba	
Milena Santo Palhano Soares	
Mariana Manzato Tebar	
Realdo Felix Cervi	
Rodrigo Bastos Rodrigues	
Adama Gning	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4902021052</b>	
<b>CAPÍTULO 3 .....</b>	<b>27</b>
FAUNA E ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO SOB DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO	
Rodrigo Camara	
Marcos Gervasio Pereira	
Lúcia Helena Cunha dos Anjos	
Thais de Andrade Corrêa Neto	
Márcio Mattos de Mendonça	
Otavio Augusto Queiroz dos Santos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4902021053</b>	
<b>CAPÍTULO 4 .....</b>	<b>41</b>
EFEITOS DE DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO NO DESENVOLVIMENTO DO CAFÉ CONILON ( <i>Coffea canephora</i> ), EM CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ	
Claudio Martins de Almeida	
José Carlos Mendonça	
André Dalla Bernardina Garcia	
Guilherme Augusto Rodrigues de Souza	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4902021054</b>	

**CAPÍTULO 5 .....** 51

TEOR NUTRICIONAL NA FOLHA E NO FRUTO DE PIMENTÃO FERTIRRIGADO, EM FUNÇÃO DE TENSÕES DE ÁGUA NO SOLO E DOSES DE NITROGÊNIO

Helane Cristina Aguiar Santos  
Joaquim Alves de Lima Júnior  
Fábio de Lima Gurgel  
William Lee Carrera de Aviz  
Valdeides Marques Lima  
Deiviane de Souza Barral  
Douglas Pimentel da Silva  
Rosane Costa Soares  
Jaciara Firmino da Silva  
Joyciline Teixeira do Nascimento

**DOI 10.22533/at.ed.4902021055**

**CAPÍTULO 6 .....** 67

DESEMPENHO AGRONÔMICO E CONTROLE DE PLANTAS ESPONTÂNEAS NO CULTIVO DO PEPINEIRO EM SISTEMA AGROECOLÓGICO

Cirio Parizotto  
Tatiana da Silva Duarte  
Albertina Radtke Wieth

**DOI 10.22533/at.ed.4902021056**

**CAPÍTULO 7 .....** 77

ESTUDO DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E COMPORTAMENTO ALIMENTAR DA LAGARTA DO CARTUCHO *Spodoptera frugiperda* (J.E.SMITH) EM CULTIVARES DE MILHO TRANSGÊNICO E CONVENCIONAL

Éder Málaga Carrilho  
José Celso Martins

**DOI 10.22533/at.ed.4902021057**

**CAPÍTULO 8 .....** 83

DIAMIDES: MODE OF ACTION AND INSECT RESISTANCE

Ciro Pedro Guidotti Pinto  
**DOI 10.22533/at.ed.4902021058**

**CAPÍTULO 9 .....** 89

ESTUDO DA DISTRIBUIÇÃO DE AR EM SECADOR E INFLUÊNCIA NA QUALIDADE DO PRODUTO SECO

Wanessa Elaine da Silva Oliveira  
Elielson da Silva Lira  
Ailson José Lourenço Alves  
Tatiana Dias Romão  
Mariana Fortini Moreira  
Josilene de Assis Cavalcante  
Claudiana Queiroz Gouveia  
Quissi Alves da Silva  
Polyanna Cristina Gomes e Silva  
Lucas Araujo Trajano Silva  
Natan Alves dos Santos

**DOI 10.22533/at.ed.4902021059**

**CAPÍTULO 10 ..... 98**

CINÉTICA E MODELAGEM DE SECAGEM DA HORTELÃ-DA-FOLHA-MIÚDA (*Mentha x Villosa huds*) EM SECADOR DE BANDEJAS

Karina Soares do Bonfim  
Fernando da Silva Moraes  
Tássio Max dos Anjos Martins  
Herbet Lima Oliveira  
Wanessa Elaine da Silva Oliveira  
Josilene de Assis Cavalcante  
Claudiana Queiroz Gouveia  
Paloma Benedita da Silva  
Tatiana Dias Romão  
Anna Caroline Feitosa Lima  
Eloi Nunes Ribeiro Neto  
Mariana Fortini Moreira

**DOI 10.22533/at.ed.49020210510**

**CAPÍTULO 11 ..... 107**

COLETA SIMULTÂNEA DE PÓLEN E POLINIZAÇÃO POR DUAS ESPÉCIES DE MELIPONINI EM MATA ATLÂNTICA URBANA DO RIO DE JANEIRO

Ortrud Monika Barth  
Alex da Silva de Freitas  
Bart Vanderborgh

**DOI 10.22533/at.ed.49020210511**

**CAPÍTULO 12 ..... 117**

UTILIZAÇÃO DE DIFERENTES EXTRATOS COMO RECOBRIMENTO PÓS-COLHEITA EM FRUTOS DE MAMÃO HAVAÍ

Raquel Januario da Silva  
Alexandre da Silva Avelino  
Beatriz Lopes da Costa  
Greyce Kelly da Silva Lucas  
Lucia Cesar Carneiro  
Pahlevi Augusto de Souza

**DOI 10.22533/at.ed.49020210512**

**CAPÍTULO 13 ..... 126**

COMERCIALIZAÇÃO AGRÍCOLA: O CASO DAS COMUNIDADES REMANESCENTES DE QUILOMBOS LARANJEIRAS, SÃO JOAQUIM DE PAULA E THIAGOS

Janaína Ramos de Jesus Silva  
Valdemiro Conceição Júnior  
Jamily da Silva Fernandes

**DOI 10.22533/at.ed.49020210513**

**CAPÍTULO 14 ..... 132**

ASSISTÊNCIA TÉCNICA QUALIFICADA COMO FATOR DE DESENVOLVIMENTO DAS COMUNIDADES RURAIS

Jefferson Vinicius Bomfim Vieira  
Cinira de Araújo Farias Fernandes

**DOI 10.22533/at.ed.49020210514**

**CAPÍTULO 15 ..... 136**

IMPACTOS SOCIAIS E PERFIL CLÍNICO-EPIDEMIOLÓGICO DOS CAVALOS DE TRAÇÃO ATENDIDOS PELO PROJETO DE EXTENSÃO UNIVERSITÁRIO “CARROCEIRO LEGAL NÃO MALTRATA ANIMAL”

Rodrigo Garcia Motta

Lorryne de Souza Araújo Martins

**DOI 10.22533/at.ed.49020210515**

**CAPÍTULO 16 ..... 154**

ESTABILIZAÇÃO DE FRATURA EM CARAPAÇA DE JABUTI PIRANGA (*Chelonoidis carbonaria*) (Spix, 1824) UTILIZANDO BRAQUETE ORTODÔNTICO

Luana Rodrigues Borboleta

Bárbara Adriene Galdino Bonfim

Anderson Mateus Ramalho de Sousa

Daniella de Jesus Mendes

Maisa Araújo Pereira

Marianna Mendonça Vasques da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.49020210516**

**CAPÍTULO 17 ..... 161**

ATLAS: A VISUALIZATION AND ANALYSIS FRAMEWORK FOR GEOSPATIAL DATASETS

Ricardo Barros Lourenço

Nathan Matteson

Alison Brizius

Joshua Elliott

Ian Foster

**DOI 10.22533/at.ed.49020210517**

**CAPÍTULO 18 ..... 171**

UTILIZAÇÃO DE IMAGENS DO SATÉLITE LANDSAT PARA ESTIMATIVA DA TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE TERRESTRE

Érika Gonçalves Pires

**DOI 10.22533/at.ed.49020210518**

**CAPÍTULO 19 ..... 181**

AVALIAÇÃO DE COMPÓSITOS MULTITEMPORAIS DE IMAGENS PROBA-V PARA O MAPEAMENTO DE ÁREAS QUEIMADAS

Allan Arantes Pereira

Renata Libonati

Duarte Oom

Luis Marcelo Carvalho Tavares

José Miguel Cardoso Oliveira Pereira

**DOI 10.22533/at.ed.49020210519**

**CAPÍTULO 20 ..... 192**

ELABORAÇÃO DE PATÊ A BASE DE PINTADO AMAZÔNICO (*Pseudoplatystoma fasciatum* X *Leiarius marmoratus*) DEFUMADO

Natalia Marjorie Lazaron de Moraes

Helen Cristine Leimann

Thamara Larissa de Jesus Furtado

Marilu Lanzarin

Daniel Oster Ritter

Raphael de Castro Mourão

**DOI 10.22533/at.ed.49020210520**

**CAPÍTULO 21 .....** 199

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DE POLPAS DE ABACAXI COM HORTELÃ DESENVOLVIDAS PARA FINS COMERCIAIS

Kataryne Árabe Rimá de Oliveira  
Edlane Cassimiro Alves dos Santos  
Amanda Marília da Silva Sant'Ana  
Catherine Teixeira de Carvalho  
Isabelle de Lima Brito  
Maiara da Costa Lima  
Sônia Paula Alexandrino de Oliveira

**DOI 10.22533/at.ed.49020210521**

**CAPÍTULO 22 .....** 210

MÉTODOS DE CONTROLE DE ESCURECIMENTO ENZIMÁTICO EM BATATA (*Solanum tuberosum*)

Anderson Sena  
Aretthuzza Caiado Fraga Giacomin  
Douglas Martins Menezes  
Iure Tavares Rezende  
Marcos Vinicius Ferreira Neves  
Marcus Andrade Wanderley Junior  
Priscilla Macedo Lima Andrade

**DOI 10.22533/at.ed.49020210522**

**SOBRE O ORGANIZADOR .....** 216**ÍNDICE REMISSIVO .....** 217

## INFLUÊNCIA DO MATERIAL DE ORIGEM NA TEXTURA E FERTILIDADE NATURAL DE SOLOS DO CERRADO

Data de aceite: 12/05/2020

Data de submissão: 13/04/2020

**Cleidimar João Cassol**  
Universidade Federal da Grande Dourados,  
Programa de Pós-Graduação em Ciência e  
Tecnologia Ambiental,  
Dourados – MS.

<http://lattes.cnpq.br/8446412417215481>

**Eduardo José de Arruda**  
Universidade Federal da Grande Dourados,  
Programa de Pós-Graduação em Ciência e  
Tecnologia Ambiental,  
Dourados – MS.

<http://lattes.cnpq.br/3624370723788970>

**Alessandra Mayumi Tokura Alovisi**  
Universidade Federal da Grande Dourados,  
Programa de Pós-Graduação em Agronomia,  
Dourados – MS.

<http://lattes.cnpq.br/5030383787014962>

**Rozangela Vieira Schneider**  
Universidade Federal da Grande Dourados,  
Programa de Pós-Graduação em Agronomia,  
Dourados – MS.

<http://lattes.cnpq.br/2296173088269085>

**Gislaine Paola de Oliveira Barbosa**  
Universidade Federal da Grande Dourados,  
Programa de Pós-Graduação em Agronomia,  
Dourados – MS.

<http://lattes.cnpq.br/8919776665762908>

**Natalia Dias Lima**

Universidade Federal da Grande Dourados,  
Programa de Pós-Graduação em Agronomia,  
Dourados – MS.

<http://lattes.cnpq.br/6347191966796776>

**Nardélio Teixeira dos Santos**

Universidade Federal da Grande Dourados,  
Programa de Pós-Graduação em Agronomia,  
Dourados – MS.

<http://lattes.cnpq.br/1160465094451165>

**João Augusto Machado da Silva**

Universidade Federal da Grande Dourados,  
Programa de Pós-Graduação em Agronomia,  
Dourados – MS.

<http://lattes.cnpq.br/7357671037336437>

**RESUMO:** Tendo em vista o potencial de produção e a extensão de área que ocupam os Latossolos, Planossolos e Argissolos no estado de Mato Grosso do Sul, é de grande interesse em estabelecer sistemas de manejo que não modifiquem o solo de forma a comprometer sua sustentabilidade. Neste sentido, objetivou-se com este estudo avaliar os atributos químicos e granulométricos de três classes de solo, em ambiente de vegetação nativa de cerrado, e avaliar possíveis interações entre as variáveis e classes de solo por meio da análise de componentes principais. As amostragens foram

realizadas com o auxílio de trado holandês, em duas profundidades, camada superficial de 0,00-0,20 m e subsuperficial de 0,20-0,40 m. As determinações laboratoriais foram realizadas segundo os procedimentos descritos no manual de métodos de análise de solos da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Os resultados mostraram dois grupos texturais para os solos analisados, sendo o Latossolo Vermelho de textura muito argilosa e os solos Planossolo Háplico e Argissolo Vermelho-Amarelo de textura arenosa. A areia foi a principal variável, responsável pela separação dos solos Planossolo Háplico e Argissolo Vermelho-Amarelo do solo Latossolo Vermelho na análise de componentes principais. A discriminação do Planossolo Háplico se deu principalmente em função dos teores de ferro, superiores aos demais solos analisados, já o Argissolo Vermelho-Amarelo teve como principal característica discriminante o teor de alumínio trocável especialmente na subsuperfície, duas vezes em média superior aos demais solos estudados. Com base apenas nas variáveis analisadas o Latossolo Vermelho apresenta maior fertilidade natural seguido pelo Planossolo Háplico e Argissolo Vermelho-Amarelo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Textura do solo, nutrientes, análise multivariada.

## INFLUENCE OF ORIGINAL MATERIAL ON THE TEXTURE AND NATURAL FERTILITY OF SOILS IN THE CERRADO

**ABSTRACT:** Given the production potential and the extent of the area occupied by Ferralsol, Planosol and Acrisol in the state of Mato Grosso do Sul, it is of great interest to establish management systems that do not modify the soil in order to compromise its sustainability. In this sense, the objective of this study was to evaluate the chemical and particle size attributes of three soil classes, in an environment of native Cerrado vegetation, and to evaluate possible interactions between variables and soil classes through principal component analysis. Samples were taken with the aid of Dutch auger at two depths, surface layer of 0.00-0.20 and subsurface of 0.20-0.40 m. Laboratory determinations were performed according to the procedures described in the soil analysis methods manual of the Brazilian Agricultural Research Corporation. The results showed two textural groups for the analyzed soils: the Red Ferralsol of very clayey texture and the Soil Planosol and Red-Yellow Acrisol of sandy texture. Sand was the main variable responsible for the separation of the Planosol and Red-Yellow Acrisol soils from the Red Ferralsol soil in the principal component analysis. The discrimination of the Planosol soil was mainly due to the iron content, higher than the other soils analyzed, whereas the Red-Yellow Acrisol soil had as its main discriminating characteristic the exchangeable aluminum content especially in the subsurface, twice higher than the others studied soils. Based only on the analyzed variables, the Red Ferralsol soil has higher natural fertility followed by the Planosol and Red-Yellow Acrisol.

**KEYWORDS:** Soil texture, nutrients, multivariate analysis.

## 1 | INTRODUÇÃO

O solo é um sistema complexo dotado de especificidades concebido como um conjunto de corpos naturais, constituído por componentes sólidos, líquidos e gasosos (SANTOS et al., 2018). É formado sobre materiais de origens geológicas, resultado do efeito de fatores ambientais ativos, como clima, posição na paisagem e atividade biótica por longos períodos de tempo (ALTHAUS et al., 2018).

Dada à importância dos recursos naturais, o solo configura-se como um dos compartimentos ambientais fundamentais para os seres vivos, visto que fornece inúmeras condições essenciais, como a regulação do clima, ciclagens de nutrientes, produção de alimentos entre outros (FAO, 2015).

Contudo, nos últimos anos esse recurso passou por diversas alterações de suas características naturais em função do aumento das atividades voltadas a produção de alimentos, que exigem cada vez mais o uso de insumos químicos e orgânicos (CASSOL et al., 2018).

Para avaliar alterações nas características de um solo é necessário primeiramente definir valores de referência para comparação. Logo, em um país de extensão continental como o Brasil, torna-se uma tarefa difícil, devido à existência de uma grande diversidade de solos, os quais variam naturalmente quanto às características físicas, químicas e biológicas (COSTA et al., 2015). Esse fato reforça a necessidade de estudos que consideram características regionais dos solos (CASSOL et al., 2018).

Segundo Freitas et al. (2014) variáveis como a textura são indispensáveis para a classificação do solo e predição do manejo e da aptidão de uso. Bocardi et al. (2018) afirmam que variáveis, como distribuição de tamanho de grãos, potencial hidrogeniônico (pH), capacidade de troca catiônica (CTC) e teor de carbono orgânico (CO) são importantes variáveis para a caracterização de solos.

Por outro lado, o uso de técnicas estatísticas como a análise de componentes principais (ACP) facilita a compreensão de interações entre variáveis e classes de solo, promovendo uma visão mais ampla dos resultados (FREITAS et al., 2014).

Assim, objetivou-se com este estudo determinar variáveis físicas e químicas em três classes de solo, em ambiente de mata nativa de cerrado, e avaliar possíveis interações entre as variáveis e classes de solo por meio da análise de componentes principais.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no Estado de Mato Grosso do Sul, e contempla um Latossolo vermelho Distroférrico (LV) de origem ígnea, da formação Serra Geral,

constituída por rochas basálticas, um Planossolo Háplico (SX) proveniente do arenito da formação Aquidauana e um Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA) da formação Caiuá constituída por rochas areníticas conforme apresentado na Figura 1.

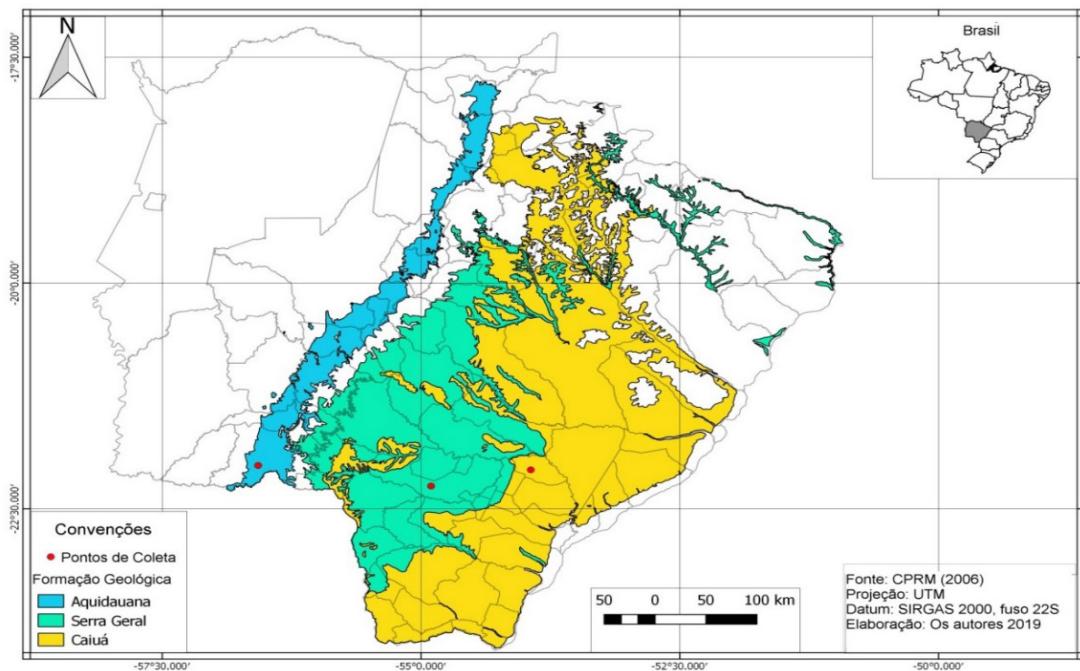


Figura 1. Pontos amostrais de acordo com a diversidade geológica da área de estudo.

Os solos LV, SX e PVA foram coletados nos municípios de Dourados, Bela Vista e Angélica, respectivamente. Os pontos amostrados foram georreferenciados com auxílio de um aparelho de Global Positioning System (GPS) da marca Garmin eTrex Legend®, e as coordenadas geográficas obtidas foram as seguintes: 22° 03' 57,64" S 53° 56' 47,35" W para o solo LV; 22° 00' 43,88" S 53° 33' 46,30" W; para o solo SX e 22° 11' 45,85" S 54° 55' 46,24" W para o solo PVA.

As amostragens foram realizadas com o auxílio de trado holandês, em duas profundidades, camada superficial de 0,00-0,20 m e subsuperficial de 0,20-0,40 m. Todas as amostras foram coletadas em áreas sob vegetação nativa de cerrado.

Para realização das análises laboratoriais as amostras foram secas ao ar, homogeneizadas em peneira com malha de 2 mm. As propriedades físicas: granulometria (areia, silte e argila), e químicas: potencial hidrogeniônico (pH) em  $\text{CaCl}_2$ , carbono orgânico (CO), potássio ( $\text{K}^+$ ), sódio ( $\text{Na}^+$ ), cálcio ( $\text{Ca}_2^+$ ), magnésio ( $\text{Mg}_2^+$ ), alumínio trocável ( $\text{Al}^{3+}$ ), acidez potencial ( $\text{H}^+\text{Al}$ ) e fósforo (P) foram determinadas de acordo com os procedimentos propostos por Claessen (1997). A partir dos resultados obtidos foram calculados a capacidade de troca de cátions (CTC) em pH 7, porcentagem de saturação por bases (V%) e soma de bases (SB).

Foram calculados valores médios da triplicata para os pontos e profundidades estudadas, e para verificar possíveis interações entre as variáveis foi aplicada

Análise de Componentes Principais (ACP). Toda a análise estatística foi realizada usando o software *STATISTICA®* versão 7.0 (STATSOFT, 2004).

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise granulométrica permitiu reunir os solos em dois grupos texturais, sendo o solo LV de textura muito argilosa e os solos SX e PVA de textura arenosa (SANTOS et al., 2018). Em relação às profundidades os teores de argila foram maiores na subsuperfície dos solos, com valores de 626, 87 e 65 g kg<sup>-1</sup> para os solos LV, SX e PVA, respectivamente apresentados na Tabela 1.

Atributos do solo	Latossolo Vermelho Distroférico (LV)		Planossolo Háplico (SX)		Argissolo Vermelho Amarelo (PVA)	
	0,00-0,20	0,20-0,40	0,00-0,20	0,20-0,40	0,00-0,20	0,20-0,40
Profundidade (m)	0,00-0,20	0,20-0,40	0,00-0,20	0,20-0,40	0,00-0,20	0,20-0,40
Areia (g kg <sup>-1</sup> )	185	174	876	867	897	899
Silte (g kg <sup>-1</sup> )	220	200	74	46	72	36
Argila (g kg <sup>-1</sup> )	595	626	50	87	31	65
pH CaCl <sub>2</sub>	5,3	5,1	4,8	4,6	4,3	4,2
Al <sup>3+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,24	0,2	0,24	0,26	0,36	0,48
H+Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	6,23	6,1	2,61	2,22	2,06	1,90
Ca <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	10,08	8,44	3,04	0,93	0,44	0,13
Mg <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	3,38	3,13	0,71	0,35	0,07	0,0
K <sup>+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,57	0,54	0,11	0,05	0,02	0,01
CTC (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	20,2	18,2	6,47	3,56	2,6	2,03
SB (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	14,3	12,1	3,86	1,33	0,54	0,14
V (%)	69,2	66,5	59,7	37,5	20,6	6,8
MOS (g dm <sup>-3</sup> )	65,7	47,7	17,4	9,6	3,4	3,1
P (mg dm <sup>-3</sup> )	44,1	9,3	6,5	2,6	1,0	0,4
Cu (mg dm <sup>-3</sup> )	11,4	15,4	3,0	1,4	0,8	0,6
Zn (mg dm <sup>-3</sup> )	16,4	11,9	2,6	0,9	0,6	0,5
Mn (mg dm <sup>-3</sup> )	172,1	162,9	116	85,2	34,5	17,8
Fe (mg dm <sup>-3</sup> )	61,9	46,4	152,8	220,4	95,7	74,6

Tabela 1. Atributos químicos e granulométricos dos solos coletados nas profundidades de 0-0,20 m e 0,20-0,40 m de profundidade.

H+Al = acidez potencial, CTC = capacidade de troca catiônica, SB = soma de bases, MOS = matéria orgânica do solo.

O LV apresentou teor de argila quase dez vezes maior que o SX e o PVA, o que dentre outros fatores pode ser justificado pelo material originário desse solo que é do grupo São Bento da formação Serra Geral constituída por rochas ígneas como basalto e basalto adensito, enquanto os solos SX e PVA possuem formação geológica sedimentar constituída por rochas areníticas com granulação arredondada fina a grossa e cores avermelhadas (CPRM, 2019).

Maior valor de pH foi encontrado na camada superficial dos solos LV seguido pelo SX e PVA, com valores médios de 5,3; 4,8 e 4,3 respectivamente. Tendência semelhante foi observada para a variável H+Al com maiores teores na superfície dos solos LV, SX e PVA. Dentre outros fatores os maiores valores de H+Al podem estar associados aos produtos de decomposição da MOS nos solos, e consequente aumento da acidez ativa. Os valores máximos de MOS na superfície do solo, e na mesma ordem da H+Al reforçam essa tese.

No entanto, em solos onde o pH é inferior a 5,0 condição encontrada no SX e PVA, a acidez pode estar associada ao Al<sup>3+</sup> devido ao aumento de sua solubilidade (KOCHIAN et al., 2015). Os maiores valores de Al<sup>3+</sup> 0,48 e 0,26 cmolc dm<sup>-3</sup> nos solos PVA e SX respectivamente, endossam essa ideia.

Os teores de Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e K<sup>+</sup> segundo a classificação de (SOUZA e LOBATO, 2004) para os solos do cerrado na camada superficial, são considerados altos nos solos LV, adequado no SX e baixo no PVA. O material de origem e as perdas por lixiviação devido à textura arenosa possivelmente seja os principais fatores para os menores teores de Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e K<sup>+</sup> encontrados nos solos SX e PVA (CARVALHO et al., 2015).

É importante salientar que a classificação adotada pelos autores supracitados será usada para interpretação dos resultados deste estudo, apesar de ter sido desenvolvida para solos agricultáveis do Cerrado, é útil para solos de referência.

Em relação ao perfil do solo as maiores concentrações de Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e K<sup>+</sup> ocorreram na camada superficial de todos os solos estudados, demonstrando possível influência da MOS na manutenção desses cátions (VALE-JÚNIOR et al., 2016).

A CTC apresentou maiores valores no horizonte superficial de todos os solos analisados, com teores de 20,2; 6,47 e 2,6 cmolc dm<sup>-3</sup> nos solos LV, SX e PVA, respectivamente. Segundo as classes adotadas por (SOUZA e LOBATO, 2004) em amostras de solos do cerrado na camada de 0 a 0,2 m, os valores da CEC é alta para os solos LV e SX, e baixa para o solo PVA. Contudo observa-se que a CTC nos solos SX e PVA é constituída predominantemente por cátions ácidos H<sup>+</sup> e Al<sup>3+</sup>.

Os valores de SB e V% decresceram com a profundidade do perfil, ocorrendo maiores valores na profundidade de 0 a 0,2 m, apontando para importância da matéria orgânica do solo, na manutenção de nutrientes para as plantas (FREITAS et al., 2018). De acordo com as classes adotadas por (SOUZA e LOBATO, 2004) em amostras de solos do cerrado na camada de 0 a 0,2 m, os valores de V% é alto no LV, adequado no SX e baixo no PVA.

O fato do LV e SX apresentarem valores de V% alto e adequado, respectivamente, classificando-os como solos eutróficos (SANTOS et al., 2018), não significa que são solos de alta fertilidade, dada a condição de acidez principalmente no SX onde a

maior parte da CTC é constituída por cátions ácidos H<sup>+</sup> e Al<sup>3+</sup>.

Segundo Kochian et al. (2015) a acidez causada pelo Al<sup>3+</sup> é prejudicial as plantas pois, inibe o transporte de íons como K<sup>+</sup> e Ca<sup>2+</sup>, forma complexos insolúveis com P, reduzindo consideravelmente sua disponibilidade às plantas, bem como altera a absorção de água pelo sistema radicular da planta.

Os teores de MOS foram maiores na camada de 0 a 0,20 m para todos os solos analisados. Redução dos teores de MOS com a profundidade do perfil já foram observados por outros autores (CARVALHO et al., 2015; VALE-JÚNIOR et al., 2016; FREITAS et al., 2018).

Em relação às classes de solo os teores de MOS apresentaram a seguinte ordem: LV, SX e PVA com valores de 65,7; 17,4 e 3,4 g dm<sup>-3</sup>, respectivamente. Segundo as classes adotadas por (SOUZA e LOBATO, 2004) em amostras de solos do cerrado na camada de 0 a 0,2 m, os teores de MOS são altos no LV e SX, e baixo no PVA.

Os teores de MOS do solo resultam de uma variedade de processos ambientais, que afetam as taxas de produção, incorporação, decomposição e mineralização da MOS do solo (VALE-JÚNIOR et al., 2016). Além disso, o SX foi coletado em uma área rebaixada, sujeita a saturação por água em períodos chuvosos, o que de certa forma reduz a atividade microbiana, possível justificativa para maior teor de MOS no SX em detrimento ao PVA.

Nos solos PVA do cerrado diversos fatores contribuem para os baixos teores de MO, o clima quente e húmido, a alta precipitação pluviométrica torna a decomposição do material vegetal um processo rápido, somado aos baixos teores de argila comumente encontrados nesses solos reduz a agregação do carbono, permitindo maior efeito de processos de lixiviação (MELO et al., 2017).

A concentração de P foi alta no solo LV, baixa no SX e muito baixa no PVA, conforme as classes adotadas por Souza e Lobato (2004) em amostras de solos do cerrado na camada de 0 a 0,20 m. Os maiores teores foram encontrados na camada superficial para todos os solos estudados, indicando possível contribuição da MOS na manutenção desse nutriente (VALE-JÚNIOR et al., 2016).

Segundo Farias et al. (2018) solos sob formações areníticas são pobres em P, possível justificativa para os baixos teores encontrados nos solos SX e PVA. Observando a amplitude dos valores com a profundidade do perfil, elevar os teores de MOS nesses solos significa aumentar nutriente essencial como o P.

O elevado teor de P encontrado no LV possivelmente esteja associado a alguma fonte antropogênica. Considerando que na área de coleta há presença de plantios agrícolas no entorno do remanescente florestal. Segundo Reis et al. (2014) solos originados de rochas basálticas inerentes às regiões de climas tropicais, são profundos, com predominância de textura argilosa, argiolominerais do tipo 1:1,

como a caulinita e argilas oxídicas. Condições que favorecem alta fixação de P no solo, não condizentes com os altos valores encontrados.

De maneira geral os micronutrientes apresentaram maiores concentrações na camada superficial do solo, excetuando-se o Cu no LV e o Fe no SX. Quanto às classes adotadas por Souza e Lobato (2004) em amostras de solos do cerrado na camada de 0 a 0,20 m, os teores de Cu, Mn e Fe são altos em todos os solos analisados, o Zn é alto nos solos LV e SX, e baixo no PVA.

O solo LV é mais rico em Cu, Mn e Zn quando comparado aos demais solos analisados, o que dentre outros fatores está associado ao material de origem mais rico nesses elementos. Segundo Paye et al. (2010) esse resultado é típico de solos originados de rochas básicas, especialmente as maficas, que são naturalmente mais ricas em microelementos.

Estudo realizado no Rio grande do Sul analisou solos de cinco materiais de origem distintos e observou maiores teores de Cu, Mn e Zn em solos derivados de rochas basálticas (ALTHAUS et al. 2018). Solos basálticos apresentam concentrações superiores de Cu e Zn em relação à litologias sedimentares (HUGEN et al., 2013).

Por outro lado, os maiores teores de MOS encontrados no solo LV, pode ter contribuído para maior retenção de micronutrientes na camada superficial, principalmente Zn e Mn (FREITAS et al., 2014). Comportamento semelhante foi observado por Moline e Coutinho (2015), que atribuiu ao efeito da matéria orgânica na retenção desses elementos.

Os maiores teores de Fe na camada subsuperficial do solo SX, dentre outros fatores está associado à ocorrência reações químicas de oxirredução, favorecidas pelas condições de hidromorfismo, características desses solos Biondi et al. (2011), onde o Fe na forma reduzida torna-se bastante solúvel e passível de ser lixiviado para subsuperfície, corroborando com os teores mais altos encontrados (CASSOL et al., 2018). Outra justificativa consiste no baixo valor de pH encontrado nesse solo, que aumenta a disponibilidade de Fe para solução do solo (PAYE et al., 2010).

O baixo teor de Zn no solo PVA possivelmente esteja associado a menor ocorrência desse elemento no material de origem Hugen et al. (2013). O que sugere fundamental importância da MOS como uma fonte de Zn às culturas em ecossistema natural.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de componentes principais (ACP), com objetivo de obter o máximo de informação, em termos da variação total dos dados, com menor perda possível da informação (BOCARDI et al., 2018).

Para reduzir a dimensionalidade, a matriz de dados foi padronizada (média do conjunto de dados transformados igual a 0 e desvio padrão igual a 1), e para seleção das componentes principais utilizou-se o critério de Kaiser que sugere o uso

de (CPs) com valores próprios maiores do que a unidade ( $\lambda_i > 1$ ), (KAISER, 1958; HONGYU, 2015). Assim foram retidas as duas primeiras componentes principais, as quais explicaram 96% da variância dos dados, sendo 85,5% a CP1 e 10,5% a CP2 (Figura 2).

As variáveis que melhor explicaram as proporções de variação e apresentaram correlação com a primeira componente foram: M.O (-0,99), SB (-0,99), CTC (-0,99), Ca<sup>2+</sup> (-0,99), Mg<sup>2+</sup> (-0,99), K<sup>+</sup> (-0,99), H+Al (-0,99), Zn (-0,98), Silte (-0,98), areia (0,97), argila (-0,96), Cu (-0,95), pH (-0,95), Mn (-0,93), V% (-0,86) e P (-0,80). As variáveis Al<sup>3+</sup> (-0,83) e Fe (0,79) foram mais explicativas em termos de variância dos dados, e correlacionadas com a segunda componente.

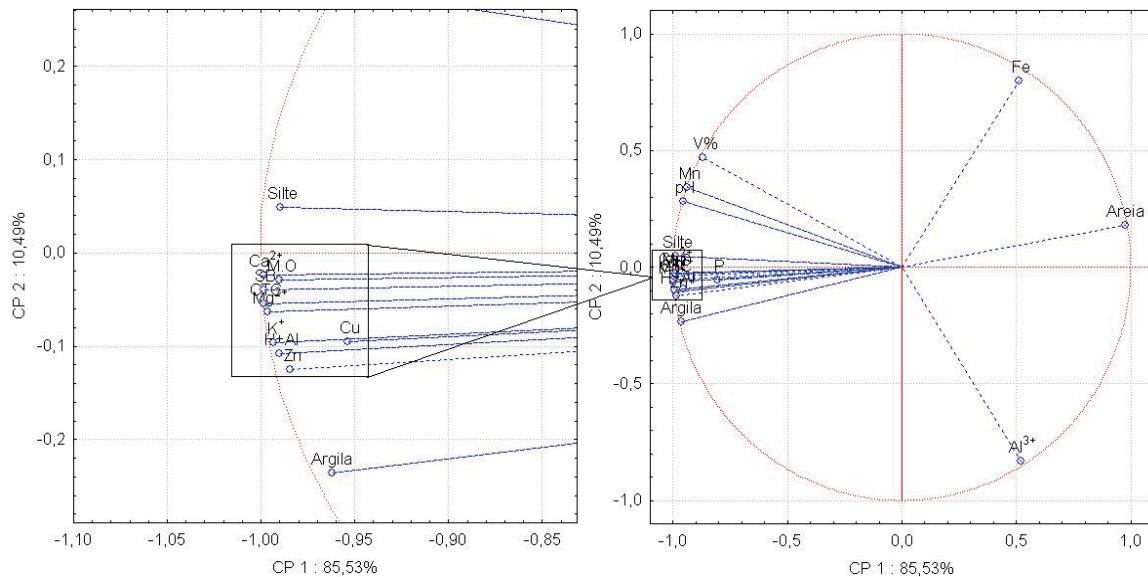


Figura 2. Diagrama de ordenação obtido pela análise de componentes principais (ACP) mostrando a projeção das variáveis no plano do fator CP1 x CP2. CP = Componente Principal.

Exceto as variáveis areia, Fe e Al<sup>3+</sup>, todas as demais são correlacionadas com o solo LV em ambas as profundidades. Esse solo discriminou-se dos demais principalmente pela sua textura muito argilosa contrastando com a textura arenosa dos solos SX e PVA. De maneira geral os altos teores de MOS favoreceram maior SB e CTC no solo LV, característica essa que contrasta os solos SX e PVA, justificando a inversão do solo LV com os solos SX e PVA no plano fatorial (Figura 3).

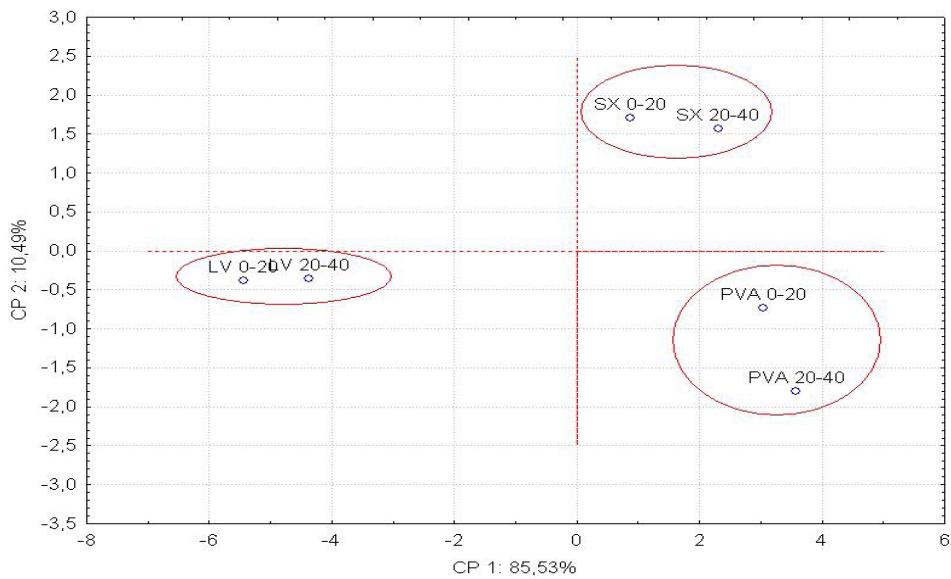


Figura 3. Diagrama de projeção das classes de solo em função de suas variáveis no plano do fator CP1 x CP2. CP = Componente Principal.

Analizando o diagrama de projeção das variáveis, é possível observar que a areia foi a principal variável, responsável pela separação dos solos SX e PVA do solo LV. Esse fato ocorre devido à característica textural arenosa encontrada nas amostras dos solos SX e PVA, cuja formação geológica é sedimentar, constituída por rochas areníticas (CPRM, 2019).

A discriminação do solo SX se deu principalmente em função dos teores de Fe, superiores aos demais solos analisados, o que dentre outros fatores é justificado pela natureza das partículas, transporte e posterior acumulação de íons de Fe, especialmente na camada de 0,20-0,40 m ( $220,4 \text{ mg dm}^{-3}$ ), apontando possíveis perdas de Fe nos horizontes superficiais pelo processo de redução, comum em ambientes mal drenados, onde o Fe na forma reduzida torna-se bastante solúvel e passível de ser lixiviado (CORINGA et al., 2012).

Para o solo PVA a principal característica discriminante foi o teor de  $\text{Al}^{3+}$  especialmente na camada de 0,20-0,40 m, duas vezes em média superior aos solos SX e LV. Esses resultados são característicos de solos de regiões tropicais e subtropicais que são naturalmente ácidos e apresentam altos teores de Al trocável (CIOTTA et al., 2004; RODRIGHERO et al., 2015).

Os teores de  $\text{Al}^{3+}$  no solo PVA possivelmente seja uma das causas da elevada acidez encontrada nesse solo, segundo Kochian et al. (2015) solos onde o pH é inferior a 5,0, a solubilidade do Al tende a aumentar, causando decréscimo do pH do solo, condição observada nos resultados do presente estudo.

Do ponto de vista da fertilidade química do solo, acidez elevada é prejudicial, pois interfere na disponibilidade de N, P, Ca, K, Mg, S e Mo para as plantas e pode causar toxicidade de Mn (RODRIGHERO et al., 2015). Os resultados do presente

estudo corroboram com essa afirmação, nos teores de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{K}^+$  e P, os quais foram menores nos solos com maiores teores de  $\text{Al}^{3+}$ .

Com base nos resultados obtidos, considerando apenas as variáveis estudadas o LV apresenta melhor condição de fertilidade natural, seguindo pelos solos SX e PVA. Com a separação das classes de solos em quadrantes distintos da ACP, pode-se dizer que o material de origem e os processos pedogenéticos dos solos estudados foram determinantes nos resultados.

## 4 | CONCLUSÃO

A textura dos solos analisados foi muito argilosa para o LV e arenosa para os solos SX e PVA. Com base nas variáveis analisadas o solo LV apresenta maior fertilidade natural seguido pelo SX e PVA. Por meio da ACP denotou-se que as principais variáveis que diferiram as classes de solo analisadas foram os teores de argila, areia, matéria orgânica, alumínio trocável e ferro.

## REFERÊNCIAS

- ALTHAUS, D. et al. **Natural Fertility and Metals Contents in Soils of Rio Grande do Sul (Brazil)**. Rev. Bras. Ci. Solo, 42:e0160418, 2018.
- BIONDI, C.M. et al. **Teores de Fe, Mn, Zn, Ni e Co em solos de referência de Pernambuco**. Rev. Bras. Ci. Solo, v.35, n.3, p.1057-1066, 2011.
- BOCARDI, J.M.B. et al. **Parâmetros físicos e químicos em solos de Unidades de Conservação Florestal da Bacia do Paraná 3**. Brasil. Rev. Bras. Geog. Fis., v.11, n.1, p. 99-113, 2018.
- CARVALHO, R.P. et al. **Atributos físicos e químicos de um Neossolo Quartzarênico sob diferentes sistemas de uso e manejo**. Rev. Caatinga, v.28, n.1, p.148-159, 2015.
- CASSOL, C.J. et al. **Determinação de manganês disponível em solos de referência da Mesorregião Oeste do Paraná**. Rev. Online Exten. Cult. Real. v.5, n.9, p.21-27, 2018.
- CIOTTA, M.N. et al. **Manejo da calagem e os componentes da acidez de Latossolo Bruno em plantio direto**. R. Bras. Ci. Solo. 28:317-26, 2004.
- CLAESSEN, M.E.C. (Org). **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, Embrapa-CNPS, 1997. 212 p.
- CORINGA, E.A.O. et al. **Atributos de solos hidromórficos no pantanal norte matogrossense**. Acta Amaz. v.42, n.1, 2012.
- COSTA, A.F.S. et al. **Qualidade de solos**. In: COSTA, A.F.S.; COSTA, A.N. Valores orientadores de qualidade de solos no Espírito Santo. Vitória, ES: Incaper, 2015.
- CPRM (COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS). **Mapas Geológicos 1:1.000.000** Disponível em: <[http://www.cprm.gov.br/publica/media/geologia\\_basica/cartografia Regional/mapa\\_mato\\_grosso\\_sul.pdf](http://www.cprm.gov.br/publica/media/geologia_basica/cartografia Regional/mapa_mato_grosso_sul.pdf)>. Acessado em 12 de fevereiro de 2019.

FAO. Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura. **Ano Internacional dos Solos** – fao.org/soils – 2015. Disponível em <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/138745/1/2015-202.pdf>>

FARIAS, P.K.P. et al. **Genesis and characteristics of soils of the santonamountain range in the seridó region, Rio Grande do Norte, Brazil.** Rev. Caatinga, v.31, n.4, p.1017 – 1026, 2018.

FREITAS, L. et al. **Estoque de carbono de Latossolos em sistemas de manejo natural e alterado.** Cien.Florestal, v.28, n.1, p.228-239, 2018.

FREITAS, L et al. **Análise multivariada na avaliação de atributos de solos com diferentes texturas cultivados com cana-de-açúcar.** Rev. Cienc. Agrar., v.57, n.3, p.224-233, 2014.

HONGYU, K.; SANDANIELO, V.L.M.; JUNIOR, G.J.O. **Análise de Componentes Principais: resumo teórico, aplicação e interpretação.** Engin. Science. v.1, n.5, p.83-90, 2015.

HUGEN, C. et al. **Teores de Cu e Zn em Perfis de Solos de Diferentes Litologias em Santa Catarina.** Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambient. v.17, n.6, 2013.

KAISER, H.F. **The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis.** Psychometrika, v.23, n.3.p. 87-200, 1958.

KOCHIAN, L.V. et al. **Plant adaptation to acid soils: the molecular basis for crop aluminum resistance.** Annu. Rev. Plant Biol., v.66, p.571-598, 2015.

MELO, A.F.D. et al. **Pedogênese de Chernossolos derivados de diferentes materiais de origem no Rio Grande do Norte, Brasil.** Agrop. Cien. Semiárido, v.13, n.3, p.229-235, 2017.

MOLINE, E.F.V.; COUTINHO, E.L.M. **Atributos químicos de solos da Amazônia ocidental após sucessão da mata nativa em áreas de cultivo.** Rev. Cienc. Agrar., v.58, n.1, p. 14-20, 2015.

PAYE, H.S. et al. **Valores de referência de qualidade para metais pesados em solos no Estado do Espírito Santo.** R. Bras. Ci. Solo, v.34, n.6, p. 2041-2051, 2010.

REIS, I.M.S. et al. **Adsorção de cádmio em Latossolos sob vegetação de mata nativa e cultivados.** R. Bras. Ci. Solo, v.38, p.1960-1969, 2014.

RODRIGHERO, M.B.; BARTH, G.; CAIRES, E.F. **Aplicação superficial de calcário com diferentes teores de magnésio e granulometrias em sistema plantio direto.** R. Bras. Ci. Solo, v.39, p.1723-1736, 2015.

SANTOS, H.G. et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 5. ed., rev. e ampl., Brasília, DF:Embrapa, 2018.

SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação.** 2.ed. Brasília, DF:Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 416 p.

STATSOFT. **Statistica 7.0.** Tulsa: StatSoft, 2004.

VALE JÚNIOR, J.F et al. **Characterization of organic matter under different pedoenvironments in the viruá national park, in northern Amazon.** Rev. Bras. Ci. Solo v.40: e0140480, 2016.

# CAPÍTULO 2

## ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO E COMPONENTES AGRONÔMICOS NA CULTURA DA SOJA PELO USO DO PÓ DE BASALTO

Data de aceite: 12/05/2020

Data de submissão: 05/01/2020

### Alessandra Mayumi Tokura Alovisi

Universidade Federal da Grande Dourados  
– UFGD, Faculdade de Ciências Agrárias,  
Dourados-MS.

<http://lattes.cnpq.br/5030383787014962>

### Willian Lange Gomes

Universidade Federal da Grande Dourados  
– UFGD, Faculdade de Ciências Agrárias,  
Dourados-MS.

### Alves Alexandre Alovisi

Universidade Federal da Grande Dourados  
– UFGD, Faculdade de Ciências Agrárias,  
Dourados-MS.

<http://lattes.cnpq.br/5917323543322184>

### João Augusto Machado da Silva

Universidade Federal da Grande Dourados  
– UFGD, Faculdade de Ciências Agrárias,  
Dourados-MS.

<http://lattes.cnpq.br/7357671037336437>

### Robervaldo Soares da Silva

Universidade Federal da Grande Dourados  
– UFGD, Faculdade de Ciências Agrárias,  
Dourados-MS.

<http://lattes.cnpq.br/8840224083901788>

### Cleidimar João Cassol

Universidade Federal da Grande Dourados  
– UFGD, Faculdade de Ciências Exatas e  
Tecnológica, Dourados-MS.

<http://lattes.cnpq.br/8446412417215481>

### Giuliano Reis Pereira Muglia

Universidade Federal da Grande Dourados  
– UFGD, Faculdade de Ciências Agrárias,  
Dourados-MS.

<http://lattes.cnpq.br/7087279821052552>

### Laurilaine Azuaga Villalba

Universidade Federal da Grande Dourados  
– UFGD, Faculdade de Ciências Agrárias,  
Dourados-MS.

<http://lattes.cnpq.br/7616337675881868>

### Milena Santo Palhano Soares

Universidade Federal da Grande Dourados  
– UFGD, Faculdade de Ciências Agrárias,  
Dourados-MS.

<http://lattes.cnpq.br/1122274547090697>

### Mariana Manzato Tebar

Universidade Federal da Grande Dourados  
– UFGD, Faculdade de Ciências Agrárias,  
Dourados-MS.

<http://lattes.cnpq.br/9811341590278761>

### Realdo Felix Cervi

Universidade Federal da Grande Dourados  
– UFGD, Faculdade de Ciências Agrárias,  
Dourados-MS.

<http://lattes.cnpq.br/1683262151121254>

### Rodrigo Bastos Rodrigues

Universidade Federal da Grande Dourados  
– UFGD, Faculdade de Ciências Agrárias,  
Dourados-MS.

<http://lattes.cnpq.br/0814507830807649>

### Adama Gning

Universidade Federal da Grande Dourados  
– UFGD, Faculdade de Ciências Agrárias,  
Dourados-MS.

<http://lattes.cnpq.br/9987494225499993>

**RESUMO:** A aplicação de fontes alternativas de materiais que melhoram as condições físicas, químicas, microbiológicas e mineralógicas de solos agrícolas é uma prática que vem ganhando cada vez mais importância no Brasil. Objetivou-se com o presente estudo avaliar os atributos químicos de solo e os efeitos na produção vegetal, após uso de pó de basalto associado ou não com adubação química adicional. O delineamento experimental utilizado no experimento foi o de blocos ao acaso, com distribuição em esquema fatorial (5x2), sendo cinco doses de pó de rocha (0; 2,5; 5,0; 7,5 e 10,0 Mg ha<sup>-1</sup>), com adição ou não de adubação química (com e sem), com quatro repetições. O experimento foi realizado em condição de campo. As variáveis analisadas foram: diâmetro do coleto, altura de plantas, número de vagens por planta, produtividade e atributos químicos do solo nas camadas de 0-10 e 10-20 cm. A adubação química influenciou os teores dos nutrientes e valores de SB, CTC, V%. A adição do pó de basalto contribuiu para aumento nos teores de Fe nas duas camadas de solo avaliadas, com incremento também de Cu e redução da V% na camada de 10-20 cm. Altura de plantas e diâmetro do coleto da soja foram influenciadas pela adição do pó de rocha, com maiores valores de altura e diâmetro de coleto observados com a adição de 2,5 Mg ha<sup>-1</sup> de pó de basalto. A produtividade da cultura da soja foi influenciada pela adição de pó de basalto, com produtividade máxima obtida na dose de 8,3 Mg ha<sup>-1</sup>.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Glycine max* L., remineralizador, rochagem.

## SOIL CHEMICAL ATTRIBUTES AND AGRONOMIC COMPONENTS IN SOYBEAN CULTURE BY THE USE OF POWDER BASALT

**ABSTRACT:** The application of alternative sources of materials that improve the physical, chemical, microbiological and mineralogical conditions of agricultural soils is a practice that is gaining more and more importance in Brazil. The objective of this study was to evaluate the chemical attributes of the soil and the effects on plant production, after the use of powder basalt associated or not with additional chemical fertilization. The experimental design used in the experiment was that of randomized blocks, distributed in a factorial scheme (5x2), with five doses of rock dust (0; 2.5; 5.0; 7.5 and 10.0 Mg ha<sup>-1</sup>), with or without chemical fertilizer (with and without), with four replications. The experiment was carried out in a field condition. The variables analyzed were: collecting diameter, plant height, number of pods per plant, productivity and chemical attributes of the soil in the 0-10 and 10-20 cm layers. Chemical fertilization influenced the levels of nutrients and values of SB, CTC, V%. The addition of basalt powder contributed to an increase in Fe content in the two soil layers evaluated, with an increase in Cu and a reduction in V% in the 10-20 cm layer. Plant height and diameter of the soybean collection were influenced by the addition of the powder basalt, with higher values of height and diameter of the collection observed with the addition of 2.5 Mg ha<sup>-1</sup> of powder basalt. The productivity of the soybean culture was influenced by the addition

of powder basalt, with maximum productivity obtained in the dose of 8.3 Mg ha<sup>-1</sup>.

**KEYWORDS:** *Glycine max* L., remineralizer, rockiness,

## 1 | INTRODUÇÃO

Para diminuir a dependência, que pesa sobre produtores e sobre a balança comercial do Brasil, a pesquisa agrícola nacional está desenvolvendo e incentivando o uso de fontes alternativas de nutrientes. Dentre as fontes alternativas está sendo pesquisado e incentivado o uso de pós de rochas como fontes de nutrientes, técnica denominada de rochagem ou remineralização natural dos solos (SÉKULA, 2011).

A rochagem é uma técnica de fertilização baseada na adição de pó de determinados tipos de rocha ou minerais com a capacidade de alterar positivamente a fertilidade dos solos sem afetar o equilíbrio ambiental (PÁDUA, 2012). É possível encontrar na literatura: agrominerais, pó de rocha, petrofertilizantes, remineralização, como sinônimos para rochagem (MARTINS, 2010; THEODORO e LEONARDOS, 2006).

Dentre as rochas disponíveis para o emprego na agricultura está o basalto, rocha básica, de origem vulcânica, afanítica, onde a maior parte dos cristais são invisíveis a olho nu (SANTOS, 1976). Os principais constituintes do basalto são minerais aluminosilicatos do grupo dos piroxênios e plagioclásios, pouco resistentes ao intemperismo químico e importantes fontes de Ca, Mg e micronutrientes. Normalmente as rochas compostas por aluminosilicatos possuem quantidades variáveis de diversos nutrientes que podem se apresentar na forma de compostos com maior ou menor facilidade de solubilização, dependendo do teor total e da cinética de dissolução dos minerais (MACHADO et al., 2005).

Os altos preços nos fertilizantes aliado com o baixo investimento do governo na indústria nacional de fertilizantes e aspectos contaminantes como o carreamento dos nutrientes por água da chuva e/ou da irrigação para rios e lençóis freáticos, faz necessário a busca por fertilizantes alternativos que possuam tanto macro como micronutrientes, e que principalmente apresentem um baixo custo, enquadrando-se perfeitamente a rochagem nestes aspectos (LUCHESE et al., 2002).

Deste modo, o uso do pó de rocha poderia contribuir de modo mais complexo e equilibrado com adição de macro e micronutrientes aos solos intensamente lixiviados. Macroelementos como Mg, Ca, K e P podem ser encontrados em basaltos, dunitos, sienitos, dolomitos, fosforitos, entre outros (exceção do nitrogênio). Geralmente também apresentam elementos traços como Co, Zn e Cr (VAN STRAATEN, 2006).

Segundo Alovisi et al. (2017), o pó de basalto pode ser considerado uma fonte alternativa de fertilizante e corretivo do solo, entretanto, apresenta baixa liberação

dos nutrientes, portanto, não recomendado como a principal fonte de nutrientes às plantas.

Dessa forma, objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito da rochagem sobre os atributos químicos do solo e planta e componentes agronômicos da cultura da soja.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em condição de campo, na Fazenda Experimental de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), na safra 2018/2019, no município de Dourados, MS, com as coordenadas geográficas: longitude oeste 54°59'13" W, latitude sul 22°14'08" S e altitude 434 m.

O clima de Dourados foi classificado como Cwa, clima úmido e inverno seco, as médias anuais de temperatura são de 22°C e a precipitação varia entre 500 mm e 1500 mm anuais (FIETZ et al., 2017).

O solo da área foi classificado como Latossolo Vermelho Distroférrico, de textura argilosa (SANTOS et al., 2013). O solo foi coletado nas camadas de 0-10 e 10-20 cm. Após a coleta e preparo, as amostras foram submetidas a análises química, de acordo com metodologia de Claessen (1997) obtendo: pH (CaCl<sub>2</sub>): 5,4 e 4,7; pH (água): 6,0 e 5,5; P (mehlich-1): 13 e 6 mg dm<sup>-3</sup>; K: 5,1 e 2,3 mmol<sub>c</sub>dm<sup>-3</sup>; Ca: 47 e 29 mmol<sub>c</sub>dm<sup>-3</sup>; Mg: 23 e 14 mmol<sub>c</sub>dm<sup>-3</sup>; H+Al: 43 e 55 mmol<sub>c</sub>dm<sup>-3</sup>; SB: 75 e 45 mmolcdm<sup>-3</sup>; CTC: 118 e 101 mmolcdm<sup>-3</sup> e V: 63 e 45%, respectivamente nas camadas de 0-10 e 10-20 cm.

A área na qual se encontrava o experimento era anteriormente ocupada pela cultura do milho. Após a colheita do milho a área foi submetida a uma aração e dias gradagens niveladora para destorroamento e incorporação dos restos culturais.

O pó de rocha aplicado ao solo é uma rocha basáltica oriunda da empresa Mineradora Tozzi Junqueira Ltda – ME (Pedreira Esteio), situada no município de Itaporã – MS. Foi utilizado material residual fino resultante da operação de britagem. A granulometria do pó de basalto aplicado no experimento está em acordo com as normas da ABNT para classificação de corretivos e fertilizantes, sendo que 100% do produto passou em peneira de malha 0,84 mm e 50% em peneira de malha 0,3 mm. O valor de pH (suspensão 1:1) do material é de 9,7 e a composição química total da rocha basáltica é de: SiO<sub>2</sub>: 51,4%, CaO: 8,32%, MgO: 3,58%, K<sub>2</sub>O: 3,42%; Zn: 56,5 mg kg<sup>-1</sup>, Cu: 182 mg kg<sup>-1</sup>, Ni: 3,77 mg kg<sup>-1</sup>, B: 107 mg kg<sup>-1</sup>, Cl: 798 mg kg<sup>-1</sup>, Co: 9,65 mg kg<sup>-1</sup>, Fe: 22.000 mg kg<sup>-1</sup>, Mn: 394 mg kg<sup>-1</sup>, os elementos Cd, As, Pb, Hg e Mo se encontravam abaixo da faixa de quantificação. Os elementos macro e traço foram determinados por espectrometria de emissão, ICP. O material foi aplicado

manualmente na superfície das parcelas 30 dias antes da semeadura da soja, sem incorporação.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 5x2, utilizando-se de 4 repetições. Os tratamentos foram constituídos de cinco doses de pó de rocha basáltica (0, 2,5; 5,0; 7,5; 10,0 Mg ha<sup>-1</sup>) com e sem adubação química adicional. Os tratamentos foram identificados como: T1 (controle); T2 (sem adição do pó de rocha + adubação química adicional); T3 (2,5 Mg ha<sup>-1</sup> de pó de rocha e sem adubação química adicional); T4 (2,5 Mg ha<sup>-1</sup> de pó de rocha e com adubação química adicional); T5 (5,0 Mg ha<sup>-1</sup> de pó de rocha e sem adubação química adicional); T6 (5,0 Mg ha<sup>-1</sup> de pó de rocha e com adubação química adicional); T7 (7,5 Mg ha<sup>-1</sup> de pó de rocha e sem adubação química adicional); T8 (7,5 Mg ha<sup>-1</sup> de pó de rocha e com adubação química adicional); T9 (10 Mg ha<sup>-1</sup> de pó de rocha e sem adubação química adicional); T10 (10 Mg ha<sup>-1</sup> de pó de rocha e com adubação química adicional).

Antes da semeadura as sementes foram inoculadas com uma mistura das estirpes de *Bradyrhizobium japonicum*. A semeadura da soja, variedade Monsoy 6410, foi realizada no dia 14 de novembro de 2018, com semeadora adubadora, modelo Semeato, equipada com sete linhas, na densidade de semeadura de 16 plantas m<sup>-1</sup>. A parcela foi constituída por sete linhas espaçadas entre si de 0,45 m (3,15 m), com 5 metros de comprimento, com área total da parcela 15,75 m<sup>2</sup>. Nas parcelas em que os tratamentos constituíam de adubação química complementar foi adicionado à dose de 200 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 05-25-06.

O controle de plantas daninhas foi realizado com o herbicida glifosato, na dose de três litros por hectare. O controle de percevejos foi feito com o inseticida Tiametoxam + Lambda-Cialotrina na dose de 200 ml ha<sup>-1</sup>.

As variáveis analisadas foram: altura da planta (ALT), diâmetro do coleto (DC), número de vagens por planta (NVP), produtividade de grãos (PROD), teor de nutrientes foliares e atributos químicos do solo após a colheita da soja.

Altura de planta: antes da colheita, a altura da planta de soja foi determinada a partir de cinco plantas, com régua graduada em centímetros, tomando-se a distância entre o nível do solo e o ápice da planta.

Diâmetro de coleto: antes da colheita, o diâmetro do coleto da planta de soja foi determinada a partir de cinco plantas, com paquímetro em milímetros.

Número de vagens por planta: antes da colheita, foram amostradas cinco plantas por parcela e em seguida a contagem do número de vagens, com os valores representando a média de vagens por planta.

Produtividade de grãos: foi determinada amostrando-se uma área de 4,5m<sup>2</sup>, dentro de cada parcela. Após a trilha das plantas em trilhadora estacionária e limpeza dos grãos, as amostras foram colocadas em estufa de ventilação forçada

e corrigida umidade para 13% e posteriormente foram pesadas em balança digital.

Para a análise dos teores de nutrientes nas folhas, foram coletados 10 trifólios com pecíolo em cada parcela para a determinação de macro e micronutrientes, conforme metodologia de Malavolta et al. (1997).

Após a colheita da soja coletaram amostras de solo, nas camadas de 0-10 e 10-20 cm, para realizar as análises químicas de acordo com metodologia descrita por Claessen (1997), que englobaram: pH em água, pH  $\text{CaCl}_2$ , Ca, Mg, Al, P Melich-1, K e MO.

Os resultados obtidos, em cada variável analisada, foram submetidos à análise de variância, e as médias dos tratamentos comparadas pelo Teste t de Student a 5%, utilizando o programa estatístico Sisvar (Ferreira, 2014). Os dados das doses de pó de rocha (significativos) foram submetidos também a análise de regressão, realizada pelo programa estatístico SAS (SAS, 1985). Os modelos para ajustes das equações foram escolhidos com base no coeficiente de determinação e na sua significância ( $p < 0,10$ ).

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Atributos químicos do solo – camada de 0-10 cm

Houve interação entre doses de pó de basalto e adubação química complementar ( $p < 0,01$ ), somente para teor de K (Figura 1). Efeito isolado das doses de pó de basalto para a variável Fe (Figura 2) e efeito isolado da adubação para as variáveis SB, CTC, V% e Zn (Tabela 1).

Observa-se na Figura 1 que os dados do teor de K, em função das doses de pó de basalto associado a adubação química, não se ajustaram a nenhum modelo matemático, obtendo-se uma média de  $4,12 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$  de K, entretanto, sem a adição da adubação química, os dados do teor de K se ajustaram ao modelo polinomial, obtendo-se teor mínimo de K de  $3,24 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$  estimado na dose  $5,9 \text{ Mg ha}^{-1}$  de pó de basalto. Teores esses de K encontrados nos tratamentos estão na faixa considerada adequada (RAIJ et al., 1997). Estudo realizados por Machado et al. (2005) *apud* Pádua (2012) demonstram que o uso de rochas simplesmente moídas na cultura da soja contribui de forma significativa para o fornecimento de potássio às plantas já no primeiro cultivo, este dado ajuda a corroborar a manutenção dos teores de K nos tratamentos sem adubação química.

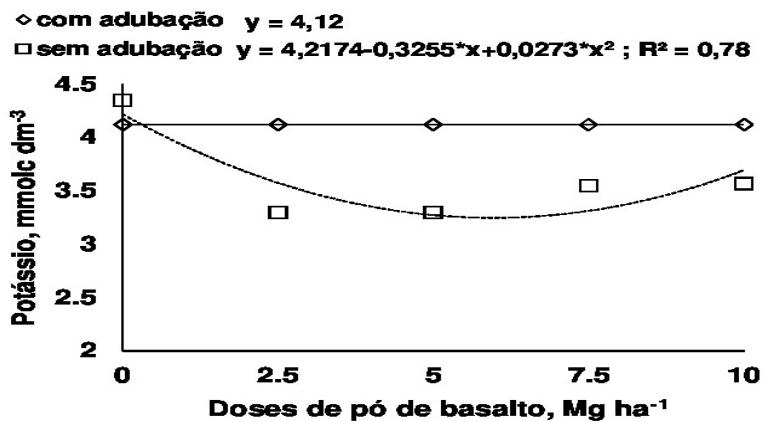


Figura 1. Teor de potássio no solo na camada 0-10 cm, em relação a doses de pó de basalto e adubação química adicional, Dourados – MS, 2019. \* significativo a 5%.

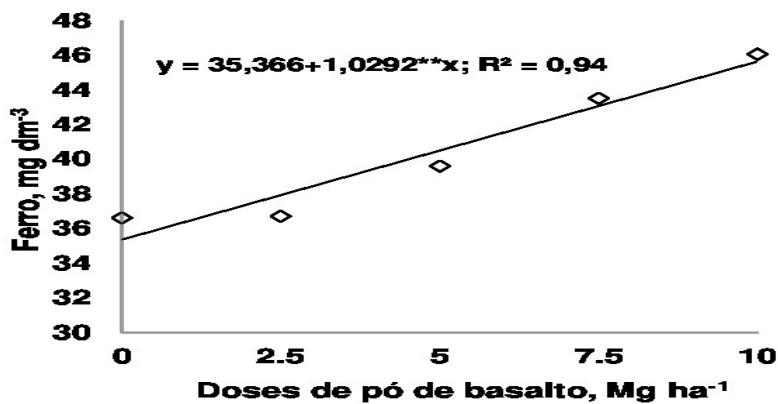


Figura 2. Teor de ferro no solo na camada 0-10cm, em relação a doses de pó de basalto, Dourados – MS, 2019. \*\* significativos a 1%.

Adubação	K	SB	CTC	V%	Fe	Zn
	-----mmolc dm⁻³-----			%	----mg dm⁻³ ----	
Com	4,12 a	74,38 a	107,16 a	69,36 a	38,61 b	3,35 a
Sem	3,56 b	68,68 b	103,45 b	66,15 b	42,41 a	3,02 b

Tabela 1. Teor de potássio (K), Soma de bases (SB), Capacidade de Troca de Cátions (CTC), Saturação por bases (V%), Teor de ferro (Fe) e teor de zinco (Zn) em solo da camada de 0-10 cm, que recebeu as doses de pó de basalto, com e sem adubação química complementar, Dourados – MS, 2019.

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste t a 5% de probabilidade.

Observa-se aumento de forma linear do teor de ferro (Figura 2). Esse aumento pode ser explicado pela composição do basalto que é rico em minerais de silício, alumínio e ferro. Segundo Schiavon et al. (2007), à medida que aumenta a doses de pó de rocha aplicada ao solo, maiores quantidades de Fe serão liberadas a camada do solo.

Observa-se que os teores de K e Zn, SB, CTC e V% foram maiores estatisticamente nos tratamentos que receberam adubação química e somente o teor de Fe foi maior nos tratamentos sem adição da adubação (Tabela 1). Os

maiores teores de K no solo dos tratamentos que receberam adubação química já eram esperados pela adição direta de K, via adubação e, consequentemente aumenta a SB, CTC e V%. Apesar dos teores de Fe e Zn diferirem estatisticamente com a adubação, os teores se encontram adequados (RAIJ et al., 1997).

### 3.2 Atributos químicos do solo – camada de 10-20 cm

Houve interação entre doses de pó de basalto e adubação química complementar para acidez potencial ( $p < 0,01$ ) e teor de ferro ( $p < 0,05$ ) (Figuras 3A e B). Efeito isolado das doses de pó de basalto para a variável pH água, pH em  $\text{CaCl}_2$ , V% e Cu (Figuras 4A, B, C e D), e efeito isolado da adubação para as variáveis pH água, pH em  $\text{CaCl}_2$ , P, K, V% e Fe (Tabela 2).

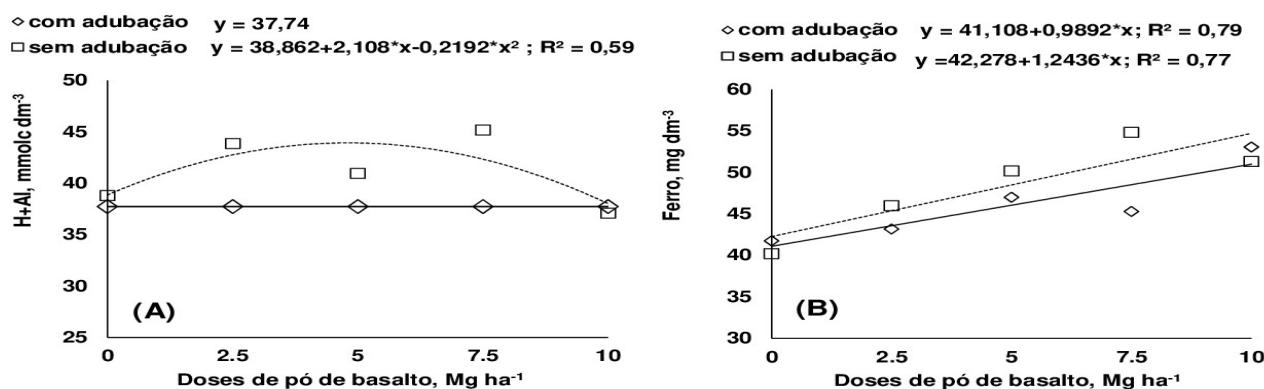


Figura 3. Teor de H+Al (A) e ferro no solo na camada 10-20cm, em relação a doses de pó de basalto e adubação química adicional, Dourados – MS, 2019. \* significativo a 5%.

Para os teores de H+Al os dados dos tratamentos sem adubação se ajustaram ao modelo polinomial, obtendo-se valores máximos  $43,9 \text{ mmolc dm}^{-3}$  de H+Al estimado na dose  $4,8 \text{ Mg ha}^{-1}$  de pó de basalto. Para o tratamento com adubação química, os dados não se ajustaram a nenhum modelo matemático, obtendo-se média de  $37,74 \text{ mmolc dm}^{-3}$  de H+Al (Figura 3A). Segundo Pádua (2012), o pó de basalto pode contribuir na correção da acidez do solo.

Os dados do teor de Fe se ajustaram ao modelo linear crescente, independente da adubação (Figura 3B), o que era esperado devido a composição da rocha basáltica, entretanto, observa-se os maiores valores de Fe nos tratamentos que não receberam adubação.

Os valores de pH  $\text{CaCl}_2$  e pH  $\text{H}_2\text{O}$  se ajustaram ao modelo polinomial, obtendo-se valores mínimos de pH  $\text{CaCl}_2$  5,15 estimado na dose  $3,9 \text{ Mg ha}^{-1}$  de pó de basalto, e pH água 5,87 estimado na dose  $3,65 \text{ Mg ha}^{-1}$  de pó de basalto (Figuras 4A e B).

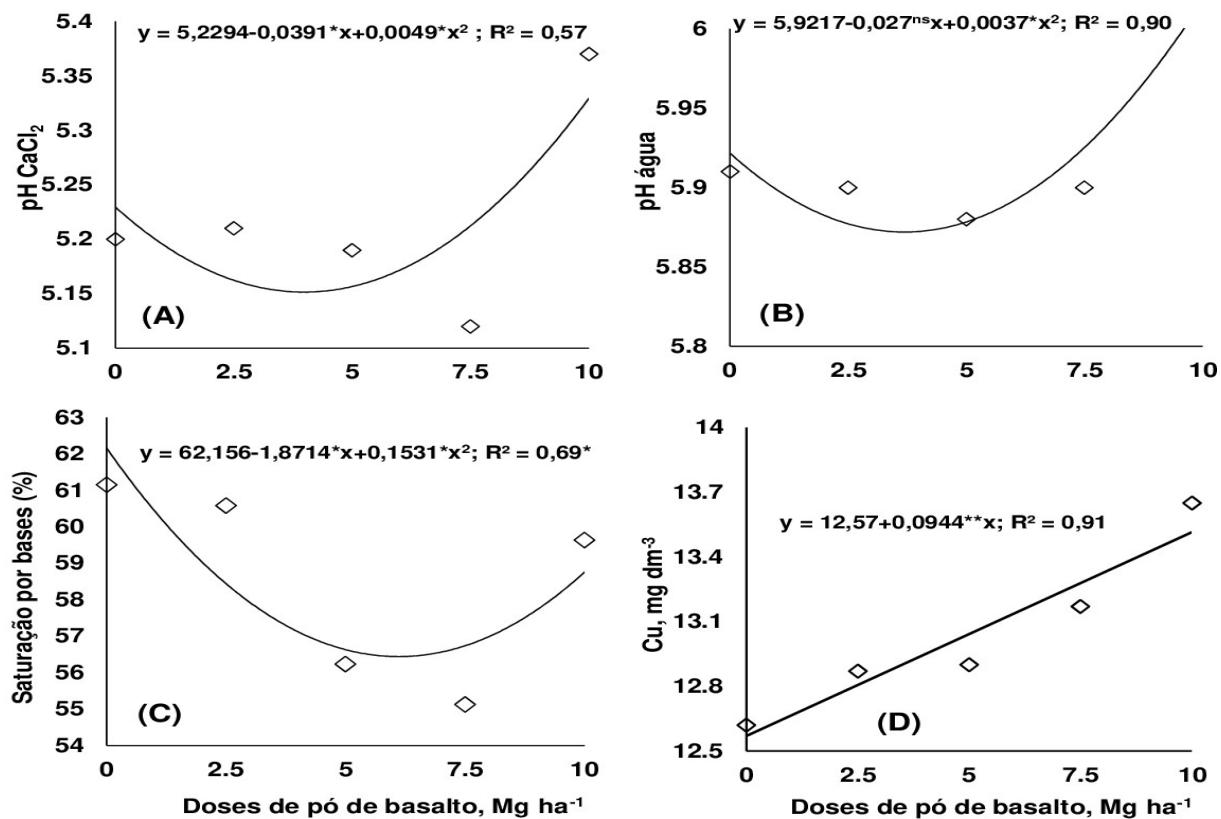


Figura 4. pH em  $\text{CaCl}_2$  (A), pH em água (B), saturação por bases (C) e teor de cobre do solo (D) na camada 10-20 cm, em relação a doses de pó de basalto, Dourados – MS, 2019. \* e ns: significativo a 5% e não significativo, respectivamente.

Em comparação com os respectivos valores de pH presentes na análise de solo realizada anteriormente a implantação da cultura, observou-se um aumento nos teores de pH tanto para  $\text{CaCl}_2$  quanto para água, isto pode ser justificado pelo efeito alcalinizante do basalto, atuando na correção da acidez do solo (PÁDUA, 2012). O aumento nos valores de pH decorrente da aplicação do pó de basalto provavelmente está associado a reação dos óxidos Ca e Mg presentes nesse material, liberando assim  $\text{OH}^-$  (base). O aumento do pH do solo favorece a precipitação do  $\text{Al}^{3+}$  na forma de  $\text{Al}(\text{OH})_3$  e nessas condições acabam favorecendo o desenvolvimento do sistema radicular da maioria das espécies vegetais.

Os dados de saturação por bases (V%) se ajustaram ao modelo polinomial, obtendo valor mínimo 56,43% na dose 6,11  $\text{Mg ha}^{-1}$  de pó de basalto (Figura 4C), considerado um valor mediano para referência como proposto por Sobral et al. (2015). Ocorreu aumento dos elementos K, Ca e Mg na camada 10-20 cm, quando comparados aos atributos químicos antes a instalação do experimento na mesma camada, ocasionando consequentemente um aumento da soma de bases, isto explica a alteração na saturação por bases.

Os dados para teor de Cu se ajustaram ao modelo linear crescente (Figura 4D). O basalto possui cobre em sua composição, desta forma, pode-se explicar o

aumento linear do teor de cobre com a adição de maiores doses de pó de rocha, este dado pode ser corroborado por estudo de Melo et al. (2012) que demonstra o mesmo comportamento de aumento de Cu com doses crescentes de pó de rocha.

Para o efeito isolado das variáveis pH em água, pH em  $\text{CaCl}_2$ , P, K, V% e Fe do solo coletado na camada de 10-20 cm (Tabela 2).

Adubação	pH água	pH $\text{CaCl}_2$	P	K	V%	Fe
Com	5,32 a	5,99 a	7,72 a	2,51 a	60,77 a	46,05 b
Sem	5,17 b	5,86 b	5,54 b	1,84 b	56,31 b	49,65 a

Tabela 2. Teor de pH em água, pH em  $\text{CaCl}_2$ , Fósforo (P), Potássio (K), Saturação por bases (V%), Ferro (Fe), em solo da camada de 10-20 cm, que recebeu as doses de pó de basalto, com e sem adubação química complementar, Dourados – MS, 2019.

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste t a 5% de probabilidade.

Observa-se que os valores de pH em água, pH em  $\text{CaCl}_2$ , P, K, V% foram maiores estatisticamente nos tratamentos que receberam adubação química e somente o teor de Fe foi maior nos tratamentos sem adição da adubação.

O aumento do pH dos solos nos tratamentos com adição de adubação mineral pode ser justificado pelos maiores teores de Ca disponíveis no solo, esta atribuída a adsorção de H e Al, à troca de ânions entre o OH terminal de óxidos de Fe e Al e os ânions orgânicos, também está relacionado pelo aumento do potencial de oxidação biológica de ânions orgânicos (CHAVES, 2000).

Os maiores teores para fósforo e potássio ocorrem pela formulação da adubação mineral adicionada nos tratamentos com adubo NPK (5-25-6), segundo estudos de Chaves (2000) os tratamentos com adubação no sulco do semadura são mais facilmente contemplados na camada 10-20 cm do solo.

### 3.3 Estado nutricional da soja

Somente houve efeito significativo ( $p < 0,01$ ) das doses de pó de basalto para o teor de P. Na análise do estado nutricional das plantas de soja, os teores de N, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn estão dentro dos níveis de suficiência proposto por Sfredo et al. (1986).

Observa-se redução do teor foliar de P de forma linear (Figura 5). Entretanto, quando estima-se o teor de P na maior dose de pó de basalto ( $10 \text{ Mg ha}^{-1}$ ), obtém-se o valor de  $2,63 \text{ g kg}^{-1}$  de P, valor este considerado suficiente para o desenvolvimento da cultura da soja (SFREDO et al., 1986), ou seja, mesmo adicionando  $10 \text{ Mg ha}^{-1}$  de pó de basalto, o teor foliar de P se mantém na faixa adequada para o desenvolvimento da cultura.

Devido aos teores dos nutrientes nos solos se encontrarem adequados para

o crescimento e desenvolvimento da cultura da soja, antes da implantação do experimento, não ocorreu resposta da soja às doses de pó de basalto e adubação, refletindo na não significância dos tratamentos.

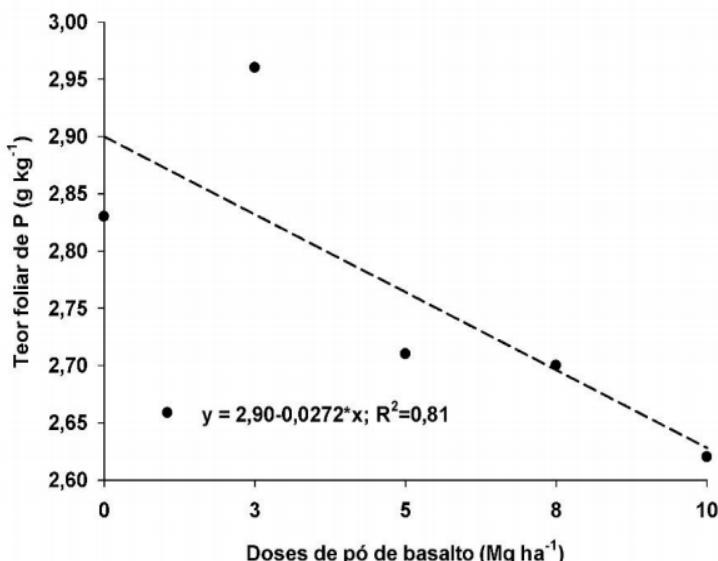


Figura 5. Teor foliar de fósforo na cultura da soja, em relação a doses de pó de basalto, Dourados – MS, 2019. \*: significativo a 5%.

### 3.4 Variáveis biométricas, componentes de produção e produtividade da cultura da soja

Houve efeito isolado de doses de pó de basalto somente para as variáveis altura de planta ( $p < 0,01$ ), diâmetro de coleto ( $p < 0,05$ ) e produtividade ( $p < 0,10$ ) (Figuras 6A, B e C, respectivamente). Para número de vagens não houve diferença entre os tratamentos, obtendo como média 74 vagens por planta.

Os dados de altura de plantas se ajustaram ao modelo polinomial, obtendo altura máxima de plantas de 84,4 cm, estimado na dose 2,25 Mg ha<sup>-1</sup> de pó de basalto (Figura 6A).

Os dados de diâmetro do coleto se ajustaram ao modelo polinomial, obtendo diâmetro máximo de 7,9 mm, estimado na dose 2,54 Mg ha<sup>-1</sup> de pó de basalto (Figura 6B). O diâmetro máximo pode ser justificado pela menor população de plantas no tratamento com dosagem 2,5 Mg ha<sup>-1</sup>, avaliado pelo número de plantas por metro dentro de cada parcela. Essa hipótese corrobora com Gewehr et al. (2014), que verificaram que o aumento do número de plantas por hectare, ocasionou plantas com menor diâmetro do coleto.

Para a variável produtividade, os dados se ajustaram ao modelo polinomial, obtendo-se produtividade máxima de 4028 kg ha<sup>-1</sup> estimado na dose 8,33 Mg ha<sup>-1</sup> de pó de basalto (Figura 6C). Esse resultado pode ser explicado pelas melhorias

nos atributos químicos do solo, principalmente pela melhoria no pH. Theodoro et al. (2010) afirmam que rochas básicas como o basalto possui maior efeito alcalinizante, atuando na correção do solo, de modo a garantir maiores disponibilidades de nutrientes no solo para absorção das plantas.

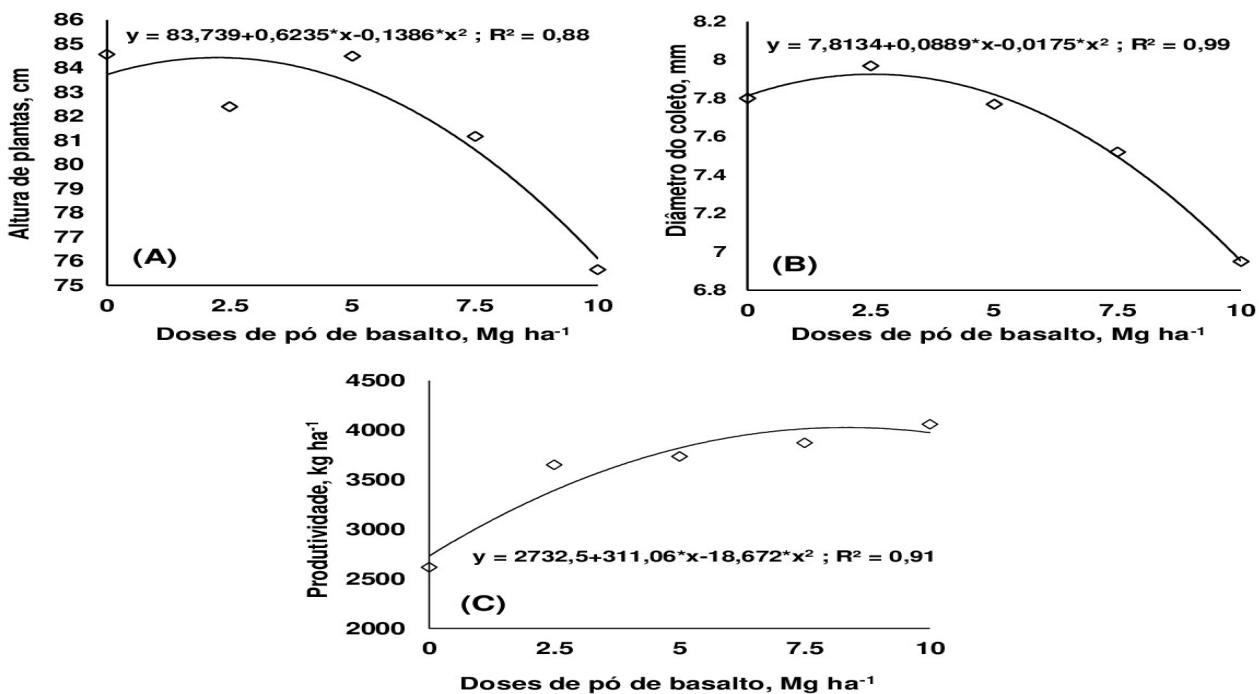


Figura 6. Altura de plantas (A), diâmetro do coleto (B) e produtividade da cultura da soja (C), em relação a doses de pó de basalto, Dourados – MS, 2019. \*: significativo a 5%.

Os dados apresentados referem-se aos principais resultados observados na primeira safra após a aplicação do pó de basalto, com o cultivo de soja. Vale ressaltar que os experimentos são permanentes e continuam sendo amostrados e analisados periodicamente. Essa é a estratégia do estudo, para que se obtenha informações de ao menos dois anos de monitoramento dos efeitos do pó de basalto no solo da região e nas culturas previamente definidas.

#### 4 | CONCLUSÕES

A adubação química influenciou os teores dos nutrientes e valores de SB, CTC, V%. Na camada de 0-10 cm houve aumento dos valores de SB, CTC e V% e no teor de K. Na camada de 10-20 cm contribuiu com aumento nos valores de pH e V% e nos teores de P e K.

A adição do pó de basalto contribuiu para aumento nos teores de Fe nas duas camadas de solos avaliadas, com incremento também de Cu e redução da V% na camada de 10-20 cm.

Altura de plantas e diâmetro do coleto da soja foram influenciadas pela adição

do pó de basalto, com maiores valores de altura e diâmetro de coleto observados com a adição de 2,5 Mg ha<sup>-1</sup> de pó de basalto.

A produtividade da cultura da soja foi influenciada pela adição de pó de basalto, com produtividade máxima obtida na dose de 8,3 Mg ha<sup>-1</sup>.

## REFERÊNCIAS

ALOVISI, A. M. T.; FRANCO, D.; ALOVISI, A. A.; HARTMANN, C. F.; TOKURA, L. K.; SILVA, R. S. da. **Atributos de fertilidade do solo e produtividade de milho e soja influenciados pela rochagem.** Edição Especial: II Seminário de Engenharia de Energia na Agricultura. Acta Iguazu, v. 6, n. 5, p. 57-68, 2017. ISSN: 2316-4093

CHAVES, J. C. D. **Efeito de adubações mineral, orgânica e verde sobre a fertilidade do solo, nutrição e produção do cafeeiro.** 2000.

CLAESSEN, M. E. C. (Org.). **Manual de métodos de análise de solo.** 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro: EmbrapaCNPS, 1997. (Documentos, 1).

FERREIRA, D. F. **Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons.** *Ciência e Agrotecnologia*. [online]. 2014, v. 38, n.2 [citado 2015-10-17], pp. 109-112. Disponível em: ISSN 1413-7054.

FIETZ, C. R.; FISCH, G. F.; COMUNELLO, E.; FLUMIGNAN, D. L. **O clima da região de Dourados, MS.** 3 ed. rev. Atual. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2017. (Documentos, 138).

GEWEHR, E.; FONSECA, D. A. R.; RODRIGUES, G. F.; CORREA, O. O.; KONZEN, L. H.; CHAGAS, H. L.; SCHUCH, L. O. B.; VERNETTI JUNIOR, F. J. **Influência da População de Plantas: Caracterização Morfológica de Cultivares de Soja em Solos de Várzeas Irrigação por Aspersão.** In: 40<sup>a</sup> REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL - ATAS E RESUMOS. Pelotas: Embrapa, jul. 2014.

LUCHESE, E. B.; FAVERO, L. O. B.; LENZI, E. **Fundamentos da química do solo, teoria e prática.** Rio de Janeiro: Freitas bastos, 2002. 182p.

MACHADO, C. T. T.; RESENDE, A. V.; MARTINS, E. S.; SOBRINHO, D. A. S.; NASCIMENTO, M. T.; FALEIRO, A. S. G.; LINHARES, N. W.; SOUZA, A. L.; CORAZZA, E.J. (2005) **Potencial de rochas silicáticas no fornecimento de potássio para culturas anuais: II. Fertilidade do solo e suprimento de outros nutrientes.** In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 30. Recife, Anais. Recife: UFRPE/SBCS. (CD-rom).

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações.** 2.ed. Piracicaba, POTAPOS, p. 232-258, 1997.

MARTINS, E. S. **Uso potencial de rochas regionais como fontes de nutrientes e condicionador do solo.** Jataí: EMBRAPA Cerrados, 2010.

MELO, V. F; UCHOA, C. P; DIAS, F. O; BARBOSA, G. F. **Doses de basalto moído nas propriedades químicas de um Latossolo Amarelo distrófico da savana de Roraima.** Acta Amazônica. Manaus, v. 42, n. 4, p. 471-476, 2012.

PÁDUA, E. J. **Rochagem como adubação complementar para culturas oleaginosas.** Dissertação (mestrado), Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). **Recomendações**

**de adubação e calagem para o Estado de São Paulo.** 2.ed. rev. e atual. Campinas: Instituto Agronômico/Fundação IAC, 1997. 285p. (Boletim Técnico, 100).

**SANTOS, A. M. Alguns dados geoquímicos sobre solos do Brasil: uso potencial do pó de pedreira como fonte de nutrientes críticos em solos altamente lixiviados.** In: Congresso Brasileiro de Geologia, 29, Ouro Preto, SBG. Boletim de resumos, p.160-161. 1976.

**SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B.** **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 3.ed. rev. e ampl. Brasília: Embrapa, 2013. 353p.

SAS - SAS, 1985. **User's guide: Statistics**, version 5 Edition. Cary, NC: SAS Institute. 1985.

**SCHIAVON, M. A.; REDONDO, S. U. A.; YOSHIDA, I. V. P.** **Thermal and morphological characterization of basalt continuous fibers.** Cerâmica, v. 53, n. 326, p. 212–217, 2007.

**SÉKULA, C. R. Características químicas do solo e produção de grandes culturas com rochagem e biofertilizantes.** 2011. 52p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Centro – Oeste, Unicentro – PR – PPGA. 2011.

**SFREDO, G. J.; LANTMANN, A. F.; CAMPO, R. J.; BORKERT, C. M.** **Soja, nutrição mineral, adubação e calagem.** Londrina: EMBRAPA-CNPSO. 1986. 21 p. (EMBRAPA-CNPSO, Documentos, 64).

**SOBRAL, L. F; BARRETO, M. C. V; SILVA, A. J; ANJOS, J. L.** **Guia prático para interpretação de resultados de análise de solo.** Embrapa Tabuleiros Costeiros: Aracaju, 2015, 13 p. (Documentos, 206).

**THEODORO, S. C. H.; LEONARDOS, O. H.** **Sustainable farming with native rocks: the transition without revolution.** Anais da Academia Brasileira de Ciências. Rio de Janeiro/RJ, v. 78, n. 4, p. 715-720, 2006.

**VAN STRAATEN, P.** **Farming with rocks and minerals: challenges and opportunities.** Anais da Academia Brasileira de Ciências, v. 73, n. 4, p. 731-747. 2006.

## FAUNA E ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO SOB DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO

Data de aceite: 12/05/2020

### **Rodrigo Camara**

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
(UFRRJ),  
Seropédica - RJ.

### **Marcos Gervasio Pereira**

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
(UFRRJ),  
Seropédica - RJ.

### **Lúcia Helena Cunha dos Anjos**

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
(UFRRJ),  
Seropédica – RJ.

### **Thais de Andrade Corrêa Neto**

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
(UFRRJ),  
Seropédica – RJ.

### **Márcio Mattos de Mendonça**

Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura  
Alternativa (ASPTA),  
Rio de Janeiro - RJ.

### **Otavio Augusto Queiroz dos Santos**

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
(UFRRJ),  
Seropédica - RJ.

químicos da camada superficial do solo (0-5 cm), em um gradiente crescente de impacto antrópico de uso do solo (floresta nativa: FN; cultivo de coqueiro: CO; mandioca: MA), RJ, Rio de Janeiro, Brasil. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com cinco repetições (parcelas de 20x20m)/área. Os organismos foram extraídos em funis de Berlese-Tüllgren modificados. Maiores valores de densidade de animais, P, K, Mg, pH, soma de bases (SB), e saturação por bases (V%) ocorreram na área de CO. Menores valores de P, Ca, Mg, H+Al, SB, capacidade de troca catiônica efetiva (T) e carbono orgânico (Corg), além de maiores valores de riqueza, uniformidade e diversidade de organismos ocorreram na área de FN. Menor densidade de organismos foi verificada na área de MA. A hipótese de que a comunidade da fauna do solo apresenta maior diversidade na área que recebe impacto antrópico intermediário (CO), na comparação com as áreas com menor (FN) e maior impacto antrópico (MA), não foi corroborada.

**PALAVRAS-CHAVE:** Atributos edáficos, artrópodes do solo, indicadores de qualidade edáfica.

**RESUMO:** Objetivou-se avaliar a densidade, riqueza, uniformidade e diversidade da comunidade da fauna edáfica e atributos

# FAUNA AND CHEMICAL ATTRIBUTES OF SOIL UNDER DIFFERENT MANAGEMENT SYSTEMS

**ABSTRACT:** The objective of this study was to evaluate the density, richness, evenness and diversity of the soil fauna community and chemical attributes of the soil surface layer (0-5 cm) in an increasing gradient of anthropic land use impact (native forest: NF of coconut: CO, cassava: MA), Rio de Janeiro, RJ, Brazil. The experiment was completely randomized design with five replications (20x20m plots)/treatment. Soil fauna was extracted within Berlese-Tullgren modified funnels. Higher values of animal density, P, K, Mg, pH, sum of bases (SB), and base saturation levels (V%) occurred in the CO area. Lower values of P, Ca, Mg, H+Al, SB, effective cation exchange capacity (T) and organic carbon (Corg), besides higher values of richness, uniformity and diversity of organisms occurred in the NF area. Lower density of organisms was verified in the MA area. The hypothesis that the community of the soil fauna presents higher diversity in the area that receives intermediate anthropic impact (CO), in comparison with the areas with lower (FN) and higher anthropic impact (MA), was not corroborated.

**KEYWORDS:** Edaphic attributes, soil fauna, indicators of edaphic quality, land use.

## 1 | INTRODUÇÃO

A conversão de florestas em áreas agrícolas pode ocasionar a degradação do solo, em função de perda de biodiversidade e alterações nos serviços ecossistêmicos mediados pelo solo, como por exemplo a ciclagem de nutrientes (PRADO et al., 2016). A ciclagem de nutrientes envolve, entre outros processos, a decomposição da matéria orgânica morta disposta sobre a superfície do solo, a serapilheira, que ocorre principalmente por meio da atividade da microbiota, e depende das condições climáticas, composição química do material, participação da fauna do solo (GATIBONI et al., 2011) e intensidade dos impactos antrópicos (CASTRO-HUERTA et al., 2015).

A fauna do solo é dividida nas categorias de micro, meso e macrofauna, em função do tamanho corporal dos indivíduos adultos (CULLNEY, 2013). Em áreas agrícolas submetidas a menor impacto antrópico, as taxas de decomposição foram consideradas maiores e a macrofauna apresentou papel de destaque neste processo, na comparação com áreas agrícolas que receberam impacto antrópico de intensidade intermediária e maior, traduzidos por níveis diferentes de adubação e revolvimento do solo, onde foram maiores as contribuições conjuntas da meso e macrofauna, e da mesofauna, respectivamente (CASTRO-HUERTA et al., 2015).

De fato, o aumento da intensidade do impacto antrópico afeta negativamente os maiores animais do solo, devido ao aumento de sua exposição a predadores e a condições desfavoráveis de luz, temperatura e umidade do solo (BARETTA et al.,

2011). Com isto, o manejo do solo pelo homem caracterizado por maior intensidade ocasiona a diminuição da densidade total, riqueza e diversidade da comunidade da fauna do solo (PORTILHO et al., 2011). No entanto, nem sempre este padrão pode ser observado, uma vez que maiores valores de diversidade da fauna do solo podem ser observados sob manejo menos conservativo do solo, caso do plantio convencional com sucessão de culturas, em que o revolvimento do solo é realizado, quando comparado ao manejo mais conservativo, como o plantio direto com sucessão de culturas (BARETTA et al., 2014). Acredita-se que a hipótese de perturbação intermediária (CONNEL, 1978) explique as divergências entre os estudos quanto à manutenção de diversidade de organismos, em áreas perturbadas. De acordo com esta hipótese, sob condições de perturbação intermediária, tem-se uma maior variabilidade ambiental como resultado da formação de um mosaico de diferentes condições, fato este que abriga uma maior diversidade biológica, na comparação com áreas com menor ou maior intensidade de perturbação.

Neste estudo, testou-se a hipótese de que o uso do solo que se caracteriza pelo grau de impacto antrópico intermediário (área de cultivo do coqueiro, CO) influencia maiores valores de diversidade da comunidade da fauna do solo, em comparação com os usos de solo de menor grau (fragmento secundário de Mata Atlântica, FN) e maior grau (área de cultivo de mandioca, MA) de impacto antrópico. O objetivo deste estudo foi avaliar a densidade, riqueza, uniformidade e diversidade da comunidade da fauna edáfica, bem como os atributos químicos da camada superficial do solo (0-5 cm), em um gradiente de impacto antrópico relacionado a três diferentes tipos representativos do uso do solo (CO, FN, MA) na zona rural do bairro de Santa Cruz, cidade do Rio de Janeiro.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

A região de estudo localiza-se na zona rural de Santa Cruz, bairro com extensão aproximada de 125 km<sup>2</sup> e que está inserido na zona oeste do município do Rio de Janeiro, RJ. Pertence à Baixada de Sepetiba, que é uma subdivisão da Baixada Fluminense. O relevo regional é plano e suave-ondulado e a formação geológica da região é de sedimentos do Quartenário. O clima segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw, onde verifica-se um verão chuvoso e inverno seco (ALVARES et al., 2013). O período chuvoso se estende do final da primavera (novembro) ao final do verão (março), e de um curto período de estiagem, que ocorre durante o inverno (de junho a agosto) (Figura 1).

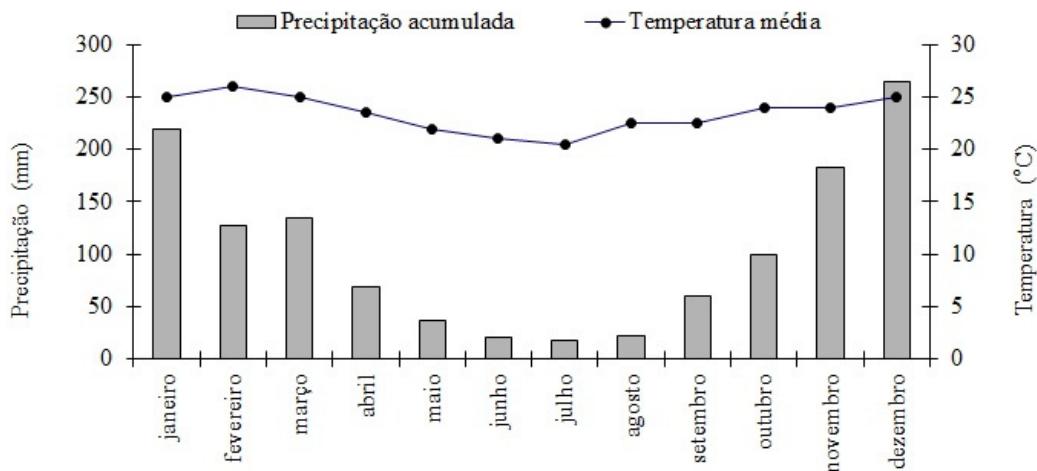


Figura 1. Valores mensais de precipitação pluviométrica acumulada e temperatura média para Santa Cruz, Rio de Janeiro, RJ. Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

De acordo com dados de uma série de 30 anos de observação fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), a precipitação média anual é de 1.255 mm e a temperatura média mensal varia entre 20,5 e 26,0 °C, sendo a temperatura média anual de 23,4 °C (Figura 1). A umidade relativa do ar apresenta valores acima de 60 %, ao longo do ano.

A vegetação original da região pertence ao bioma Mata Atlântica, com o predomínio de Floresta Tropical Subcaducifólia, mas também a presença de Floresta Tropical de Várzea. Esta cobertura vegetal foi quase que completamente removida, para a instalação de áreas de pastagem e de cultivos agrícolas. Entre essas, a olericultura e a fruticultura são as principais atividades agrícolas no bairro (CASTRO e FERREIRINHA, 2012), sendo que ainda são observados alguns fragmentos florestais restritos a áreas de encostas convexas.

Para este estudo foram selecionadas três áreas vizinhas com diferentes tipos de uso do solo que são representativos da região: CO - área cultivada com coqueiro; MA - área cultivada com mandioca; e FN - fragmento de floresta nativa de várzea. Em todas as áreas, o relevo é plano e o solo é mal drenado. Nas áreas de cultivo, onde os restos culturais apresentam-se dispostos sobre a superfície do solo, formando uma camada de serapilheira com a espessura de aproximadamente 0,5 cm e de 0,3 cm nas áreas de MA e CO, respectivamente, o solo à ordem dos Organossolos. Na área de FN, cuja espessura da camada de serapilheira é de aproximadamente 2 cm, o solo pertence à ordem dos Gleissolos. Em cada área foram estabelecidas cinco parcelas de 20 m x 20 m, totalizando uma área de 2.000 m<sup>2</sup> / área. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com cinco repetições (cinco parcelas) para cada área.

A área de CO foi implantada em novembro de 1992 em uma área de 2,7 ha, com aplicação de aproximadamente 200 g de termofosfato na cova. Nos quatro

primeiros anos após o plantio, foi mantido o consórcio com a mandioca e, após esse período, manteve-se apenas o cultivo de coqueiro. A partir de março de 1997, foram realizadas calagens a adubações minerais na projeção da copa, a cada três meses. O controle de pragas foi realizado com aplicações de agrotóxicos a cada dois meses, a partir de agosto de 1997. Já o controle de ervas invasoras foi realizado a cada três anos, com herbicida aplicado na coroa. Na referida área, o solo anteriormente foi empregado para a rotação das culturas de mandioca e batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.), com aplicação de calagem e adubação mineral (N:P:K).

A área de MA foi instalada em uma área de 2 ha, onde anteriormente a mandioca foi cultivada em sistema de rotação com a batata-doce. Após cada ciclo da cultura, a terra foi arada e gradeada, com a incorporação de calcário, e o plantio foi realizado em camalhões de aproximadamente 30 cm de altura e largura, que foram preparados com trator. Após 15 dias de repouso, as manivas foram plantadas e foi aplicado herbicida.

Para a coleta de solo, foram obtidas aleatoriamente 10 amostras simples em cada parcela. Essas amostras foram então reunidas para formar uma amostra composta / parcela. Essas amostras foram coletadas nas camadas de 0-5 e 5-10 cm, na estação seca (inverno). Nas áreas de CO e MA, as coletas ocorreram fora da projeção das copas das plantas e entre os camalhões, respectivamente, para evitar a influência das adubações recentes. Em laboratório, as amostras foram secas ao ar sobre bancada de laboratório. Em seguida, foram destoroadas, homogeneizadas, peneiradas (malha com abertura de 2 mm) e os resíduos vegetais foram descartados, para a obtenção da terra fina seca ao ar. Nesse material foram determinados os teores de K, Ca, Mg e Al, acidez extraível (H+Al), P, carbono orgânico (Corg), pH em água, soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica efetiva (T) e saturação por bases (V %). As análises para a determinação dos referidos atributos químicos do solo foram realizadas de acordo com a metodologia descrita por Embrapa (2011).

Para a captura dos organismos da comunidade da fauna do solo, foi utilizada uma moldura metálica de 25 x 25 cm, dentro do qual foram coletados a camada de serapilheira, cujo material se reportou aos restos culturais dispostos sobre a superfície do solo nas áreas de CO e MA), e o solo superficial (0-5 cm). O quadrado foi lançado ao caso, duas vezes em cada parcela, totalizando 10 amostras de serapilheira e solo em cada área. Cada amostra foi considerada uma repetição, dentro dos tratamentos. Este procedimento se baseou no fato de que alguns destes animais podem habitar o solo ao longo de todo o seu ciclo vital, enquanto que outros podem habitar parte do seu ciclo no solo e parte na camada de serapilheira disposta acima do solo (BARETTA et al., 2011; SABU et al., 2011). Posteriormente, as amostras foram acondicionadas individualmente em extratores do tipo Berlese-Tüllgren ligeiramente modificados, formados por um conjunto formado por câmara

de incubação, funil e frasco de vidro (RODRIGUES et al., 2008).

Cada amostra foi depositada sobre uma malha de 2 mm de polietileno com 3 orifícios no formato de um quadrado (20 mm x 20 mm), para permitir a passagem do maior número possível de organismos e evitar que partículas da serapilheira ou solo se misturem aos organismos. Abaixo dessa colocou-se uma segunda malha de 5 mm de arame galvanizado, para dar sustentação à amostra, dentro da câmara. Acima da câmara foram dispostas uma lâmpada de 40 W e foi acoplado um funil metálico, respectivamente.

A câmara foi coberta com um tecido de trama fina que foi fixado com barbante, para impedir a entrada de insetos na amostra. Com o aquecimento proporcionado pela lâmpada ligada ininterruptamente, os animais foram forçados a migrar da amostra e, ao serem direcionados pelo funil, passaram para o frasco coletor. Assim, os organismos foram mantidos em uma solução fixadora de ácido-acetilsalicílico a 3% no frasco com capacidade de 300 mL, por um período de 11 dias. Após tal período, o conteúdo dos frascos foi completado com álcool a 70% e os animais foram transferidos para placas de Petri e foram quantificados e identificados em grandes grupos (ordens ou famílias), com auxílio de lupa binocular. Em seguida, foram calculados os valores dos seguintes atributos da comunidade da fauna do solo: densidade (D, indivíduos  $m^{-2}$ ), riqueza de Margalef (R), e os índices de uniformidade de Pielou (e) e diversidade de Shannon ( $H'$ ), para a comunidade da fauna presente nos compartimentos serapilheira e solo, segundo as equações:  $R = (S - 1) / \ln N$ ;  $e = H' = \sum \pi_i * \log \pi_i$ ;  $\pi_i = n_i / N$ , onde  $S$  = número total de grupos taxonômicos,  $N$  = número total de indivíduos,  $n_i$  = número de indivíduos do grupo taxonômico  $i$ .

A análise multivariada de componentes principais foi realizada com o objetivo de se empregar os atributos químicos do solo como variáveis ambientais explicativas das modificações na densidade, riqueza, uniformidade e diversidade da comunidade da fauna do solo em função do uso do solo. Para tanto, considerou-se os valores médios dos atributos químicos do solo calculados entre as profundidades consideradas (0-5 e 5-10 cm). A referida análise foi realizada com o auxílio da versão 2.17c do software PAST.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio da análise de componentes principais, obteve-se a matriz de peso de cada atributo original (autovetores) sobre cada componente principal 1 e 2 (Tabela 1). A maior fertilidade do solo nas áreas de CO, principalmente, e de MA, pode ter influenciado nos maiores valores de densidade, riqueza, uniformidade e diversidade da comunidade da fauna. Alguns trabalhos também apontaram esta relação causal de incrementos nos atributos da comunidade da fauna em função da maior fertilidade

do solo proporcionada pelo manejo do solo em cultivos agrícolas (PORTILHO et al., 2011), que inclui calagem e adubação do solo. De fato, a maior fertilidade do solo propicia o incremento de biomassa das plantas, o que incorre em maior produção de tecidos metabolicamente ativos e de serapilheira, os quais se configuram em aumento de recursos alimentares para a fauna do solo.

Atributo	Componente principal 1	Componente principal 2
D_SE	0,5664	-0,8242
d_SE	-0,5277	0,8494
e_SE	-0,9478	-0,3189
H'_SE	-0,9407	-0,3393
D_SO	0,9107	-0,413
d_SO	-0,9363	0,3512
e_SO	-0,9317	0,3632
H'_SO	-0,9288	0,3707
pH	0,6894	-0,7244
Corg	0,6327	0,7744
K	0,8851	-0,4653
P	0,9565	0,2917
Ca	0,5067	0,8621
Mg	0,9825	0,1863
Al	-0,8995	-0,4369
H+Al	0,4088	0,9126
SB	0,9483	0,3173
T	0,7301	0,6834
V	0,9191	-0,394

Tabela 1. Matriz de valores dos autovetores de cada atributo considerado sobre os componentes principais 1 e 2 da análise de componentes principais.

\*Densidade (D); riqueza (d); índices de uniformidade (e) e diversidade (H') da comunidade da fauna na serapilheira (SE) e no solo superficial (SO, 0-5 cm); Corg: carbono orgânico; SB: soma de bases trocáveis; T: capacidade de troca catiônica a pH 7,0; V: saturação por bases.

\*Density (D); richness (d); evenness (e); and diversity (H') of the fauna community in the litter standing stock (SE) and topsoil (SO, 0-5 cm); Corg: organic carbon; SB: sum of exchangeable bases; T: cation exchange capacity pH 7,0; V: base saturation.

Segundo Portz et al. (2013), recomenda-se que a adubação do coqueiro seja realizada em uma faixa circular que termina na projeção da copa, com afastamento do caule por uma distância de 0,50 m. No entanto, observou-se a ocorrência de maiores valores de atributos químicos do solo na área de CO, apesar da coleta de solo superficial ter ocorrido fora da projeção das copas das plantas, na referida área. O mesmo vale para o caso da área de MA, onde também foram verificados valores maiores de determinados atributos químicos do solo, embora a coleta de solo superficial tenha ocorrido entre os camalhões. Provavelmente estes resultados foram ocasionados pela deriva aérea de nutrientes durante a prática decalagem e

adubação mineral. A deriva aérea de nutrientes, com o consequente enriquecimento nutricional do solo, pode ser constatada para além de 46,5 m de distância a partir da borda da área agrícola em que é realizada a adubação do solo, e influencia os atributos químicos do solo até mesmo em bordas de áreas de mata nativa protegida próximas (DIDHAM et al., 2015).

De acordo com a relação entre os componentes principais 1 e 2 da análise de componentes principais, observou-se a distribuição individualizada ou separação das três áreas estudadas entre si (Figura 2). Em relação ao componente principal 1, a área de CO localizou-se na região à direita (autovetores positivos) do gráfico, enquanto que as áreas de MA e FN apresentaram-se à esquerda (autovetores negativos) deste mesmo componente. Com base no componente principal 2, a área de MA localizou-se na porção superior (autovetores positivos) do gráfico, ao passo que as áreas de CO e FN localizaram-se na porção inferior (autovetores negativos) do referido eixo.

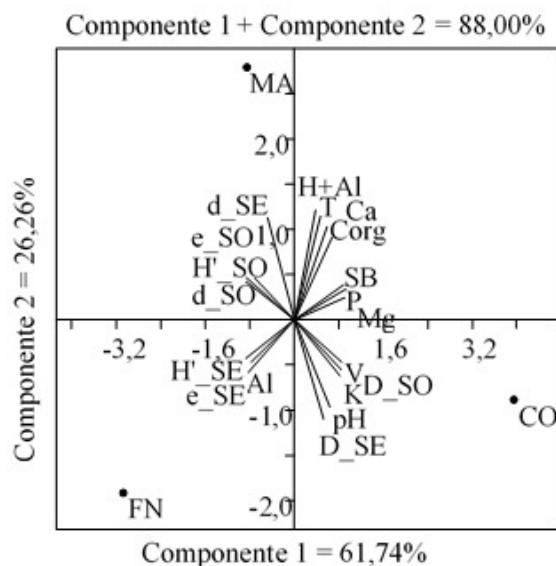


Figura 2. Relação entre os componentes principais 1 e 2 da Análise de Componentes Principais para a densidade (D), riqueza (d), índices de uniformidade (e) e diversidade ( $H'$ ) da comunidade da fauna na serapilheira (SE) e no solo superficial (SO, 0-5 cm), e atributos químicos do solo superficial (0-5 cm: pH; P; K; Ca; Mg; Al; H+Al; SB: soma de bases trocáveis; V: saturação por bases; T: capacidade de troca catiônica a pH 7,0; Corg: carbono orgânico), nas áreas cultivo de coqueiro (CO), cultivo de mandioca (MA) e fragmento de floresta nativa de várzea (FN) em Santa Cruz, Rio de Janeiro, RJ.

A Figura 2 indicou que a área de CO caracterizou-se por apresentar maiores valores de densidade da fauna em ambos os compartimentos serapilheira e solo (0-5 cm), além de maiores valores de pH, K, P, Mg, soma de bases e saturação por bases. Este padrão encontra-se ilustrado para a densidade dos organismos na Tabela 2 e para os atributos químicos do solo, na Tabela 3.

Atributo	Compartimento /Área					
	SE			SO		
	MA	CO	FN	MA	CO	FN
D (indivíduos m <sup>-2</sup> )	3.824	5.856	5.072	1.488	10.960	2.640
d	6	6	6	6	5	6
e	0,69	0,63	0,78	0,67	0,36	0,35
H'	0,92	0,84	1,05	0,90	0,49	0,87

Tabela 2. Valores médios da densidade (D), riqueza (d) e dos índices de uniformidade (e) e diversidade (H') da comunidade da fauna nos compartimentos serapilheira (SE) e solo superficial (SO, 0-5 cm) nas áreas cultivo de coqueiro (CO), cultivo de mandioca (MA) e no fragmento de floresta nativa de várzea (FN) em Santa Cruz, Rio de Janeiro, RJ\*.

\*Valores médios de 10 repetições.

Já a área de MA apresentou maiores valores de riqueza taxonômica nos compartimentos serapilheira e solo (0-5 cm), de uniformidade e diversidade no solo, Corg, H+Al, Ca e T (Figura 2). Em contrapartida, na área de FN verificou-se maiores valores de uniformidade e diversidade na serapilheira (0-5 cm), e de Al. As Tabelas 1 e 2 ilustram estes resultados.

Área	pH (H <sub>2</sub> O)	Corg	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	T	V
		(g kg <sup>-1</sup> )	(mg dm <sup>-3</sup> )				(cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )			(%)	
CO	5,1	105,9	331	52	11,3	7,6	0,8	30,4	27,6	58,0	48
MA	4,7	116,5	148	35	13,4	4,9	1,2	36,3	22,1	58,5	38
FN	4,9	51,5	181	12	6,6	2,4	2,2	21,8	13,9	35,7	39

Tabela 3. Atributos químicos do solo superficial (0-5 cm) nas áreas cultivo de coqueiro (CO), cultivo de mandioca (MA) e fragmento de floresta nativa de várzea (FN) em Santa Cruz, Rio de Janeiro, RJ\*.

\*Valores médios de cinco repetições. Corg: carbono orgânico; SB: soma de bases trocáveis; T: capacidade de troca catiônica a pH 7,0; V: saturação por bases.

Este último atributo químico do solo, Al, assim como a riqueza, uniformidade e diversidade da comunidade da fauna nos dois compartimentos, serapilheira e solo, apresentaram autovetores com sinal negativo, devido à sua disposição em relação ao componente principal 1. Apenas um atributo químico do solo, a capacidade de troca catiônica a pH 7,0, não apresentou associação específica com nenhuma das três áreas estudadas, uma vez que, em relação ao componente principal 1, o referido atributo químico localizou-se entre as áreas de MA e CO, e em sentido oposto à área de FN.

O autovalor do componente principal 1, que se reporta à contribuição relativa para explicar a variação total dos dados analisados (88,00%), foi igual a 61,74%, ao passo que o autovalor do componente principal 2 foi de 26,26%. Considerando a disposição dos atributos ao longo do componente principal 1, que explicou a

maior variabilidade dos dados, verificou-se que a densidade de indivíduos, tanto na serapilheira quanto no solo, apresentou autovetores com sinal negativo, da mesma forma que foi observado para todos os atributos químicos do solo, com exceção de AI (Tabela 1, Figura 2).

Com relação à distribuição vertical dos organismos da fauna do solo, observou-se que grande parte se concentrou na serapilheira / restos culturais nas áreas de MA e FN, enquanto apenas na área de CO a maior parte dos animais foi capturada na camada de solo superficial (0-5 cm) (Figura 3).

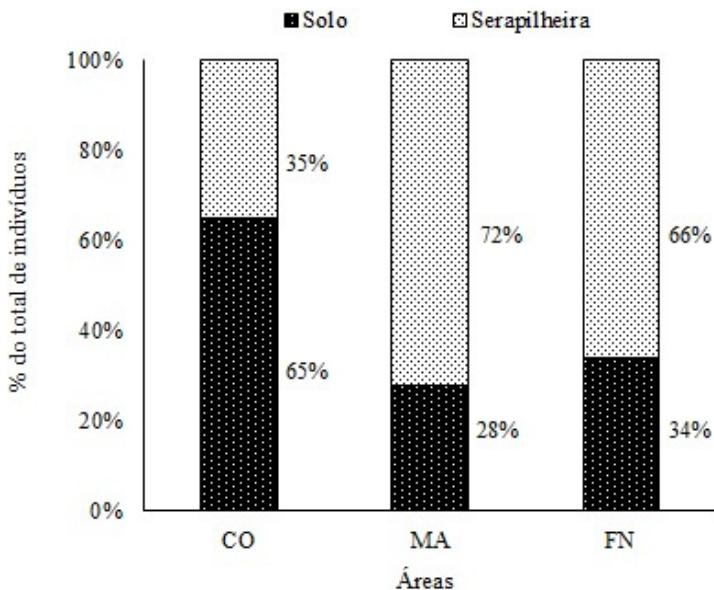


Figura 3. Distribuição vertical (%) dos organismos da comunidade da fauna do solo nas áreas cultivo de coqueiro (CO), cultivo de mandioca (MA) e fragmento de floresta nativa de várzea (FN) em Santa Cruz, Rio de Janeiro, RJ.

A análise de componentes principais foi eficiente ao demonstrar que os diferentes usos do solo influenciaram diferentemente os atributos químicos do solo e proporcionaram ambientes distintos entre si, para a comunidade da fauna do solo. Na comparação entre as áreas, a área sob impacto antrópico intermediário, CO, favoreceu a densidade da comunidade da fauna, tanto na serapilheira quanto no solo. Este resultado foi influenciado pela quantidade expressiva de formigas capturadas na referida área, que variou entre 35% e 40% do total da comunidade, em ambos os compartimentos serapilheira e solo. Esta elevada participação percentual de apenas um grupo taxonômico (Formicidae) se desdobrou em menores valores de riqueza, uniformidade e, consequentemente, de diversidade na área de CO, em relação às áreas de MA e FN.

Em contrapartida, a contribuição de formigas nas áreas de MA e FN (aproximadamente 10% e 18% do total de organismos, respectivamente), na média para os compartimentos de serapilheira e solo superficial, foi menor do que a metade

do verificado na área de CO. Formicidae predominou em praticamente todos os tipos de uso e manejo agrícola do solo, incluindo sistema de integração lavoura-pecuária, pastagem contínua e plantios direto e convencional, em um estudo conduzido no município de Dourados, estado do Mato Grosso do Sul (Portilho et al., 2011). Esse padrão de predomínio de um ou de poucos grupos taxonômicos da fauna do solo é típico de ambientes submetidos a impactos da interferência antrópica (LUZ et al., 2013; MACHADO et al., 2015).

A área de FN, cujo impacto antrópico é comparativamente menor em relação ao observado nas áreas de cultivo agrícola, resultou em maiores valores de uniformidade e diversidade apenas na serapilheira. Tal fato provavelmente foi o reflexo da maior estrutura da comunidade de plantas nesta área, onde predomina o componente arbóreo, bem como da maior espessura da camada de serapilheira. Ambos os fatores concorrem para diminuir a incidência de energia solar e, consequentemente, as condições de temperatura e umidade se tornam mais favoráveis para a reprodução e sobrevivência de diferentes organismos da fauna do solo (CAMARA et al., 2012), embora estes atributos não tenham sido avaliados neste trabalho. Além disto, a presença de serapilheira mais heterogênea se reflete na oferta de recursos alimentares mais variados que, por sua vez, aumentam a capacidade de suporte ecossistêmico para a manutenção de uma comunidade da fauna mais diversa (CAMARA et al., 2017), conforme se acredita ter ocorrido na área de FN.

Na área de FN, os valores de P, que é comumente o nutriente mais limitante para o crescimento das plantas em condições de clima tropical, no solo superficial (0-5 cm) foram considerados médios ( $11\text{-}20 \text{ cmol}_{\text{c}} \text{ dm}^{-3}$ ), enquanto que, nas áreas de CO e MA, foram considerados muito altos ( $> 30 \text{ mg dm}^{-3}$  e altos (entre 21 e 30  $\text{mg dm}^{-3}$ ), respectivamente. A menor fertilidade do solo na área de FN, que não recebe nenhum tipo de manejo, condiz com a literatura, segundo a qual, em ecossistemas de floresta tropical, de uma maneira geral, o estoque de nutrientes no solo é considerado baixo, quando comparado com o estoque observado na biomassa da comunidade arbórea (CUNHA et al., 2009).

Na área de MA, cujo solo passa por interferência antrópica de maneira mais impactante, houve o favorecimento, principalmente, da comunidade da fauna extraída do solo, em função dos maiores valores de riqueza, uniformidade e diversidade neste compartimento. Além disto, na referida área também se verificou a maior riqueza de organismos na serapilheira. Portanto, a disposição de restos culturais nesta área pode ter resultado em condições mais favoráveis sob o ponto de vista microclimático e de presença de material orgânico como fonte nutricional para os organismos do solo, apesar de a área de MA ter sido considerada como aquela em que o manejo do solo é caracterizado pela ocorrência de impactos antrópicos

mais importantes. Este padrão também foi observado em outro trabalho conduzido em Miranda, município do estado de Mato Grosso do Sul, no qual a diversidade da fauna do solo foi maior no cultivo tradicional de mandioca, na comparação com o plantio direto da referida cultura, associado ao uso de plantas de cobertura (adubos verdes), que envolvem na diminuição do revolvimento do solo (BRITO et al., 2016).

Na análise de componentes principais, os valores absolutos, ou seja, sem o sinal positivo ou negativo, dos autovetores foram considerados elevados (acima de 0,70), pelo menos no que se refere a um dos componentes principais. Isto significou que todos os atributos do solo considerados foram importantes para um dos componentes principais e, portanto, os mesmos devem ser considerados como fatores explicativos em estudos da comunidade da fauna do solo. No entanto, os atributos químicos do solo que mais contribuíram (maiores valores em módulo) para a formação do componente principal 1 foram P, seguido de Mg. Já H+Al foi o atributo químico do solo mais importante para a formação do componente principal 2. Quanto aos atributos da comunidade da fauna, os índices de uniformidade e diversidade (na serapilheira) foram aqueles que mais contribuíram para a formação do componente 1, papel este que foi desempenhado pela riqueza e densidade (serapilheira), com relação ao componente 2.

As variações que ocorrem quanto à preferência dos organismos da fauna quanto aos compartimentos analisados geralmente estão associados a condições microclimáticas. O maior percentual de organismos capturados no solo na área de CO, em detrimento da serapilheira, que foi o oposto do que ocorreu nas áreas de MA e FN, provavelmente ocorreu em função da menor espessura da camada de restos orgânicos dispostos sobre a superfície do solo na primeira área. Por este motivo, os organismos foram forçados a migrar para o interior do solo na área de CO, onde a exposição do mesmo à energia solar tende a ser menor na comparação com a serapilheira. A camada de serapilheira diminui a incidência da radiação solar no solo e, como consequência, reduz a amplitude térmica e aumenta o conteúdo de água do solo, condições essas que favorecem a fauna do solo (WOLKOVICH, 2010). Tal efeito seria potencializado durante a estação seca, época em que o presente trabalho foi realizado.

O conjunto de dados obtidos indicou que os maiores valores do índice de diversidade da fauna na serapilheira e no solo foram verificados nas áreas de menor e maior impacto, ou seja, nas áreas de FN e MA, respectivamente. Acredita-se que o ecossistema nesta área apresente uma capacidade de suporte suficiente para abrigar uma comunidade da fauna do solo representada por uma ampla gama de guildas tróficas, que incluem organismos decompositores, predadores e herbívoros, entre outros. Desta maneira, também pode ocorrer a redundância funcional, segundo a qual coexistem diferentes espécies e/ou grupos taxonômicos que ocupam o mesmo

nicho ecológico. Com isto, mesmo que haja impactos negativos, é possível que a exclusão de determinado grupo possa ser “compensada” pela presença de outros com mesmo nicho ecológico. Portanto, a hipótese de que a comunidade da fauna do solo apresenta maior diversidade na área de impacto antrópico intermediário (área de CO) não foi corroborada.

## CONCLUSÃO

A hipótese de que a comunidade da fauna do solo apresenta maior diversidade na área que recebe impacto antrópico intermediário (CO), na comparação com as áreas com menor (FN) e maior impacto antrópico (MA), não foi corroborada.

## REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. **Köppen's climate classification map for Brazil**. Meteorologische Zeitschrift, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- BARETTA, D.; SANTOS, J. P. C.; SEGAT, J. C.; GEREMIA, E. V.; OLIVEIRA FILHO, L. C. L.; ALVES, M. V. Fauna edáfica e qualidade do solo. In: KLAUBERG FILHO, O.; MAFRA, A. L.; GATIBONI, L. C. editores. **Tópicos em Ciências do solo 7**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; 2011.
- BARETTA, D.; BARTZ, M. L. C.; FACHINI, I.; ANSELMI, R.; ZORTÉA, T.; BARETTA, C. R. D. M. **Soil fauna and its relation with environmental variables in soil management systems**. Revista Ciência Agronômica, Fortaleza, v. 45, n. 5, p. 871-879, 2014.
- BRITO, M. F.; TSUJIGUSHI, B. P.; OTSUBO, A. A.; SILVA, R. F.; MERCANTE, F. M. **Diversidade da fauna edáfica e epigeica de invertebrados em consórcio de mandioca com adubos verdes**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 51, n. 3, p. 253-260, 2016.
- CAMARA, R.; CORREIA, M. E. F.; VILLELA, D. M. **Effects of eucalyptus plantations on soil arthropod communities in a Brazilian Atlantic Forest conservation**. Bioscience Journal, Uberlândia, v. 28, n. 3, p. 445-455, 2012.
- CAMARA, R.; GOMES, J. M.; PEREIRA, M. G.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M. **Atlantic forest size effect on structure and composition of soil arthropods community, RJ, Brazil**. Floresta, Curitiba, v. 47, n. 2, p. 145-156, 2017.
- CASTRO, C. M.; FERREIRINHA, M. M. **A problemática ambiental na bacia hidrográfica do Rio Guandu: desafios para a gestão dos recursos hídricos**. Anuário do Instituto de Geociências, Rio de Janeiro, v. 35, n. 2, p. 71-77, 2012.
- CASTRO-HUERTA, R. A.; FALCO, L. B.; SANDLER, R. V.; COVIELLA, C. E. **Differential contribution of soil biota groups to plant litter decomposition as mediated by soil use**. PeerJ, San Francisco, v. 3, e826, 2015.
- CONNEL, J. H. **Diversity in tropical rain forests and coral reefs**. Science, New York, v. 199, n. 24, p. 1302-1310, 1978.
- CULLINEY, T. W. **Role of arthropods in maintaining soil fertility**. Agriculture, Basel, v. 3, n. 4, p. 629-659, 2013.

CUNHA, G. M.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; VELLOSO, A. C. X. **Biomassa e estoque de carbono e nutrientes em florestas montanas da mata atlântica na região norte do estado do Rio de Janeiro.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 33, n. 5, p. 1175-1185, 2009.

DIDHAM, R. K.; BARKER, G. M.; BARTLAM, S.; DEAKIN, E. L.; DENMEAD, L. H.; FISK, L. M.; PETERS, J. M. R.; TYLIANAKIS, J. M.; WRIGHT, H. R.; SCHIPPER, L. A. **Agricultural intensification exacerbates spillover effects on soil biogeochemistry in adjacent forest remnants.** PLoS ONE, San Francisco, v. 10, n. 1, p. 1-32, 2015.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Manual de métodos de análise de solos.** 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos; 2011.

GATIBONI, L. C.; COIMBRA, J. L. M.; DENARDIN, R. B. N.; WILDNER, L. P. **Microbial biomass and soil fauna during the decomposition of cover crops in no-tillage system.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 35, n. 4, p. 1151-1157, 2011.

LUZ, R. A.; FONTES, L. S.; CARDOSO, S. R. S.; LIMA, E. F. B. **Diversity of the arthropod edaphic fauna in preserved and managed with pasture areas in Teresina-Piauí-Brazil.** Brazilian Journal of Biology, São Carlos, v. 73, n. 3, p. 483-489, 2013.

MACHADO, D. L.; PEREIRA, M. G.; CORREIA, M. E. F.; DINIZ, A. R.; MENEZES, C. E. G. **Fauna edáfica na dinâmica sucessional da Mata Atlântica em floresta estacional semidecidual na bacia do Rio Paraíba do Sul – RJ.** Ciência Florestal, Santa Maria, v. 25, n. 1, p. 91-106, 2015.

PORTELHO, I. I. R.; CREPALDI, R. A.; BORGES, C. D.; SILVA, R. F.; SALTON, J. C.; MERCANTE, F. M. **Fauna invertebrada e atributos físicos e químicos do solo em sistemas de integração lavoura pecuária.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 46, n. 10, p. 1310-1320, 2011.

PORTZ, M.; GOUVEA, R. F.; BUSQUET, R. N. B.; BHERI, A.; RESENDE, A. S.; TEIXEIRA, A. J.; ABOUD, A. C. S.; MARTINS, C. A. C.; CARVALHO, C. A. B; LIMA, E.; ZONTA, E.; PEREIRA, J. B. A.; BALIEIRO, F. C.; ALMEIDA, J. C. C.; SOUZA, J. F.; GUERRA, J. G. M.; MACEDO, J. R.; SOUZA, J. N.; FREIRE, L. R.; VASCONCELOS, M. A. S.; LEAL, M. A. A.; FERREIRA, M. B. C.; MANHÃES, M.; GOUVEA, R. F.; BUSQUET, R. N. B.; BHERING, S. B. Recomendações de adubos, corretivos e de manejo de matéria orgânica para as principais culturas do Estado do Rio de Janeiro. In: FREIRE, L. R.; BALIEIRO, F. C.; ZONTA, E.; ANJOS, L. H. C.; PEREIRA, M. G.; LIMA, E.; GUERRA, J. G. M.; FERREIRA, M. B. C.; LEAL, M. A. A.; CAMPOS, D. V. B.; POLIDORO, J. C. **Manual de calagem e adubação do Estado do Rio de Janeiro.** Seropédica: Editora Universidade Rural, 2013, 430 p.

PRADO, R. B.; FIDALGO, E. C. C.; MONTEIRO, J. M. G.; SCHULER, A. E.; VEZZANI, F. M.; GARCIA, J. R.; OLIVEIRA, A. P.; VIANA, J. H. M.; PEDREIRA, B. C. C. G.; MENDES, I. C.; REATTO, A.; PARRON, L. M.; CLEMENTE, E. P.; DONAGEMMA, G. K.; TURETTA, A. P. D.; SIMÕES, M. **Current overview and potential applications of the soil ecosystem services approach in Brazil.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 51, n. 9, p. 1021-1038, 2016.

RODRIGUES, K. M.; CORREIA, M. E. F.; ALVES, L. B.; AQUINO, A. M. **Funis de Berlese-Tüllgren modificados utilizados para amostragem de macroartrópodes de solo.** Seropédica: Embrapa Agribiologia, 2008, 6 p.

SABU, T. K.; SHIJU, R. T.; VINOD, K. V.; NITHYA, S. **A comparison of the pitfall trap, Winkler extractor and Berlese funnel for sampling ground-dwelling arthropods in tropical montane cloud forests.** Journal of Insect Science, Oxford, v. 11, p. 1-19, 2011.

WOLKOVICH, E. M. **Nonnative grass litter enhances grazing arthropod assemblages by increasing native shrub growth.** Ecology, San Francisco, v. 91, n. 3, p. 756-766, 2010.

## EFEITOS DE DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO NO DESENVOLVIMENTO DO CAFÉ CONILON (*Coffea canephora*), EM CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ

Data de aceite: 12/05/2020

Data de submissão: 01/04/2020

### **Claudio Martins de Almeida**

Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF,  
Campos dos Goytacazes – RJ.  
<http://lattes.cnpq.br/2847128775940806>

### **José Carlos Mendonça**

Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF,  
Campos dos Goytacazes – RJ.  
<http://lattes.cnpq.br/0262550173367199>

### **André Dalla Bernardina Garcia**

Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF,  
Campos dos Goytacazes – RJ.  
<http://lattes.cnpq.br/7262240008707700>

### **Guilherme Augusto Rodrigues de Souza**

Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF,  
Campos dos Goytacazes – RJ.  
<http://lattes.cnpq.br/5865341533976863>

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho foi estudar o desenvolvimento vegetativo do café conilon em condições de irrigação por gotejamento superficial e subsuperficial com

diferentes lâminas de irrigação no município de Campos dos Goytacazes - RJ. Foi instalado o experimento, em um campo de cultivo já existente na área pertencente à estação da Universidade Estadual do Norte Fluminense - UENF, localizada nas dependências da Estação Experimental da PESAGRO-RIO, em Campos dos Goytacazes, RJ. Os genótipos utilizados foram os clones da variedade Vitória. O delineamento experimental aplicado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições, no esquema de parcelas subdivididas. A irrigação foi realizada com sistema localizado, por gotejamento e determinadas pela ET<sub>0</sub>, calculados com dados de uma estação agrometeorológica instaladas próximo ao experimento. O espaçamento utilizado foi de 2,5 m entre linhas e 1,5 m entre plantas, totalizando uma área de 22,5 m<sup>2</sup> por subparcela e área útil da subparcela com 15 m<sup>2</sup>. Cada subparcela constituiu-se de seis plantas, sendo as duas das extremidades consideradas bordaduras. Para facilitar o manejo da irrigação foram utilizados emissores com diferentes vazões, podendo irrigar todo o experimento de uma só vez, sendo o controle das lâminas aplicadas realizadas em função das vazões dos emissores. Para melhor expressão do fator desenvolvimento, foram avaliados mensalmente dados agronômicos de

altura das plantas, diâmetro médio da copa, diâmetro do caule e comprimento do primeiro ramo plagiótropico, número de entrenós e comprimentos dos brotos laterais. Pelo Teste de Tukey a 5% de significância, foi possível constatar que as formas de aplicação não apresentaram significância para as características avaliadas, com exceção para altura de plantas e o ramo lateral 1. E pela análise de variância, as diferentes lâminas de irrigação, mostraram significantes para todas as características avaliadas. A lâmina 100% da ETo, de forma geral, apresentou maior incremento para as características analisadas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Gotejamento, lâminas de irrigação, balanço hídrico.

## EFFECTS OF DIFFERENT IRRIGATION VOLUMES ON THE DEVELOPMENT OF COFFEE CONILON (*Coffea canephora*), IN CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ

**ABSTRACT:** The goal of this work was to study the vegetative growth of Conilon coffee able to irrigation by surface and subsurface drip with many different water volume applied. The experiment was installed in an existing field in the area belonging to the PESAGRO-RIO Experimental Station, in Campos dos Goytacazes - RJ. The genotypes used were clones of the Vitória variety. The experimental design was a randomized block with four replications in a split plot. The irrigation was carried out with a localized drip system and determined by ETo, calculated with data from an agrometeorological station installed near the experiment. The spacing used was 2.5 m between lines and 1.5 m between plants, totaling an area of 22.5 m<sup>2</sup> per subplot and useful area of 15 m<sup>2</sup> subplot. Each subplot consisted of six plants, both ends being bordered. To facilitate the management of irrigation, emitters with different flow rates were used, and the whole experiment could be irrigated at once, and the control of the applied water was performed as a function of the flow rates of the emitters. For better expression of the development factor, agronomic data of plant height, average crown diameter, stem diameter and length of the first plagiotropic branch, number of internodes and lengths of lateral shoots were evaluated monthly. By the Tukey Test at 5% significance, it was possible to verify that the application forms did not present significance for the evaluated characteristics, except for plant height and lateral branch 1. And by the analysis of variance, the different irrigation depths showed significant for all the evaluated characteristics. The 100% ETo water volume, in general, presented greater increment for the analyzed characteristics.

**KEYWORDS:** Drip irrigation, irrigation volume, water balance.

## 1 | INTRODUÇÃO

A água é um fator fundamental para a produção agrícola, responsável por grande variabilidade de desenvolvimento das culturas e como recurso finito tem

seu uso relacionado à busca pela sustentabilidade. Seu uso implica em um manejo conservacionista, assegurando a viabilidade econômica, devido ao aumento da escassez hídrica, seja em quantidade ou em qualidade (PEREIRA, 2007). Como maneira eficiente de assegurar altas produtividades, a irrigação tradicional consiste na aplicação da água perdida pela cultura por evapotranspiração, de modo a ajustar a água disponível às plantas com o propósito de esta expressar o potencial produtivo (PAZ et al., 2000). O correto manejo da irrigação deficitária consiste em manter elevadas produtividades, mantendo-se acima do nível de deficiência da evapotranspiração da cultura, sem que causem perdas nas produtividades da cultura, buscando crescer a produtividade da água (GEERTS e RAES, 2009). A disponibilidade de água é o fator que com maior frequência e intensidade afeta o rendimento das culturas.

A distribuição irregular de chuvas, durante o ciclo de desenvolvimento das plantas, pode explicar muito a variabilidade dos seus rendimentos ao longo dos anos (BERGAMASCHI et al., 2007). Portanto, torna-se importante a determinação da resposta da produtividade à irrigação, para a seleção de culturas, análise econômica, e para a adoção de estratégias eficientes na gestão da irrigação. Se o objetivo do agricultor irrigante, for à maximização da produtividade, a gestão da irrigação implica que se efetuem irrigações necessárias para suprir totalmente as necessidades hídricas das culturas. Entretanto, se o objetivo for maximizar a eficiência do uso da água, pode-se adotar irrigação deficitária controlada, ou seja, irrigar deliberadamente abaixo do nível de máxima produção, que corresponda à máxima eficiência econômica (PEREIRA et al., 2002). Segundo Rodrigues et al. (2012), elaborar políticas públicas de incentivo, transmitir tecnologias pelos órgãos de pesquisas junto aos órgãos de extensão, aliadas à vontade dos produtores em mudar o atual cenário Norte Fluminense, são ações fundamentais para a expansão e aumento da produtividade da cafeicultura no estado.

Diante do exposto, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a eficiência do uso da água no desenvolvimento e na qualidade dos frutos do cafeeiro mediante diferentes lâminas de irrigação, em Campos dos Goytacazes, RJ.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

No presente trabalho foram avaliados diferentes manejos de irrigação em cafeeiros da espécie conilon (*Coffea canephora*). Os genótipos utilizados foram clones da variedade Vitória: o clone 02 com ciclo precoce, e os clones polinizadores foram: clone 03, clone P2, clone 6V e clone 8V. As mudas foram produzidas em viveiro especializado em produção da espécie *Coffea canephora*, no estado do Espírito Santo.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, com quatro repetições, no esquema de parcelas subdivididas, composto pelos fatores: Fator I (parcelas): sistema de irrigação (superficial e subsuperficial). Fator II (subparcelas): Lâminas de água (0, 25, 50, 100 e 125% da ETo), estas se constituíram nos tratamentos. O espaçamento utilizado foi de 2,5 m entre linhas e 1,5 m entre plantas na linha, totalizando uma área de 22,5 m<sup>2</sup> por subparcela e área útil da subparcela com 15 m<sup>2</sup>. Cada subparcela constituiu-se de seis plantas, sendo as duas das extremidades consideradas bordaduras.

No sistema de irrigação superficial as mangueiras foram instaladas na superfície do solo com dois emissores a uma distância de 30 cm da haste da planta. No sistema subsuperficial as mangueiras de irrigação ultrapassaram o terço inferior das garrafas PET de 2 litros, onde foram instalados os emissores no interior das mesmas. Cada planta recebeu dois emissores a uma distância de 30 cm da haste e no interior das garrafas a uma profundidade de aproximadamente 23 cm. Após todos os procedimentos realizados, as mangueiras foram cobertas, deixando exposta apenas as tampas das garrafas para observações posteriores. As lâminas de irrigação foram determinadas em função da evapotranspiração de referência (ETo), que foi calculada a partir do método de Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998), com dados observados de uma estação automática localizada próximo à área do plantio.

A água foi aplicada com gotejadores de diferentes vazões para facilitar o manejo durante a irrigação, podendo irrigar todo o experimento de uma só vez, sendo o controle das lâminas aplicadas realizadas em função das vazões dos emissores. Para reposição da lâmina com 25% da ETo foram utilizados um emissor com vazão de 2,5 L h<sup>-1</sup>; já para lâmina com 50% da ETo foram utilizados dois emissores com vazão 2,5 L h<sup>-1</sup>; para lâmina com 100% da ETo foram utilizados dois emissores com vazão de 4 L h<sup>-1</sup> e para uma lâmina de 125% da ETo foram utilizados dois emissores com vazão de 2,5 e 8 L h<sup>-1</sup> respectivamente. O desenvolvimento vegetativo do cafeeiro foi avaliado mensalmente, sendo tomados dados agronômicos de altura das plantas, diâmetro médio da copa, diâmetro do caule e comprimento do primeiro ramo plagiotrópico e número de entre-nós.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao longo deste experimento foram realizadas avaliações regularmente uma vez ao mês, a fim de observar a influência das formas de aplicação bem como das lâminas de irrigação nas características avaliadas. Foram aplicadas as análises de variância e de regressão respectivamente para as variáveis formas de aplicação e lâminas de irrigação.

As análises estatísticas mostraram que houve efeito significativo das formas de aplicação e das lâminas de irrigação sobre a variável altura de plantas, ao nível de 5% de probabilidade, pelo Teste de Tukey para as formas de aplicação e pela análise de regressão para as lâminas de aplicação.

A análise de regressão (Figura 1) indica que as equações quadráticas descrevem melhor o crescimento das plantas nos três anos de avaliações. É possível perceber que à medida que aumenta a lâmina de irrigação, as plantas crescem até atingirem um valor máximo, a partir do qual o acréscimo de mais água torna-se prejudicial às plantas.

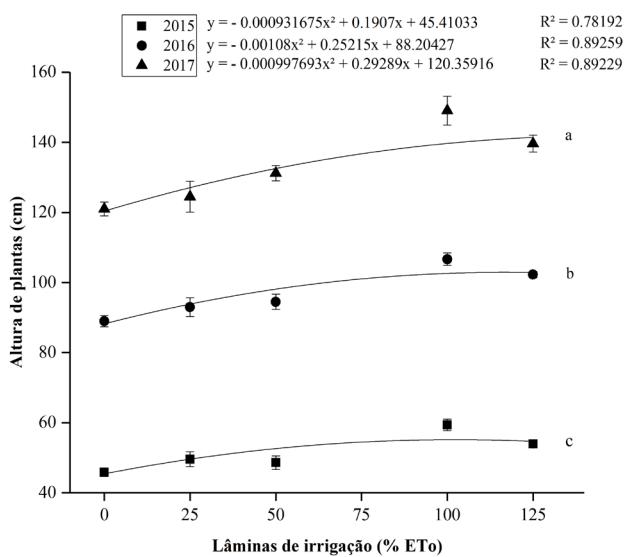


Figura 1. Representação gráfica e equações de regressão da altura de plantas (cm) em função dos anos e das lâminas de irrigação.

A maior diferença de altura de plantas, observada no campo, entre os três anos, foi registrada no primeiro ano de avaliações (2015). Enquanto as plantas não irrigadas (0% da ETo) apresentaram em média 45,88, 88,97 e 120,98 cm de altura respectivamente para os anos 2015, 2016 e 2017, no tratamento de 100% da ETo atingiram 59,40, 106,65 e 149,03 cm, respectivamente, para os anos avaliados, ou seja, um incremento de aproximadamente 29,47% em 2015, 19,87% em 2016 e 23,18% em 2017.

Em todas as fontes de variação consideradas, o diâmetro médio de copa se diferiu, pela análise de regressão, em função dos anos, das lâminas de aplicação e na interação dupla ano x lâminas de irrigação aplicadas. Não houve resultados significativos, entre os blocos, para as formas de aplicação, nas interações dupla formas de aplicação x lâminas de irrigação e tripla ano x formas de aplicação x lâminas de irrigação. O modelo de regressão do tipo polinômio (polinomial) foi significativo para as lâminas de irrigação, enquanto o Teste T, para a variável

qualitativa “formas de aplicação”, foi insignificante (Figura 2).

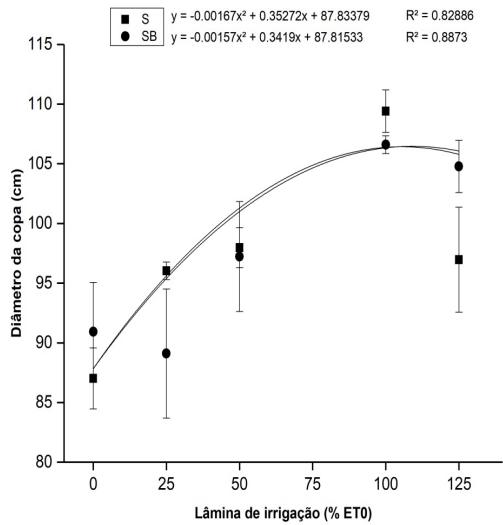


Figura 2. Representação gráfica e equações de regressão do diâmetro médio de copa (cm) do cafeiro, em função das formas de aplicação e das lâminas de irrigação.

O modelo de regressão quadrática foi significativo também em todos os anos, apresentando nos três anos, valores de  $R^2$  altos (Figura 3).

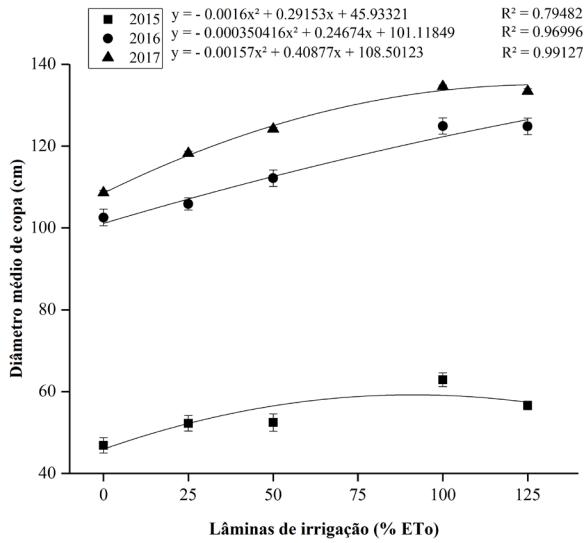


Figura 3. Representação gráfica e equações de regressão do diâmetro médio de copa (cm) do cafeiro, nos três anos, em função das lâminas de irrigação.

Nos três anos, 2015, 2016 e 2017, os melhores níveis de irrigação foram de 50 e 100% da ET<sub>0</sub>, obtendo para a lâmina de 50% da ET<sub>0</sub> um diâmetro médio de copa de 52,45, 112,16 e 124,22 cm, respectivamente para cada ano, e para a última lâmina, foram obtidos diâmetros médios de copa de 62,91, 124,92 e 134,60 cm, respectivamente para os anos 2015, 2016 e 2017.

Considerando o maior e o menor diâmetro médio de copa (134,60 e 46,85), nota-se que a lâmina ótima (100% da ETo) aumentou o diâmetro médio de copa em aproximadamente 187,30%, em relação às plantas que receberam água somente das chuvas.

Os resultados discutidos das análises estatísticas (Figura 4) mostram que não houve efeito significativo das formas de aplicação sobre a variável “diâmetro de caule”, ao nível de 5% de probabilidade, pelo Teste de Tukey, enquanto a fonte de variação lâminas de irrigação mostrou-se significante pela análise de regressão. De forma similar ao diâmetro médio da copa (Figura 3), as equações de segundo grau foram as que melhor descrevem o comportamento do diâmetro de caule do cafeiro, em função dos anos e das lâminas de irrigação.

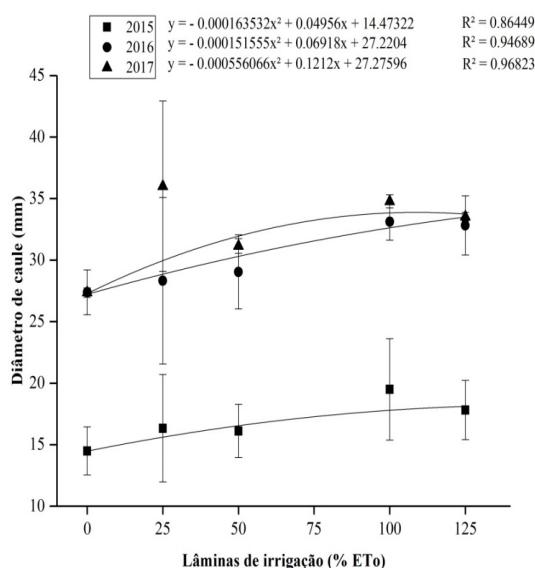


Figura 4. Representação gráfica e equações de regressão do diâmetro de caule (mm) do cafeiro, em função dos anos e das lâminas de irrigação.

As curvas de regressão da Figura 4 mostram que para as lâminas de irrigação, os maiores incrementos no diâmetro de caule, ocorreram na aplicação de 25 e 50% da ETo nos anos 2015 e 2017, e de 50 e 100% da ETo em 2016, apresentando valores médios entre todas as leituras de 14,49 e 36,01 mm respectivamente.

As curvas de regressão da Figura 5 mostram que a maior diferença, resultante das medições com o paquímetro, ocorreu de 2015 para 2016.

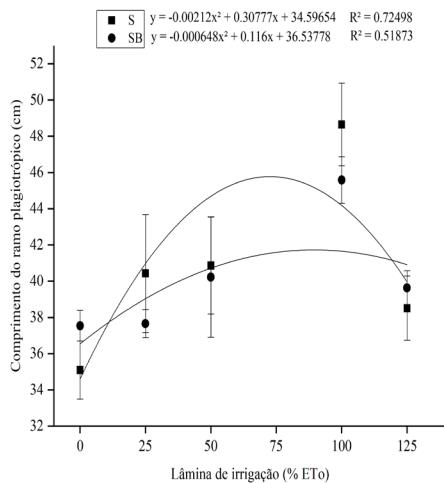


Figura 5. Representação gráfica e equações de regressão do comprimento do primeiro ramo plagiotrópico (cm) do cafeeiro, em função das formas de aplicação e das lâminas de irrigação.

O Teste de Tukey (Tabela 1) para a fonte de variação ano, vem confirmar que não houve diferença significativa entre os anos 2016 e 2017, ou seja, a resposta das plantas às lâminas de irrigação sobre a variável diâmetro de caule foi próxima, tendo suas médias distantes da média do ano de 2015.

Ano	Médias	Resultados do teste
2015	16. 848250	a
2016	30. 135500	b
2017	32. 563750	c

Tabela 1. Teste de Tukey para a fonte de variação ano.

A variável “comprimento do primeiro ramo plagiotrópico” foi medida no primeiro ramo plagiotrópico emitido pela planta, sendo ele, marcado com um fitilho. Para a média de todas as medições mensais, o modelo de regressão quadrático foi significativo, se ajustando bem às medias dos tratamentos. Obteve-se neste experimento, comprimentos médios de ramos plagiotrópico de 40,86 e 48,65 cm, respectivamente para as lâminas superficiais de 50 e 100% da ET0, e valores de médios de 40,23 e 45,58 cm, mediante o suprimento de 50 e 100% da ET0 subsuperficial, respectivamente (Figura 5).

Estatisticamente, pela análise de regressão, houve efeito significativo das lâminas de irrigação sobre a contagem do número de entrenós, enquanto para as formas de aplicação, ao nível de 5% de probabilidade, pelo Teste t, não houve significância para esta fonte de variação. Esta variável somente foi avaliada até a primeira colheita, logo após foi realizada o esqueletamento, prática cultural aplicada após a colheita, a qual tem como finalidade de eliminar os ramos não

produtivos para a safra do ano seguinte. Nota-se, na Figura 6, que o maior número de entrenós, encontra-se fazendo a reposição de 100% da ETo para ambas as formas de aplicação.

As plantas do presente experimento foram conduzidas com três hastes, sendo uma principal (ramos ortotrópicos) e dois ramos laterais, que foram denominados ramo lateral 1 e ramo lateral 2. A análise estatística, ao nível de 5% de probabilidade, pelo Teste de Tukey para as formas de aplicação e pela análise de regressão para as lâminas de aplicação, mostraram que houve efeito significativo das formas de aplicação e das lâminas de irrigação sobre a variável comprimento dos ramos laterais 1, enquanto para a variável ramo lateral 2, houve significância apenas para as lâminas de irrigação.

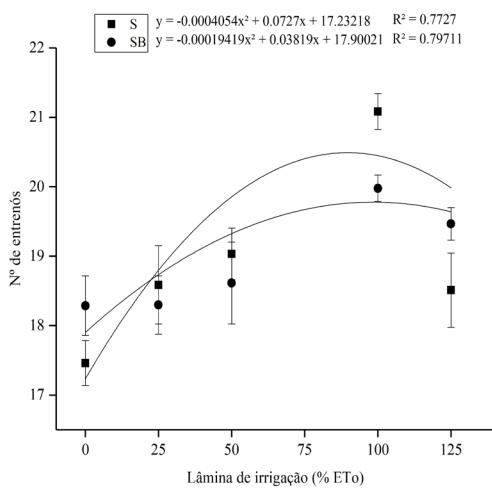


Figura 6. Representação gráfica e equações de regressão do número de entrenós do cafeeiro, em função das formas de aplicação e das lâminas de irrigação.

A análise de regressão (Figura 7) indica que as equações quadráticas descrevem melhor o crescimento dos ramos laterais 1 e 2 submetidos às formas de aplicação subsuperficial (SB 1 e SB 2 respectivamente), e do ramo lateral 1 da submeto a forma de aplicação superficial (S 1). E a equação linear é a que melhor se ajusta para descrever as influências da forma de aplicação superficial e das diferentes lâminas de irrigação para o ramo lateral 2 (S 2).

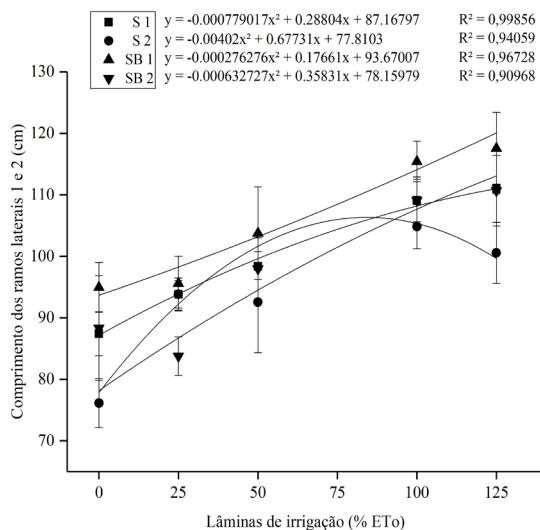


Figura 7. Representação gráfica e equações de regressão do comprimento dos ramos laterais 1 e 2 (cm) em função das formas de aplicação e das lâminas de irrigação.

## 4 | CONCLUSÕES

Nas condições em que o experimento foi conduzido, conclui-se que as lâminas de irrigação influenciaram o desenvolvimento vegetativo.

Em média, os maiores valores de altura de plantas, diâmetro médio de copa, diâmetro de caule, comprimento do primeiro ramo plagiotrópico, número de entrenós e comprimento dos ramos laterais 1 e 2 foram obtidos com lâminas de irrigação variando de 50 a 100% da ET0.

## REFERÊNCIAS

- BERGAMASCHI, H.; WHEELER, T. R.; CHALLINOR, J. A.; COMIRAN, F.; HECKLER, B. M. M. **Maize yield and rainfall on different spatial and temporal scales in Southern Brazil.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.42, n.5, p.603-613, 2007.
- GEERTS, S.; RAES, D.; **Deficit irrigation as an on-farm strategy to maximize crop water productivity in dry areas.** Agricultural Water Management, Amsterdam, v.96 n.9, p.1275–1284, Sep. 2009.
- PAZ, V. P. S.; TEODORO, R. E. F.; MENDONÇA, F. C. **Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.4, n.3, p.465-473, 2000.
- PEREIRA, L. S.; OWEIS, T.; ZAIRI, A. **Irrigation management under water scarcity.** Agricultural Water Management, v.57: p.175-206, 2002.
- PEREIRA, L. S. **Uso sustentável da água e convivência com a escassez: revisitando conceitos e indicadores.** Ingenieria dela água, v.14, n.3, p. 237-252, 2007.
- RODRIGUES, W. P., VIEIRA, H. D., BARBOSA, D. H. S. G., VITTORAZZI, C. **Growth and yield of *Coffea arabica* L. in Northwest Fluminense.** Revista Ceres, V.59, n.6, p.809 – 815, 2012.

# CAPÍTULO 5

## TEOR NUTRICIONAL NA FOLHA E NO FRUTO DE PIMENTÃO FERTIRRIGADO, EM FUNÇÃO DE TENSÕES DE ÁGUA NO SOLO E DOSES DE NITROGÊNIO

Data de aceite: 12/05/2020

### **Helane Cristina Aguiar Santos**

Universidade Federal Rural da Amazônia,  
Belém - PA.

### **Joaquim Alves de Lima Júnior**

Universidade Federal Rural da Amazônia,  
Belém - PA.

### **Fábio de Lima Gurgel**

Embrapa Amazônia Oriental,  
Belém - PA.

### **William Lee Carrera de Aviz**

Universidade Federal Rural da Amazônia,  
Belém - PA.

### **Valdeides Marques Lima**

Universidade Federal Rural da Amazônia,  
Belém - PA.

### **Deiviane de Souza Barral**

Universidade Federal Rural da Amazônia,  
Belém - PA.

### **Douglas Pimentel da Silva**

Universidade Federal Rural da Amazônia ,  
Capanema, Pará

### **Rosane Costa Soares**

Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA,  
Capanema - PA.

### **Jaciara Firmino da Silva**

Universidade Federal Rural da Amazônia,  
Capanema - PA.

### **Joyciline Teixeira do Nascimento**

Agência de Defesa Agropecuária do Estado do  
Pará – ADEPARA,  
Rondon do Pará - PA.

**RESUMO:** Em vista da carência de informações técnicas sobre o cultivo de pimentão fertirrigado na região norte, o presente trabalho teve como objetivo avaliar as concentrações de macronutrientes e micronutrientes em folhas e frutos de plantas de pimentão submetidas a tensões de água no solo e doses de nitrogênio via fertirrigação. O experimento foi conduzido em casa de vegetação na fazenda experimental de Igarapé Açu, UFRA. O híbrido utilizado foi o DAHRA RX no espaçamento 1,0 m por 0,50 m, utilizando o delineamento experimental de blocos casualizados em esquema fatorial 5x4, com três repetições. Os tratamentos foram constituídos por cinco tensões de água no solo (15, 25, 35, 45 e 65 kPa) como indicativo do momento de irrigar e por quatro doses de nitrogênio (0, 135, 265 e 395 kg ha<sup>-1</sup>). O teor de macro e micronutrientes nas folhas e nos frutos foi analisado aos 72, 92 e 112 DAT. Foi coletada a folha fisiologicamente madura entre o florescimento e a metade do ciclo. Para análise, foi coletada folhas das cinco plantas da

área útil de cada tratamento. O material foliar foi seco em estufa a 65°C e enviadas ao laboratório. As concentrações médias de N, P, K, Na, Ca e Mg, foram, nesta ordem, nas folhas e nos frutos, N>Ca>K>Mg>P>Na e N>K>P>Ca>Mg>Na, respectivamente. Já as concentrações médias de Fe, Zn, Cu e Mn, foram, nesta ordem, nas folhas e nos frutos, Fe>Zn>Mn>Cu e Fe>Zn>Cu>Mn, respectivamente. Perante a escassez de informações sobre tensões de água no solo e doses de nitrogênio na cultura do pimentão para a região norte do Brasil, obtêm-se níveis adequados dos macronutrientes (N e Ca) e micronutrientes (Fe e Mn) nas plantas de pimentão. Dessa forma, evitam-se condições de deficiência nutricional, o que pode contribuir para um bom rendimento da cultura.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Capsicum annuum* var. *annuum*, concentração, macronutrientes, micronutrientes.

## NUTRITIONAL LEVEL IN LEAF AND FERTIRRIGATED BELL PEPPER FRUIT, AS A RESULT OF WATER TENSIONS IN THE SOIL AND NITROGEN DOSES

**ABSTRACT:** In view of the lack of technical information on the cultivation of fertigated bell pepper in the northern region, this work evaluated concentrations of macronutrients and micronutrients in leaves and fruits of bell pepper plants subjected to water tensions in the soil and nitrogen doses via fertigation. The experiment was conducted in a greenhouse at School farm of Igarapé-Açu, UFRA. The hybrid used was the DAHRA RX in the spacing 1.0 m by 0.50 m s, using the experimental design of randomized blocks in a 5x4 factorial scheme, with three replications. The treatments consisted of five soil water tensions (15, 25, 35, 45 and 65 kPa) as indicative of the time to irrigate and four nitrogen doses (0, 135, 265 and 395 kg ha<sup>-1</sup>). The content of macro and micronutrients in leaves and fruits was analyzed at 72, 92 and 112 DAT. The physiologically mature leaf was collected between flowering and half the cycle. For analysis, leaves were collected from the five plants in the useful area of each treatment. The leaf material was dried in an oven at 65 ° C and sent to the laboratory. The average concentrations of N, P, K, Na, Ca and Mg, were, in this order, in leaves and fruits, N> Ca> K> Mg> P> Na and N> K> P> Ca> Mg> Na , respectively. The mean concentrations of Fe, Zn, Cu and Mn, were, in this order, in the leaves and fruits, Fe> Zn> Mn> Cu and Fe> Zn> Cu> Mn, respectively. In view of the scarcity of information on soil water tensions and nitrogen doses in the pepper culture for the northern region of Brazil, adequate levels of macronutrients (N and Ca) and micronutrients (Fe and Mn) are obtained in the plants of bell pepper. In this way, nutritional deficiency conditions are avoided, which can contribute to a good crop yield.

**KEYWORDS:** *Capsicum annuum* var. *annuum*, concentration, macronutrients, micronutrients.

## 1 | INTRODUÇÃO

O pimentão (*Capsicum annuum* L.) é uma solanácea cultivada em todo o país, com destaque para a região sudeste (CANTUÁRIO et al., 2014). Esta cultura no Brasil apresenta área plantada de 13 mil hectares e produção próxima a 290 mil toneladas de frutos (MAROUELLI e SILVA, 2012). O Brasil está incluído entre os maiores produtores mundiais, o que eleva a hortaliça ao ranking nacional de maior importância econômica do mercado (ECHER et al., 2002). É uma solanácea perene, tipicamente de origem americana, no entanto é cultivada como planta anual.

Marcussi (2005) afirma que a eficiência de absorção de nutrientes pela planta está relacionada como uma das mais importantes vantagens da fertirrigação, técnica esta que oferece à planta o nutriente prontamente disponível na solução do solo para ser absorvido. Desta forma, há uma necessidade crescente de obter parâmetros de avaliação do estado nutricional da planta a fim de corrigir possíveis deficiências ou toxidez.

De acordo com Filgueira (2003) a demanda nutricional de absorção dos macronutrientes pelo pimentão, segue a ordem decrescente K, Ca, N, Mg, S e P. Segundo Hochmuth (2003), no caso dos micronutrientes onde a exigência é pequena (B, Mn, Cu e Zn), a aplicação em demasia pode ocasionar efeitos tóxicos as plantas. Portanto, existe necessidade de avaliação do estado nutricional da planta, com o intuito de ajustar prováveis deficiências ou toxidez, resultando assim na otimização dos insumos utilizados.

A quantidade dos nutrientes minerais nas partes das plantas tem uma importância fundamental na identificação das necessidades das culturas, o que contribui de certa forma para a estimativa da adubação com base na exportação dos nutrientes minerais (MALAVOLTA, 2006). Dentre os mais importantes fatores de produção de pimentão, destaca-se o adequado manejo nutricional, com maior ênfase na quantidade e forma de aplicação dos nutrientes.

Trabalhos desenvolvidos com a cultura revelam que o potássio e o nitrogênio são os nutrientes mais exportados pelas plantas (FONTES et al., 2005; ALBUQUERQUE et al., 2012; CHARLO et al., 2012), sendo também os elementos que mais afetam o rendimento da cultura.

O nitrogênio está presente em diversos compostos orgânicos como aminoácidos e ácidos nucleicos (DNA e RNA), que segundo Epstein e Bloom (2006) este macronutriente participa de distintos processos fisiológicos que são indispensáveis para o ciclo vital das plantas, tais como: absorção iônica, fotossíntese, respiração, multiplicação e diferenciação celular, além da herança genética. Ao ser absorvido pelas raízes este nutriente é transportado via corrente transpiratória para a parte aérea dos vegetais através dos vasos condutores do xilema.

A fertirrigação vem sendo praticada por muitos produtores nas diferentes regiões do país, por permitir um aumento na eficiência de absorção de nutrientes pela planta. A fertirrigação torna os nutrientes prontamente disponíveis na solução do solo e fácil de serem absorvidos, uma vez que permite seu parcelamento de acordo com a marcha de absorção da cultura (MARCUSSI, 2005; OLIVEIRA e VILLAS BÔAS, 2008).

Neste sentido, o presente trabalho teve como objetivo avaliar as concentrações de macronutrientes e micronutrientes em folhas e frutos de plantas de pimentão submetidas a tensões de água no solo e doses de nitrogênio via fertirrigação.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em ambiente protegido (16 m de largura e 30 m de comprimento), coberta por filme de plástico de 150 micras e tela de sombreamento de 50 %, localizada na Fazenda Escola de Igarapé-Açu, da Universidade Federal Rural da Amazônia (FEIGA/UFRA), com as coordenadas geográficas de 1° 07' 48,47" S e 47° 36' 45,31" W, elevação 54 m, no município de Igarapé-Açu, nordeste paraense. O solo da região é classificado como Argissolo Amarelo distrófico de textura arenosa média (SOUZA et al., 2011).

O delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema fatorial 5 x 4, com três repetições. Os tratamentos foram constituídos por cinco tensões de água no solo (15, 25, 35, 45 e 65 kPa) como indicativo do momento de irrigar – tensão crítica, e quatro doses de nitrogênio (0; 135, 265 e 395 kg ha<sup>-1</sup>) baseado na curva de absorção de nutrientes para o pimentão fertirrigado (RINCÓN et al., 1995) (Tabela 1), correspondendo a 0, 45, 90 e 135 % de nitrogênio indicado pelos autores. Para os demais nutrientes que não foram pesquisados, em cada tratamento, foram aplicados 100% da recomendação.

Período dias	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	
	Kg ha <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup>						Kg ha <sup>-1</sup> período <sup>-1</sup>				
0-35	0,05	0,009	0,10	0,06	0,025	2	0	3	2	1	
35-55	0,35	0,07	0,80	0,35	0,17	7	1	16	7	3	
55-70	1,20	0,23	2,25	0,98	0,45	18	3	34	15	7	
70-85	1,30	0,23	2,60	0,98	0,41	20	3	39	15	6	
85-100	2,60	0,78	4,82	2,80	1,41	39	12	72	42	21	
100-120	2,75	0,57	5,50	1,12	1,16	55	11	110	22	23	
120-140	3,75	1,08	4,82	1,40	1,00	75	22	96	28	20	
140-165	3,15	0,78	4,80	1,68	1,19	79	19	120	42	30	
Total/100t						294	73	491	173	111	
Total/t						2,9	0,7	4,9	1,7	1,1	

Tabela 1. Curva de absorção de nutrientes utilizada como referência. Fonte: Rincón et al. (1995)

O híbrido DAHRA RX foi desenvolvido pela Sakata®, apresentando frutos lisos, de coloração verde brilhante e parede grossa, com peso médio dos frutos de 290 g. Plantas de alto vigor apresentando alto nível de resistência a *PVY* (Vírus "Y" da batata), estirpes (P0, P1 e P1,2), *ToMV* (mosaico do tomateiro), estirpe Tm1 e *Xanthomonas campestris* pv.

As mudas foram preparadas em bandejas de polietileno, com 200 células preenchidas com composto orgânico. Aos 30 dias após a semeadura (DAS), com média de 15 cm de altura, variando de cinco a seis folhas, foram transplantadas 420 plantas, em leiras simples. Após o transplantio, as mudas foram irrigadas durante 30 dias, antes da diferenciação dos tratamentos, para ocorrer o melhor 'pegamento', totalizando assim uma lâmina de 199,08 mm (6,64 mm dia-1). Decorridos esses 30 dias após o transplantio (DAT), deu-se inicio a diferenciação dos tratamentos.

O manejo da irrigação foi baseado na curva característica de água no solo obtida no perfil de 0 a 30 cm de profundidade. Os resultados de retenção de água no solo foram obtidos por meio de câmara de pressão de Richards (RICHARDS, 1941). Os mesmos foram ajustados segundo o modelo proposto por Van Genuchten (1980), com o auxílio do software solver no Excel, obtiveram-se os parâmetros da equação de ajuste da curva característica de retenção de água no solo (Figura 1). As irrigações foram efetuadas quando a média dos tensiômetros alcançava a tensão crítica, e sempre buscando elevar o solo a umidade na capacidade de campo, correspondendo a tensão de 10 kPa (0,339 cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup>).

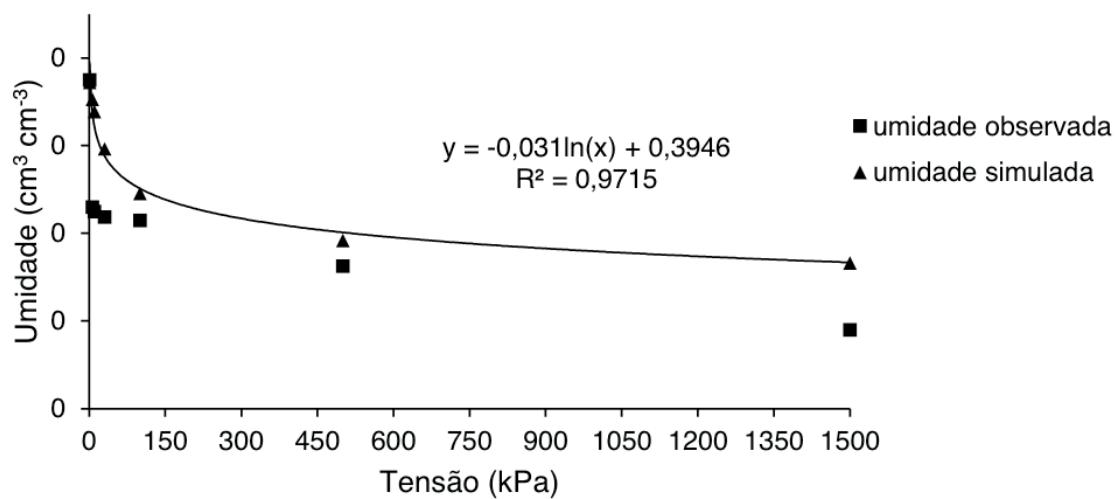


Figura 1. Curva de retenção de água no solo.

Para determinação da tensão crítica, foi instalado um conjunto de dois tensiômetros de punção, instalados a 20 cm, indicando o momento de irrigar, e um a 30 cm de profundidade para verificar se estava ocorrendo perda de água. Os tensiômetros ficaram posicionados no alinhamento da cultura, a 15 cm dos

gotejadores. As leituras nos tensiômetros foram realizadas uma vez ao dia, por volta das 09:00 h, utilizando-se um tensímetro digital de punção.

O sistema de irrigação localizada adotado foi o gotejamento, com vazão de 2,32 L h<sup>-1</sup>, e emissores espaçados 15 cm entre si. A irrigação foi realizada por meio de mangueiras gotejadoras auto-compensantes de polietileno aditivado, diâmetro nominal de 16 mm, com pressão de serviço de 7,5 mca no final da mangueira, e com emissores do tipo in – line. As mangueiras gotejadoras foram posicionadas dentro da parcela, cada mangueira atendeu uma linha de plantas (3,5 gotejadores/planta). Estas foram conectadas nas linhas de derivação de polietileno (DN 16) e estas aos tubos de PVC (DN 50; PN 40), que estavam conectados à linha principal, por meio de válvulas manuais. Foi utilizada para o sistema de irrigação uma caixa d'água de 3000 L, uma bomba elétrica de 1,5 cv (vazão de 10 m<sup>3</sup>/h), acionada pelo controlador e um filtro de disco.

Após a instalação do sistema de irrigação, foi realizada avaliação hidráulica para a determinação do desempenho do mesmo, através do Coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD). A análise de uniformidade foi realizada em 30 parcelas, colocados recipientes coletores de 180 ml em baixo de quatro emissores, fazendo a coleta de água por um período de 1 min, sendo duas repetições. De posse das médias das lâminas coletadas foi calculado o CUD. O sistema apresentou classificação excelente (96%) segundo classificação de Mantovani (2001) (Equação 1).

$$CUD = \frac{q_{25}}{q_m} \cdot 100 \quad (\text{Equação 1})$$

Em que:

CUD – Coeficiente de uniformidade de distribuição (%)

$q_{25}$  – média de 25 % das vazões com menores valores

$q_m$  – média de todas as vazões em L h<sup>-1</sup>.

As lâminas de água aplicadas na diferenciação dos tratamentos e o tempo de funcionamento do sistema de irrigação foram calculados segundo Cabello (1996), considerando-se a profundidade efetiva do sistema radicular, igual a 20 cm, pois é nessa profundidade que se concentra cerca de 80 % das raízes da cultura (MARQUELLI, 2008) e a eficiência de aplicação de água do sistema de irrigação por gotejamento, igual a 95%, proposta por Silva et al. (2002).

Na injeção dos fertilizantes foi adotado o sistema de bomba injetora, a solução fertilizante contida no reservatório aberto, era introduzida ao sistema de irrigação, com pressão 10% superior que à da água de irrigação, em concentração constante,

por meio da bomba elétrica de 1 cv (9,8 m<sup>3</sup>/h), acionada pelo controlador. Foi inserido, após o filtro de disco, um manômetro para melhor controlar a pressão de serviço do sistema.

Também, antes da injeção, era checada a condutividade elétrica da solução nutritiva (dS m<sup>-1</sup>) concentrada. Logo, a demanda de cada tratamento era pesada, identificada, diluída em água (atentando à solubilidade e compatibilidade).

O teor de macro e micronutrientes nas folhas e nos frutos foi analisado aos 72, 92 e 112 DAT. Foi coletada a folha fisiologicamente madura entre o florescimento e a metade do ciclo (MALAVOLTA et al., 1997; TRANI, 2014).

Para análise, foi coletada folhas das cinco plantas da área útil de cada tratamento. O material foliar foi seco em estufa a 65°C e enviadas ao laboratório. As determinações dos teores nutricionais foram feitas de acordo com a Embrapa (2009). Para a análise nos frutos, seguiu-se a mesma metodologia que das folhas, porém apenas para as duas primeiras colheitas.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Tabelas 2, 3 e 4 apresentam as análises do teor de macronutrientes na folha e nos frutos de pimentão realizadas aos 72 e 92 DAT, respectivamente. Aos 112 DAT o teor de macronutrientes foi realizado somente nas folhas. Observa-se que há uma tendência de maior acúmulo de nutrientes nas folhas e nos frutos com o aumento das doses de nitrogênio.

Tratamentos	Análise foliar					
	Macronutrientes					
	N	P	K	Na	Ca	Mg
----- g kg <sup>-1</sup> -----						
T15N0	43,9	1,46	15,99	0,37	21,07	8,96
T25N0	47,0	0,93	12,52	0,82	22,70	10,15
T35N0	51,0	0,99	9,75	1,00	20,39	7,38
T45N0	52,0	1,03	18,76	1,20	19,02	7,78
T65N0	47,0	1,08	15,11	0,83	20,77	8,47
T15N135	48,3	1,30	14,45	1,28	21,84	8,67
T25N135	45,2	1,24	7,76	0,99	23,68	10,96
T35N135	49,5	1,25	17,26	0,99	23,53	9,86
T45N135	49,4	1,01	16,26	0,79	18,63	7,36
T65N135	49,0	0,55	7,35	0,87	20,52	7,30
T15N265	49,5	1,06	11,37	1,20	16,74	6,26
T25N265	44,0	1,23	20,26	0,72	23,69	12,01
T35N265	48,8	1,16	15,66	1,32	21,71	9,56
T45N265	52,6	1,21	13,01	0,66	21,06	10,34
T65N265	55,9	0,77	15,85	0,96	17,19	7,53

T15N395	45,8	0,93	12,58	0,84	23,09	8,35
T25N395	48,4	1,15	13,92	0,42	23,32	11,32
T35N395	47,1	1,10	17,69	1,39	23,27	11,18
T45N395	45,8	1,05	18,58	0,94	21,90	8,26
T65N395	49,5	1,10	16,61	0,77	21,97	8,13
T15N0	21,4	2,01	16,46	0,24	1,53	1,82
T25N0	19,0	1,83	13,55	0,23	0,90	1,32
T35N0	17,0	1,96	10,80	0,26	1,42	1,11
T45N0	25,0	1,72	15,19	0,26	1,30	1,53
T65N0	22,0	1,55	19,50	0,34	1,27	1,49
T15N135	17,7	1,66	16,22	0,30	1,34	1,52
T25N135	18,2	1,73	12,79	0,29	1,19	1,37
T35N135	20,3	1,37	14,55	0,28	1,82	1,31
T45N135	23,1	1,99	19,42	0,27	1,00	1,45
T65N135	21,0	1,37	19,58	0,43	0,73	1,22
T15N265	20,4	2,46	15,27	0,23	0,89	1,43
T25N265	19,7	1,62	18,86	0,26	1,02	1,47
T35N265	17,7	1,60	12,58	0,28	1,77	1,28
T45N265	23,0	1,56	14,78	0,32	1,16	1,50
T65N265	22,2	1,68	12,34	0,28	1,09	1,33
T15N395	20,3	1,43	14,02	0,33	1,62	1,26
T25N395	15,7	1,71	11,47	0,23	1,20	1,27
T35N395	21,0	1,09	8,66	0,24	2,02	1,02
T45N395	25,1	1,50	9,20	0,33	1,36	1,32
T65N395	17,7	1,33	11,66	0,26	0,83	1,18

Tabela 2. Teor de macronutrientes nas folhas e nos frutos de pimentão aos 72 DAT.

Tratamentos	Análise foliar					
	Macronutrientes					
	N	P	K	Na	Ca	Mg
----- g kg <sup>-1</sup> -----						
T15N0	47,89	2,45	11,70	0,81	23,60	19,41
T25N0	43,26	2,08	15,41	0,51	24,78	15,83
T35N0	45,41	2,55	16,03	0,44	23,73	11,11
T45N0	51,34	2,05	16,61	0,79	19,64	8,85
T65N0	44,88	2,32	21,17	0,81	21,85	11,98
T15N135	43,15	2,65	9,71	0,49	24,88	14,45
T25N135	44,27	2,79	19,15	0,58	22,54	12,00
T35N135	44,30	2,33	18,63	0,45	24,39	12,35
T45N135	43,44	1,96	26,51	0,95	22,12	11,42
T65N135	43,52	2,20	22,61	0,67	20,03	11,61
T15N265	45,85	2,32	11,99	0,85	22,28	10,64
T25N265	43,95	2,01	18,50	0,44	26,83	14,91
T35N265	43,99	2,69	21,92	0,48	22,77	12,78
T45N265	45,12	2,15	21,82	0,85	24,54	12,19
T65N265	44,66	2,35	22,44	0,99	16,24	9,26
T15N395	45,53	2,17	13,91	0,56	22,85	13,89
T25N395	40,99	2,54	21,04	0,55	23,62	17,86
T35N395	41,33	2,25	18,99	0,42	27,39	15,39

T45N395	44,73	2,01	18,86	0,80	22,99	12,02
T65N395	43,78	2,18	19,35	0,63	24,51	12,00
T15N0	23,74	2,37	14,51	0,37	0,96	1,17
T25N0	25,34	2,46	10,88	0,37	1,14	1,26
T35N0	25,00	2,73	10,67	0,51	0,65	0,85
T45N0	28,30	2,22	14,35	0,34	1,11	1,31
T65N0	25,70	2,83	11,97	0,54	1,85	1,51
T15N135	24,89	2,46	17,94	0,47	1,21	1,52
T25N135	26,45	2,72	14,37	0,44	1,24	1,31
T35N135	26,62	2,82	10,04	0,41	0,96	1,35
T45N135	30,69	3,00	19,21	0,31	1,04	1,68
T65N135	26,86	3,24	15,80	0,28	1,06	1,61
T15N265	22,49	2,31	9,71	0,34	1,33	1,45
T25N265	26,71	2,68	11,08	0,50	1,05	1,48
T35N265	24,82	2,42	14,61	0,28	1,31	1,30
T45N265	24,74	2,38	12,99	0,30	1,08	1,40
T65N265	25,42	2,37	11,78	0,36	0,93	1,23
T15N395	26,66	2,14	16,11	0,38	0,74	1,18
T25N395	28,18	3,24	20,28	0,42	1,20	1,69
T35N395	23,64	2,50	11,66	0,38	1,15	1,45
T45N395	26,31	2,87	13,20	0,45	0,95	1,35
T65N395	29,99	2,78	12,27	0,58	0,99	1,37

Tabela 3. Teor de macronutrientes nas folhas e nos frutos de pimentão aos 92 DAT.

Tratamentos	Análise foliar					
	Macronutrientes					
	N	P	K	Na	Ca	Mg
----- g kg <sup>-1</sup> -----						
T15N0	38,41	2,67	20,65	0,51	29,12	15,81
T25N0	39,71	2,29	10,75	0,36	25,81	14,08
T35N0	16,99	3,54	21,99	0,44	20,37	13,18
T45N0	17,43	2,03	23,45	0,39	19,88	10,67
T65N0	16,61	2,14	24,50	0,39	22,61	12,70
T15N135	38,86	2,84	22,28	0,66	19,21	11,85
T25N135	37,04	2,88	13,97	0,37	19,35	14,84
T35N135	15,76	3,05	13,29	0,49	22,68	12,69
T45N135	16,30	2,14	21,56	0,52	22,17	12,26
T65N135	17,62	2,61	27,39	0,49	20,86	12,88
T15N265	41,01	2,06	23,00	0,43	18,54	10,55
T25N265	39,05	2,43	19,51	0,47	23,44	13,40
T35N265	15,80	2,18	23,19	0,36	20,49	10,65
T45N265	16,52	2,79	12,38	0,53	26,75	14,98
T65N265	16,46	2,12	23,75	0,54	19,56	11,94
T15N395	43,45	2,16	19,48	0,40	22,33	13,25
T25N395	37,59	2,75	15,90	0,54	24,55	14,70
T35N395	15,75	2,81	16,32	0,36	22,44	15,32
T45N395	16,67	2,47	19,64	0,55	21,41	11,66
T65N395	16,17	2,80	22,48	0,43	21,61	12,40

Tabela 4. Teor de macronutrientes nas folhas de pimentão aos 112 DAT.

Observa-se que, independente da tensão de água no solo, com o passar dos dias após o transplantio o teor de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) nas folhas tentem a aumentar, enquanto que nitrogênio (N) e sódio (Na) tendem a diminuir, pois com o ciclo produtivo esses nutrientes tendem a se acumular nos frutos.

Segundo Trani (2014) a faixa ideal de teores adequados de nitrogênio nas folhas de pimentão é de 30 a 60 g kg<sup>-1</sup>, entre o período de florescimento à metade do ciclo. Os teores de nitrogênio encontrados nas folhas de pimentão, neste trabalho, encontram-se dentro da faixa adequada para a cultura, com exceção aos 112 DAT, os tratamentos presentaram médias inferiores aos adequados para a cultura.

As concentrações médias de P, K e Mg (aos 72 DAT) encontraram-se fora da faixa adequada para o pimentão conforme Cavalcanti (2008) e Trani (2014), com exceção do Ca que se encontrou na faixa adequada para a cultura. Inferindo-se na discussão de que a curva de absorção dos nutrientes (P, K e Mg) para o pimentão fertirrigado indicada por Rincón et al. (1995) (Tabela 1) não é a mais indicada, necessitando-se de mais pesquisas relacionadas a nutrição da cultura para nossa região.

As concentrações médias de N, P, K, Na, Ca e Mg, foram, nesta ordem, nas folhas e nos frutos, N>Ca>K>Mg>P>Na e N>K>P>Ca>Mg>Na, respectivamente. Sendo assim, as ordens de concentração de nutrientes nas folhas e nos frutos do pimentão fertirrigado não segue a ordem mencionada por Albuquerque et al. (2012).

O teor de Ca, P e Mg nos tecidos de plantas de pimentão neste estudo foram inferiores aos encontrados por Marcussi (2005) e Albuquerque et al. (2012), quando determinaram as concentrações dos macronutrientes nas folhas e nos frutos dos híbrido de pimentão Elisa e Maximos F1 (EliSem, Clause Vegetable Seeds), respectivamente.

Com os picos de temperatura acima de 30°C, observou-se deficiência de cálcio (Ca) em todos os tratamentos, com destaque para os tratamentos com maiores tensões, pois a baixa umidade no solo, maior intensidade de transpiração foliar e desequilíbrio nutricional, influenciam na absorção, translocação e acúmulo de Ca nas plantas, causando podridão apical nos frutos (CANTUÁRIO et al., 2014) (Figura 2). Este fato foi verificado nas tabelas 2 e 3 com teores baixos de Ca nos frutos.

Na primeira análise de incremento da concentração de nitrogênio nas folhas de pimentão constatou-se percentual de 70,9% para as doses de nitrogênio na dose 395 kg ha<sup>-1</sup>. Esses resultados foram superiores aos obtidos por Fontes et al. (2005) que obtiveram um acúmulo de N na parte aérea de 193 kg ha<sup>-1</sup>, dos quais 40,5% foram retidos pelos frutos, que de acordo com Freitas (2009), as diferenças ambientais e genotípicas explicam as diferenças observadas no acúmulo de N total, na parte vegetativa e nos frutos em diferentes condições de cultivo.



Figura 2. Deficiência de cálcio nos frutos de pimentão. Fonte: Santos (2019).

As plantas de pimentão apresentaram maiores porcentagens de acúmulos de nitrogênio nas folhas do que nos frutos, porém com tendência ao longo das colheitas, os frutos armazenarem mais nitrogênio do que nas folhas. Uma vez que, os frutos são os mais importantes drenos na planta e conforme Marcussi et al. (2004) os nutrientes são translocados para o fruto, mesmo que órgãos como folha e caule apresentem deficiências dos mesmos. Visto que, os níveis de nitrogênio nas folhas maduras são bastante estáveis, indicando que pelo menos parte do excesso de nitrogênio que chega continuamente, via xilema, é redistribuído pelo floema para frutos ou folhas mais jovens (TAIZ e ZEIGER, 2013).

As Tabelas 5, 6 e 7 apresentam as análises do teor de micronutrientes na folha e nos frutos de pimentão realizadas aos 72 e 92 DAT, respectivamente. Aos 112 DAT o teor de micronutrientes foi realizado somente nas folhas. Observa-se que há uma tendência de maior acúmulo de nutrientes nas folhas e nos frutos com o aumento das doses de nitrogênio.

Tratamentos	Análise foliar			
	Micronutrientes			
	Fe	Zn	Cu	Mn
----- mg kg <sup>-1</sup> -----				
T15N0	330,81	95,46	55,65	123,37
T25N0	664,52	305,44	97,08	149,74
T35N0	414,65	71,88	106,95	134,36
T45N0	248,10	112,75	52,94	225,03
T65N0	239,55	44,33	43,53	104,94
T15N135	270,38	52,38	44,03	88,62
T25N135	275,64	69,71	233,74	130,84
T35N135	333,66	62,39	106,22	125,68
T45N135	972,85	66,13	76,57	151,57
T65N135	238,79	82,84	65,83	184,33
T15N265	259,09	84,81	37,94	187,78
T25N265	280,50	80,01	211,30	139,55
T35N265	244,12	68,42	127,04	130,51
T45N265	317,19	77,85	54,36	97,56
T65N265	237,78	82,42	41,92	188,11

T15N395	966,03	87,06	54,20	170,25
T25N395	557,07	45,37	104,09	97,68
T35N395	241,50	49,30	50,87	88,68
T45N395	275,46	100,26	40,49	103,55
T65N395	627,89	61,47	52,69	114,58
T15N0	100,86	44,99	14,16	12,56
T25N0	100,02	53,44	11,56	13,80
T35N0	214,11	44,42	14,30	20,49
T45N0	115,52	34,15	16,40	20,54
T65N0	148,36	79,31	21,18	17,80
T15N135	114,53	21,13	14,55	12,16
T25N135	99,39	29,73	14,88	17,69
T35N135	190,29	27,21	15,27	14,56
T45N135	268,95	57,31	15,83	18,53
T65N135	84,67	19,71	11,75	10,31
T15N265	155,73	23,69	19,17	18,34
T25N265	178,98	24,02	12,16	12,67
T35N265	200,55	26,79	15,81	15,83
T45N265	110,68	69,86	14,13	13,13
T65N265	78,05	15,87	13,20	12,76
T15N395	118,62	29,33	15,25	13,68
T25N395	115,00	12,71	18,29	10,82
T35N395	241,07	19,84	13,69	12,57
T45N395	111,88	34,07	12,77	15,60
T65N395	120,18	18,94	12,02	12,64

Tabela 5. Teor de macronutrientes nas folhas de pimentão aos 72 DAT.

Tratamentos	Análise foliar			
	Micronutrientes			
	Fe	Zn	Cu	Mn
----- mg kg <sup>-1</sup> -----				
T15N0	199,28	75,38	168,14	101,92
T25N0	179,54	91,98	139,43	182,31
T35N0	203,96	122,36	88,96	215,49
T45N0	170,63	116,13	119,32	238,53
T65N0	162,23	63,24	72,6	129,87
T15N135	212,1	76,29	134,13	104,83
T25N135	234,1	109,14	154,43	216,55
T35N135	190,06	78,67	147,39	222,43
T45N135	228,11	89,06	78,46	230,64
T65N135	171,05	105,91	91,41	224,12
T15N265	273,72	138,92	124,26	240,87
T25N265	206,14	84,02	124,39	140,95
T35N265	237,72	133,51	146,73	180,99
T45N265	204,56	60,93	64,16	116,79
T65N265	194,52	99,39	80,67	230,49
T15N395	173,51	88,59	149,84	202,52
T25N395	148,31	64,32	100,58	115,95
T35N395	228,75	67,64	95,39	88,58

T45N395	191,82	88,85	79,59	135,16
T65N395	255,78	59,79	154,17	131,39
T15N0	89,77	40,6	54,74	12,76
T25N0	134,55	41,62	20,76	15,79
T35N0	38,04	21,11	13,1	11,88
T45N0	176,97	47,62	23,62	17,71
T65N0	233	49,38	23,53	18,44
T15N135	87,05	38,8	37,59	16,83
T25N135	341,26	44,54	27,19	18,44
T35N135	80,54	39,66	17,71	16,82
T45N135	60,71	36,08	21,05	18,6
T65N135	83,75	40,13	14,84	15,93
T15N265	81,84	36,06	34,78	19,45
T25N265	72,5	38,91	19,3	14,92
T35N265	204,39	43,1	20,97	18,08
T45N265	261,2	40,57	17,19	14,22
T65N265	72,01	46	22,2	18,32
T15N395	103,75	27,89	26,43	13,06
T25N395	84,02	37,89	18,82	14,54
T35N395	147,27	35,27	21,37	13,81
T45N395	73,25	31,21	15,95	14,81
T65N395	316,02	45,53	16,59	20,71

Tabela 6. Teor de macronutrientes nas folhas de pimentão aos 92 DAT.

Tratamentos	Análise foliar			
	Micronutrientes			
	Fe	Zn	Cu	Mn
----- mg kg <sup>-1</sup> -----				
T15N0	183,85	85,59	56,31	165,60
T25N0	217,73	89,67	224,76	181,94
T35N0	180,51	124,92	75,92	260,17
T45N0	170,13	132,06	91,71	266,49
T65N0	179,25	71,39	122,98	132,35
T15N135	172,19	66,98	44,38	120,60
T25N135	170,10	119,96	55,92	188,48
T35N135	194,03	71,72	96,72	177,50
T45N135	172,22	82,34	66,91	223,50
T65N135	165,37	95,97	115,22	210,09
T15N265	222,74	131,39	166,46	211,63
T25N265	162,95	83,55	78,84	161,16
T35N265	176,39	91,33	62,17	154,31
T45N265	227,48	112,77	85,74	115,72
T65N265	149,51	102,39	87,98	264,33
T15N395	231,37	90,70	58,64	273,43
T25N395	208,06	52,03	55,30	110,56
T35N395	222,36	104,08	92,62	130,25
T45N395	163,92	94,92	51,74	141,37
T65N395	203,65	88,00	109,86	135,36

Tabela 7. Teor de macronutrientes nas folhas de pimentão aos 112 DAT.

Observa-se que, independente da tensão de água no solo, com o passar dos dias após o transplantio o teor de cobre (Cu) e manganês (Mn) nas folhas e nos frutos tentem a aumentar, enquanto que ferro (Fe) e zinco (Zn) tendem a diminuir.

Segundo Trani (2014) a faixa ideal de teores adequados de Fe, Zn, Cu e Mn nas folhas de pimentão é de 50-300, 30-100, 8-20 e 30-250 mg kg<sup>-1</sup> respectivamente, entre o período de florescimento à metade do ciclo. Neste trabalho, o Fe e o Mn encontram-se dentro da faixa adequada para a cultura, contudo observa-se que os teores de Cu, em todos os tratamentos, estão acima da faixa adequada.

A quantidade dos nutrientes minerais nas partes das plantas tem uma importância fundamental na identificação das necessidades das culturas, o que contribui de certa forma para a estimativa da adubação com base na exportação dos nutrientes minerais (MALAVOLTA, 2006).

Marcussi (2005) afirma que a eficiência de absorção de nutrientes pela planta está relacionada como uma das mais importantes vantagens da fertirrigação, técnica esta que oferece à planta o nutriente prontamente disponível na solução do solo para ser absorvido. Desta forma, há uma necessidade crescente de obter parâmetros de avaliação do estado nutricional da planta a fim de corrigir possíveis deficiências ou toxidez.

As concentrações médias de Fe, Zn, Cu e Mn, foram, nesta ordem, nas folhas e nos frutos, Fe>Zn>Mn>Cu e Fe>Zn>Cu>Mn, respectivamente, tornando-se importantíssimo por não se encontrar dados referenciais de teores de micronutrientes para a cultura do pimentão. Além disso, verificou-se também uma faixa média de concentração desses teores para os frutos: Fe (72-342 mg kg<sup>-1</sup>), Zn (12-80 mg kg<sup>-1</sup>), Cu (12-55 mg kg<sup>-1</sup>) e Mn (12-21 mg kg<sup>-1</sup>).

Ressalta-se que além da adubação, a quantidade de nutrientes extraída do solo ou exportada pelas culturas varia de forma bastante ampla, influenciada por uma série de fatores, dentre os quais: cultivar empregado, condições do solo, variações climáticas, disponibilidade de água, produtividade obtida e ciclo da cultura (FILGUEIRA, 2003).

Diante do exposto, os resultados desse trabalho demonstram que, por se tratar de um trabalho inicial na região norte do Brasil, ainda há necessidade de mais ensaios nesta linha de pesquisa a fim de se obter dados mais sólidos para a cultura em questão.

## 4 | CONCLUSÕES

Diante do resultados, é possível inferir que, de maneira geral, perante a escassez de informações sobre tensões de água no solo e doses de nitrogênio na cultura do pimentão para a região norte do Brasil, obtêm-se níveis adequados dos

macronutrientes (N e Ca) e micronutrientes (Fe e Mn) nas plantas de pimentão. Dessa forma, evitam-se condições de deficiência nutricional, o que pode contribuir para um bom rendimento da cultura, além de minimizar a perda de nutrientes devido a aplicações excessivas de água e fertilizantes.

## AGRADECIMENTOS

À CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela concessão da Bolsa de Mestrado; a Universidade Federal Rural da Amazônia pela ajuda à publicação desta pesquisa.

## REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, F. S.; SILVA, E. F. F.; BEZERRA NETO E.; SOUZA E. R. A.; SANTOS A. N. **Nutrientes minerais em pimentão fertirrigado sob lâminas de irrigação e doses de potássio.** Horticultura Brasileira, Brasília, v. 30, n. 4, p.681-687, 2012.
- CABELLO, F.P. **Riegos localizados de alta frecuencia (RLAF) goteo, microaspersión, exudación.** 3<sup>a</sup> ed. Madrid: Mundi-Prensa, 1996. 511 p.
- CANTUÁRIO, F. S.; LUZ, J. M. Q.; PEREIRA, A. I. A.; SALOMÃO, L. C.; REBOUÇAS, T. N. H. **Podridão apical e escaldadura em frutos de pimentão submetidos a estresse hídrico e doses de sílicio.** Horticultura Brasileira, Brasília, v. 32, n. 2, p.215-219, 2014.
- CAVALCANTI, F. S. A. **Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco.** 2<sup>a</sup> aproximação. Recife: Instituto Agronômico de Pernambuco, 2008. 212p.
- FONTES, P. C. R.; DIAS, E. N.; GRAÇA, R. N. **Acúmulo de nutrientes e método para estimar doses de nitrogênio e de potássio na fertirrigação do pimentão.** Horticultura Brasileira, Brasília, v.23, n.2, p.275-280, 2005.
- FREITAS, K. K. C. **Produção, qualidade de acúmulo de macronutrientes em pimentão cultivado sob arranjos espaciais e espaçamentos na fileira.** 2009.113f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, Mossoró, 2009.
- MALAVOLTA E. **Manual de nutrição mineral de plantas.** São Paulo: Ed. Ceres. 2006. 630p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações.** 2. ed. Piracicaba: POTAPOS, 1997. 201 p.
- MANTOVANI, E. C. AVALIA: **Programa de Avaliação da Irrigação por Aspersão e Localizada.** Viçosa, MG: UFV, 2001.
- MARCUSSI, F. F. N. **Uso da fertirrigação e teores de macronutrientes em plantas de pimentão.** Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 25, n. 3, p.642-650, 2005.
- MARCUSSI, F. F. N.; GODOY, L. J. G. VILLAS BOAS, R. L. **Fertirrigação nitrogenada e potássica na cultura do pimentão baseado no acúmulo de N e K pela planta.** Irriga, Botucatu, v. 9, n. 1, p.41-51, 2004.
- MARQUELLI, W. A. **Tensiômetros para o controle de irrigação em hortaliças.** Brasília: Embrapa

Hortaliças. Circular técnica, n. 57, 2008. 15p.

RICHARDS, L.A. **A pressure membrane extraction apparatus for soil solution.** Soil Science, Baltimore, v. 51, p.377-386, 1941.

RINCON, L.; SAEZ, J.; BALSALOBRE, E.; PELLICER, C. **Crecimiento y absorción de nutrientes del pimiento grueso bajo invernadero.** Investigación Agraria, v. 10, n. 1, p.47-59, 1995.

SCHOLANDER, P. F.; HAMMEL, H. T.; BRADSTREET E. D.; HEMMINGSEN, E. A. **Sap pressure in vascular plants.** Science, Washington, v. 148, p.339-346, 1965.

SILVA, E. M.; AZEVEDO, J. A.; LIMA, J. E. F. W. **Análise de desempenho da irrigação.** Planatina: Embrapa Cerrados, 2002. 84p. (Documentos, n. 70).

SOUZA, C. M. A; FREITAS, F. S.; CARVALHO, C. J. R.; VASCONCELOS, S. S; KATO, O. R. (2011) **Atributos físicos do solo em sistemas agroflorestais sequenciais no município de Igarapé Açu, Pará.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS. Belém, Brasil.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal.** 5 eds. Porto Alegre: Artmed, 2013. 819 p.

TRANI, P. E. **Calagem e adubação para hortaliças sob cultivo protegido.** 1.<sup>a</sup> ed. rev. atual. Campinas: Instituto Agronômico, 2014. 25p. (Série Tecnologia APTA. Boletim Técnico IAC, 196)

VAN GENUCHTEN, M. Th. **A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils.** Soil Science Society of America Journal, Madison, v. 44, n. 5, p.892-898, 1980.

## DESEMPENHO AGRONÔMICO E CONTROLE DE PLANTAS ESPONTÂNEAS NO CULTIVO DO PEPINEIRO EM SISTEMA AGROECOLÓGICO

Data de aceite: 12/05/2020

### Cirio Parizotto

Epagri/Estação Experimental de Campos Novos,  
Campos Novos - SC.

### Tatiana da Silva Duarte

Universidade Federal do Rio Grande do Sul,  
Faculdade de Agronomia/DHS,  
Porto Alegre - RS.

### Albertina Radtke Wieth

Universidade Federal do Rio Grande do Sul/  
FAGRO/PPG-Fito,  
Porto Alegre - RS.

Ervilhaca (*Vicia sativa* L.); Aveia preta (1/3) + Ervilhaca (1/3) + Centeio (1/3). A dose de composto orgânico foi à mesma em todos os tratamentos, calculada a partir do elemento N (200 kg ha<sup>-1</sup>). A utilização de adubos verdes de inverno não influenciou a produtividade da cultura do pepineiro para conserva em sistema agroecológico, possivelmente pela boa fertilidade inicial do solo e pelo uso de composto orgânico como adubação de base. O pré-plantio das coberturas de aveia preta e centeio apresentaram o melhor efeito supressor de plantas espontâneas em cultivo do pepineiro. O uso de consórcios de coberturas para a supressão de plantas espontâneas tem sua melhor eficiência quando o acamamento for realizado antes das espécies atingirem a maturidade fisiológica das sementes, evitando a ressemeadura.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Cucumis sativus* L., adubos verdes, plantio direto de hortaliças, produtividade.

**RESUMO:** No sistema de cultivo agroecológico o uso de diferentes espécies de adubos verdes em cobertura possibilita a melhoria e a conservação do solo, o aumento da matéria orgânica, além de favorecer as culturas subsequentes. O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito de diferentes coberturas de adubos verdes de inverno sobre a produtividade de pepino tipo conserva, em sistema agroecológico e a sua influência no controle de plantas espontâneas nas safras agrícolas 2013/14 e 2014/15. O experimento foi conduzido em blocos ao acaso com 5 tratamentos e 4 repetições. Tratamentos: Solo sem cobertura (testemunha); Aveia preta (*Avena strigosa* Schreb); Centeio (*Secale cereale* L.);

# AGRONOMIC PERFORMANCE AND CONTROL OF SPONTANEOUS PLANTS IN CUCUMBER CULTIVATION IN AGROECOLOGICAL SYSTEM

**ABSTRACT:** In the agroecological system the use of different species of green manures in cover makes enable the improvement and the conservation of the soil, the increase of the organic matter, besides favoring the subsequent cultures. The objective of this study was to evaluate the effect of different winter green manures on yield of pickling cucumber plants in an agroecological system and its influence on the germination of spontaneous plants during the cicles 2013/14 and 2014/15. The experiment was arranged in randomized block design with 5 treatments and 4 replicates. Treatments: Soil without cover (control); *Avena strigosa* Schreb.; *Secale cereale* L.; Ervilhaca *Vicia sativa* L.; *A. strigosa* (1/3) + *V. sativa* (1/3) + *S. cereale* (1/3). The dose of organic fertilizer was the same in all treatments, calculated from the N element (200 kg ha<sup>-1</sup>). The use of winter green manures did not influence the productivity of the pickling cucumber in agroecological system, possibly due to good initial soil fertility and the use of organic compost as fertilizer. Pre-planting of the *A. strigosa* and *S. cereale* cover presented the best suppressive effect of spontaneous plants in cucumber cultivation. The use of intercropping for the suppression of spontaneous plants has its best efficiency when the lodging is carried out before the species reach the physiological maturity of the seeds, avoiding the natural reseeding.

**KEYWORDS:** *Cucumis sativus* L., green manures, no-tillage vegetables, productivity.

## 1 | INTRODUÇÃO

A cultura do pepineiro (*Cucumis sativus* L.), pertence à família *Cucurbitaceae*, seu cultivo destina-se ao consumo *in natura* ou processado como conserva. Em Santa Catarina, a demanda de pepino tipo conserva é expressiva pelas agroindústrias de pequeno e grande porte já instaladas e são dependentes de matéria prima de outros estados. Essa atividade econômica tem papel de destaque para aproximadamente 3.800 famílias rurais no estado, em aproximadamente 2.000 ha, gerando muitos empregos de forma indireta (REBELO et al., 2011).

O sistema de cultivo utilizado pelos agricultores é o convencional, demandando grande quantidade de agrotóxicos e, como as colheitas de pepino são muito frequentes aumenta o risco de intoxicações dos agricultores e de resíduos de pesticidas nos frutos. Relatório publicado pela ANVISA (2010) aponta que 54,8% das amostras analisadas de pepino foram insatisfatórias. A produção em base ecológica poderá ser uma alternativa a esse sistema de produção, podendo ofertar alimentos de alta qualidade aos consumidores. Esse sistema de cultivo constitui-se em uma oportunidade para pequenos agricultores, que dispõem de mão de obra em suas propriedades agregando valor a sua produção.

As maiorias das hortaliças se caracterizam por terem um ciclo curto e nesse período necessitam de uma boa nutrição para obter bons rendimentos.

Na produção agroecológica, os compostos orgânicos se constituem a base dessa fertilização, no entanto, nem sempre é possível suprir todos os nutrientes com o uso desses compostos. A maior dificuldade é com o elemento nitrogênio (N) e a sua suplementação poderá ser obtida com o uso de adubos verdes que antecede os plantios (fabáceas) que, em simbiose com as bactérias do gênero *Rhizobium* fixam o nitrogênio atmosférico disponibilizando-o aos cultivos de hortaliças.

A suplementação de nutrientes também poderá ocorrer com a ciclagem de nutrientes proporcionada por diversas espécies de adubos verdes. Nesse sentido, Factor et al. (2010) realizou um estudo para verificar a influência de adubos verdes no rendimento da cultura da beterraba em plantio direto e constatou que as palhadas de milho e o consórcio de milheto x crotalária influenciaram de forma positiva na qualidade e no rendimento da beterraba.

Na produção de hortaliças em sistema agroecológico, o manejo de plantas espontâneas se constitui no maior desafio por demandar grande quantidade de mão de obra, cada vez menos presente no meio rural. Dessa forma, há a necessidade de adotar técnicas que impeçam ou reduzam a germinação e o desenvolvimento das ervas evitando a competição com os cultivos.

O plantio direto ou cultivo mínimo de hortaliças de verão em sucessão de adubos verdes de inverno poderá ser uma alternativa pela quantidade de biomassa produzida por coberturas como a aveia preta e o centeio. O uso dessas coberturas apresenta efeitos positivos reduzindo a incidência de plantas espontâneas (VIDAL & TREZZI, 2004). No processo de decomposição de coberturas mortas pode ocorrer à liberação de substâncias alelopáticas com efeitos diretos sobre a germinação e no desenvolvimento de plantas espontâneas (TREZZI & VIDAL, 2004; SOUZA et al., 2006).

O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito de diferentes coberturas de adubos verdes de inverno sobre o rendimento de pepino tipo conserva, em sistema agroecológico e a sua influência no controle de plantas espontâneas.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

Experimentos foram conduzidos nos anos agrícolas 2013/14 e 2014/2015 com a cultura do pepineiro, na Estação Experimental da Epagri de Campos Novos, no município de Campos Novos-SC, nas coordenadas geográficas 27°23'11" S e 51°13'19" O e altitude de 933 m, em um Nitossolo Vermelho e clima subtropical úmido (DUFLOTH et al., 2005).

O solo apresentou na camada de 0-20 cm os seguintes atributos químicos:

59% de argila; pH em água = 6,0; P = 8,3 mg/dm<sup>3</sup>; K = 158,2 mg/dm<sup>3</sup>; M.O. = 3,6%; Al = 0,0 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup> e Ca+Mg = 10,7 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>.

O composto orgânico utilizado na adubação de base no pepineiro foi elaborado na Estação Experimental da Epagri, utilizando-se palhas diversas e cama de aves. A dose utilizada foi à mesma em todos os tratamentos, calculada a partir do elemento N (200 kg ha<sup>-1</sup>) (CQFS-NRS, 2016).

O composto utilizado na safra 2013/2014 apresentou a seguinte composição média: pH 8,2, MS 72,5%, N 0,53%, P 1,80%, K 1,20%, Ca 1,42%, Mg 1,00. O composto utilizado na safra 2014/2015 apresentou a seguinte composição média: pH 8,3, MS 72,5%, N 2,48%, P 2,29%, K 2,70%, Ca 1,94%, Mg 0,60.

Os experimentos foram conduzidos em blocos ao acaso, com 5 tratamentos e 4 repetições. Cada parcela foi constituída por uma área de 18,72 m<sup>2</sup>, com um total de 10 plantas de pepineiro. Os tratamentos utilizados foram: Solo sem cobertura (testemunha); Aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.); Centeio (*Secale cereale* L.); Ervilhaca (*Vicia sativa* L.); Aveia preta (1/3) + Ervilhaca (1/3) + Centeio (1/3), em ambas as safras.

Os adubos verdes de inverno (AVI) foram semeados no mês de maio, sendo que, a quantidade de sementes por área foi definida pela recomendação de Monegat (1991). Aveia preta 70 kg ha<sup>-1</sup>; Centeio 100 kg ha<sup>-1</sup>; Ervilhaca 60 kg ha<sup>-1</sup>. Em relação ao consórcio (Aveia preta + Centeio + Ervilhaca) utilizou-se 1/3 das sementes do recomendado ha<sup>-1</sup>. Foram coletadas amostras dos adubos verdes de inverno de 0,25 m<sup>2</sup> por parcela, secadas em estufa a 60 °C e encaminhada ao laboratório para a realização da análise química. Na sequência as coberturas foram acamadas. Antes do transplante foi aberto um sulco para possibilitar a adubação com o composto orgânico. O manejo das plantas espontâneas nas entre linhas foi realizado através de roçadas.

O cultivar de pepineiro de conserva utilizada foi o Kibria RZ F1 (partenocárpico) produzida em bandeja de poliestireno de 128 células, transplantada aos 20 dias após a semeadura. Na safra 2013/2014 o transplante ocorreu em 30/10/13 e na safra 2014/15 em 24/10/14. Por tratar-se de uma cultivar partenocárpica observou-se uma distância mínima de 500 metros de outros cultivos de pepineiros para evitar a polinização. Durante o desenvolvimento da cultura foram aplicados produtos preventivos a base de cobre e, por diversas vezes houve a necessidade de aplicação de inseticidas naturais para o controle do tripes. A irrigação durante todo o ciclo foi realizada por gotejamento.

Para a mensuração da quantidade de plantas espontâneas foi utilizado um quadro metálico de 0,5 x 0,5, lançado ao acaso, sendo levantadas duas subamostras por parcela, perfazendo 0,5 m<sup>2</sup>. A contagem de plantas espontâneas por espécie foi realizada aos 45 dias após o transplante do pepineiro.

O desempenho da cultura nas safras foi avaliado pela produtividade baseada no peso médio de frutos, a produção por planta e produtividade obtida na área útil de 5,2 m<sup>2</sup> por parcela.

Os dados foram submetidos à análise de variância e a comparação de médias pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. O programa estatístico utilizado para realização das análises foi o SISVAR 5.6.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os adubos verdes de inverno em pré-plantio não influenciaram de forma significativa as variáveis de rendimento do pepineiro, como peso de frutos, produção por planta e produtividade nas safras 2013/14 e 2014/15, quando comparados à testemunha (Tabela 1). O uso de composto orgânico na base conforme recomendação da CQFS-NRS (2016) em todos os tratamentos, possivelmente supriu a demanda de nutrientes da cultura, o que impediu o efeito imediato dos adubos verdes.

Na safra 2014/15 verifica-se uma redução expressiva na produtividade do pepineiro em todos os tratamentos. Esse fato tem relação direta com o excesso chuvas no período, dificultando a prevenção de doenças como o Míldio (*Pseudoperonospora cubensis*) e a Mancha de leandria (*Leandria momordicae*), mesmo com a utilização de produtos recomendados no sistema agroecológico.

Tratamentos	Safra 13/14			Safra 14/15		
	Peso de frutos (g)	Produção (kg/planta)	Produtividade (t ha <sup>-1</sup> )	Peso de frutos (g)	Produção (kg/planta)	Produtividade (t ha <sup>-1</sup> )
Aveia preta	22,0 <sup>ns</sup>	1,75 <sup>ns</sup>	33,6 <sup>ns</sup>	28,8 <sup>ns</sup>	1,50 <sup>ns</sup>	23,7 <sup>ns</sup>
Centeio	20,8	1,79	34,4	28,6	1,27	21,0
Ervilhaca	21,8	1,55	29,9	27,8	1,28	22,4
Aveia preta + Ervilhaca + Centeio	21,5	1,76	33,9	28,3	1,41	23,6
Testemunha	21,3	1,61	30,9	29,2	1,42	23,8
CV (%)	6,5	17,8	17,5	3,3	15,1	13,1

Tabela 1. Efeito de diferentes coberturas de adubos verdes sobre o peso médio de frutos (g), a produção (kg/planta) e produtividade (kg ha<sup>-1</sup>) de pepino para conserva, safras 2013/2014 e 2014/2015. Campo Novos (SC), 2014.

Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Ns. não significativo pelo teste de Tukey a 5%

Souza e Guimarães (2013) realizaram um estudo no intuito de preparar

coberturas verdes para facilitar o plantio direto de hortaliças e indicaram o consórcio de plantas, como o tremoço e aveia, pois proporcionam um aporte superior de nutrientes (N, K, Ca, Mg e S) comparado aos cultivos solteiros.

Esta melhoria nos atributos químicos do solo pelo uso de consórcios não foi verificada no presente estudo (Tabelas 2 e 3). Por sua vez, Souza et al. (2015) verificaram um aumento no rendimento de repolho e milho verde quando do uso de leguminosa em pré-plantio, alterando a composição química do solo com aumento dos teores de P e H+Al e redução dos teores de K, Mg e pH do solo.

Na safra 2013/14 verifica-se que a cobertura com ervilhaca proporcionou uma maior mobilização de K, Ca e Mg comparado aos demais tratamentos (Tabela 2). Esta cobertura verde também foi superior na safra 2014/15, proporcionando uma maior mobilização dos nutrientes N, P e Ca (Tabela 3).

Essa maior capacidade de mobilização de nutrientes nas duas safras não alterou a produtividade do pepineiro, isso ocorreu provavelmente pela boa fertilidade proporcionada pelo uso de composto orgânico como adubação de base.

Tratamentos	N (g kg <sup>-1</sup> )	P (g kg <sup>-1</sup> )	K (g kg <sup>-1</sup> )	Ca (g kg <sup>-1</sup> )	Mg (g kg <sup>-1</sup> )
Aveia preta	13,3 <sup>n.s.</sup>	6,2 <sup>n.s.</sup>	13,4 b	3,4 b	1,8 b
Centeio	10,3	8,0	11,3 b	2,0 c	1,0 c
Ervilhaca	13,0	7,0	23,3 a	6,4 a	2,4 a
Aveia preta + Ervilhaca + Centeio	10,5	5,7	12,0 b	2,6 bc	1,3 c
CV (%)	37,1	16,66	15,0	13,0	1,03

Tabela 2. Teor em g kg<sup>-1</sup> de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg) na parte aérea das coberturas de adubos verdes de inverno coletadas em 09/10/13, antes do plantio da cultura do pepineiro. Campos Novos (SC), 2014.

Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. ns. não significativo pelo teste de Tukey a 5%.

Tratamentos	N (g kg <sup>-1</sup> )	P (g kg <sup>-1</sup> )	K (g kg <sup>-1</sup> )	Ca (g kg <sup>-1</sup> )	Mg (g kg <sup>-1</sup> )
Aveia preta	13,5 ab	7,1 ab	25,0 ns.	4,0 b	0,33 b
Centeio	9,9 ab	5,1 c	17,5	2,3 c	1,2 a
Ervilhaca	17,0 a	7,5 a	28,7	7,7 a	1,0 ab
Aveia preta + Ervilhaca + Centeio	9,0 b	6,0 bc	43,0	3,9 b	0,4 b
CV (%)	27,7	8,26	79,41	15,65	47,00

Tabela 3. Teor em g kg<sup>-1</sup> de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg) na parte aérea das coberturas de adubos verdes de inverno coletadas em 15/10/14, antes do plantio da cultura do pepineiro. Campos Novos (SC), 2015.

Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. ns. não significativo pelo teste de Tukey a 5%.

As Tabelas 4 e 5 apresentam o efeito das diferentes coberturas de adubos verdes de inverno sobre a germinação de plantas espontâneas monocotiledôneas

e dicotiledôneas. Na safra 2013/14 a aveia preta e o centeio proporcionaram o maior efeito de cobertura sobre a germinação das monocotiledôneas. Por sua vez, a ervilhaca apresentou baixo efeito de supressão, com a média de 29,6 plantas m<sup>-2</sup>, superior à testemunha. Isso se explica pela baixa relação C/N, ocorrendo uma rápida decomposição após o acamamento. O efeito supressor do mix (aveia preta, centeio e ervilhaca) foi afetado pela ressemeadura do centeio após o acamamento, efeito este não observado na safra 2014/15 (Tabela 5). Dessa forma, quando do uso de consórcios de coberturas, o momento do acamamento deve ser definido pela espécie de menor ciclo, antes da maturidade fisiológica das sementes.

Monocotiledônea		1	2	3	4	5	Média
Nome vulgar	Nome científico						
Milhã	<i>Digitaria horizontalis</i>	46	26	24,5	77,5	17	38,2
Papuã	<i>Brachiaria plantaginea</i>	49	19,5	6	67,5	14	31,2
Azevém	<i>Lolium multiflorum</i>	0	0,5	1	1,5	0	0,6
Centeio	<i>Secale cereale</i>	14,5	31	56,5	1,5	77,5	36,2
Média		21,9	15,4	17,6	29,6	21,7	
Dicotiledônea		1	2	3	4	5	Média
Nome vulgar	Nome científico						
Picão preto	<i>Bidens pilosa</i>	2	1,5	2,5	0	2,5	1,7
Leiteiro	<i>Euphorbia heterophylla</i>	21	1	8,5	9,5	2	8,4
Erva de bicho	<i>Polygonum persicaria</i>	0	0	0	0	0	0
Nabo forrageiro	<i>Raphanus sativus</i>	0	4	1	0	0	1,0
Ervilhaca	<i>Vicia sativa</i>	0,5	0	0	0	1	0,3
Caruru	<i>Amaranthus viridis</i>	0	0	0	2,5	0	0,5
Beldroega	<i>Portulaca oleracea</i>	1	0	0	0	0	0,2
Dente de leão	<i>Taraxacum officinale</i>	0,5	3	1,5	0	0,5	1,1
Trevo branco	<i>Trifolium repens</i>	0	0	0,5	9	10	3,9
Poaia branca	<i>Richardia brasiliensis</i>	0	1,5	2	0	4	1,5
Buva	<i>Conyza bonariensis</i>	2,5	0	1	0	0	0,7
Média		2,5	1,0	1,6	1,9	1,8	

Tabela 4. Densidade de espécies espontâneas(1) monocotiledôneas e dicotiledôneas nas entre linhas (plantas m<sup>-2</sup>) aos 45 dias após transplante do pepineiro nos diferentes tratamentos (1,2,3,4 e 5), na safra de 2013/2014.

(1= solo sem cobertura; 2 = aveia preta; 3 = centeio; 4 = ervilhaca e 5 = Mix (aveia preta + ervilhaca = centeio).  
(1) Dados não paramétricos de espécies espontâneas que ocorreram no cultivo de pepineiro na densidade média maior que 1 planta m<sup>-2</sup>, em ao menos um tratamento.

Na análise do efeito supressor das coberturas sobre as dicotiledôneas (Tabelas 4 e 5), verifica-se uma menor incidência em todos os tratamentos, pelo menor banco de sementes dessas espécies. Na safra 2013/14, novamente a aveia preta e o centeio apresentaram um melhor efeito supressor com a média de 1,0 e 1,6 plantas m<sup>-2</sup>, respectivamente. Resultados similares foram obtidos por Vaz de Mello et al. (2007) na produção de milho-verde orgânico, onde a palhada de aveia

preta apresentou o melhor efeito supressor das plantas espontâneas. Nesse grupo, na safra 2014/15 (Tabela 5) o melhor efeito de cobertura foi da ervilhaca e a aveia preta.

Na avaliação da incidência de plantas espontâneas na safra 2014/15 (Tabela 5), novamente verifica-se um predomínio das espécies Milhã e Papuã, com aumento da densidade pelo acúmulo de sementes do ano anterior. O centeio apresentou o melhor efeito supressor, enquanto que a ervilha o menor comparado aos demais tratamentos.

Monocotiledônea		1	2	3	4	5	Média
Nome vulgar	Nome científico						
Milhã	<i>Digitaria horizontalis</i>	199	112	100,5	88	54,5	110,8
Papuã	<i>Brachiaria plantaginea</i>	150	91,5	27	354	159,5	156,4
Azevém	<i>Lolium multiflorum</i>	0	0	1,5	0,5	1,5	0,7
Centeio	<i>Secale cereale</i>	0	0	0	0	2	0,4
Média		87,3	50,9	32,3	110,7	54,4	
Dicotiledônea		1	2	3	4	5	Média
Nome vulgar	Nome científico						
Picão preto	<i>Bidens pilosa</i>	1	3,5	6	0	11	4,3
Leiteiro	<i>Euphorbia heterophylla</i>	10	4,5	3,0	2,5	2,5	4,5
Nabo forrageiro	<i>Raphanus sativus</i>	0	0	0	0	4,5	0,9
Ervilhaca	<i>Vicia sativa</i>	0,5	0	0	0	7	1,5
Caruru	<i>Amaranthus viridis</i>	17,5	6,5	0,5	0	1,5	5,2
Beldroega	<i>Portulaca oleracea</i>	2,5	0	0	0	0	0,5
Trevo branco	<i>Trifolium repens</i>	0	6	30,5	0	32,5	13,8
Média		4,5	2,9	5,7	0,4	8,4	

Tabela 5. Densidade de espécies espontâneas(1) monocotiledôneas e dicotiledôneas nas entre linhas (plantas m<sup>2</sup>) aos 45 dias após o transplante do pepineiro nos diferentes tratamentos (1,2,3,4 e 5), na safra de 2014/2015.

(1= solo sem cobertura; 2 = aveia preta; 3 = centeio; 4 = ervilhaca e 5 = Mix (aveia preta + ervilhaca = centeio). (1) Dados não paramétricos de espécies espontâneas que ocorreram no cultivo de pepineiro na densidade média maior que 1 planta m<sup>-2</sup>, em ao menos um tratamento.

No manejo de plantas espontâneas em sistema agroecológico com coberturas em pré-plantio aos cultivos de verão, indica-se o uso de poáceas, como o centeio e a aveia preta e, quando do uso de consórios com fabáceas utilizar uma maior densidade de sementes de poáceas pelo melhor efeito alelopático sobre as plantas concorrentes. Já Altieri et al. (2012) indicam, que a melhor mistura de coberturas de inverno deve incluir uma proporção significativa de ervilhaca, centeio e nabo-forrageiro por produzir grandes quantidades de biomassa. Nesse sentido, outro estudo realizado por Kieling et al. (2009) concluíram que, com exceção da aveia não se recomenda o uso de culturas de cobertura em monocultivo.

## 4 | CONCLUSÕES

A utilização de adubos verdes de inverno não influenciou a produtividade da cultura do pepineiro para conserva em sistema agroecológico, possivelmente pela boa fertilidade inicial do solo e pelo uso de composto orgânico como adubação de base.

O pré-plantio das coberturas de aveia preta e centeio apresentaram o melhor efeito supressor de plantas espontâneas em cultivo do pepineiro.

O uso de consórcios de coberturas para a supressão de plantas espontâneas tem sua melhor eficiência quando o acamamento for realizado antes das espécies atingirem a maturidade fisiológica das sementes, evitando a ressemeadura.

## AGRADECIMENTOS

Este é um trabalho resultado do Projeto intitulado “Tecnologias para o desenvolvimento sustentável de sistemas de produção de hortaliças”, fomentado pelo Edital MCT/CNPq/MEC/CAPES/CT AGRO/CT HIDRO/FAPS/EMBRAPA nº 22/2010 Redes Nacionais de Pesquisa em Agrobiodiversidade e Sustentabilidade Agropecuária – REPENSA. Projeto este em acordo de cooperação com a FAPESC, processo 5292/2011-2.

## REFERÊNCIAS

ALTIERI, M.; LANA, M. A.; VON HERTWIG, H.; BITTENCOURT, H. V. H.; VENTURI, M.; KIELING, A. S.; COMIN, J. J.; LOVATO, P. E. **Aumento do rendimento dos cultivos através da supressão de plantas espontâneas em sistemas de plantio direto orgânico em Santa Catarina, Brasil.** Agroecologia 7: 63-71, 2012.

ANVISA. **Relatório aponta para uso indiscriminado de agrotóxicos no Brasil.** 2010. Acesso em 13/07/2015. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/wps/portal/anvisa/anvisa/home/lut/p/c5/>.

DUFLOTH, J.H., CORTINA, N., VEIGA, M., MIOR, L.C. **Estudos básicos regionais de Santa Catarina.** Florianópolis: Epagri, 2005. Documento em CD ROM.

FACTOR, T. L; LIMA JR. S; PURQUERIO, L. F. V; BREDA JÚNIOR J. M; CALORI A. H. C. **Produção de beterraba em plantio direto sob diferentes palhadas.** 2010. Horticultura Brasileira 28: S1861-S1866.

KIELING, A. S.; COMIN, J. J.; FAYAD, J. A.; LANA, M. A.; LOVATO, P. E. **Plantas de cobertura de inverno em sistema de plantio direto de hortaliças sem herbicidas: efeitos sobre plantas espontâneas e na produção de tomate.** Ciência Rural, Santa Maria, v.39, n.7, p.2207-2209, out, 2009.

MONEGAT, C. **Plantas de cobertura do solo: características e manejo em pequenas propriedades.** Chapecó: Ed. do Autor, 1991. 33p.

REBELO, J. A; SCHALLENBERGER, E; CANTÚ, R. R. 2011. **Cultivo do pepineiro para picles no**

**Vale do Rio Itajaí e Litoral Catarinense.** Florianópolis: Epagri. 55p. (Epagri. Boletim Técnico, 154).

CQFS-NRS. COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO. NÚCLEO REGIONAL SUL. 2016. **Manual de Calagem e Adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina.** 11<sup>a</sup> ed. Porto Alegre, SBCS-NRS, 2016. 376p.

SOUZA, L. S.; VELINI, E. D.; MARTINS, D.; ROSOLEM, C. A. **Efeito alelopático de capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*) sobre o crescimento inicial de sete espécies de plantas cultivadas.** Planta Daninha, v. 24, n. 4, p. 657-668, 2006.

SOUZA, J. L.; GUIMARÃES, G. P. **Rendimento de massa de adubos verdes e o impacto na fertilidade do solo em sucessão de cultivos orgânicos.** Uberlândia, v. 29, n. 6, p. 1796-1805, 2013.

SOUZA, J. L.; GUIMARÃES, G. P.; FAVARATO, L. F. **Desenvolvimento de hortaliças e atributos do solo com adubação verde e compostos orgânicos sob níveis de N.** Hortic. Bras., v. 33, n. 1, jan. - mar. 2015.

VAZ DE MELO, A.; GALVÃO, J. C. C.; FERREIRA, L. R.; MIRANDA, G. V.; TUFFI SANTOS, L. D.; SANTOS, I. C.; SOUZA, L. V. **Dinâmica populacional de plantas daninhas em cultivo de milho-verde nos sistemas orgânico e tradicional.** Planta Daninha, Viçosa-MG, v. 25, n. 3, p. 521-527, 2007.

VIDAL, R. A.; TREZZI, M. M. **Potencial da utilização de coberturas vegetais de sorgo e milheto na supressão de plantas daninhas em condição de campo: I - Plantas em desenvolvimento vegetativo.** Planta Daninha, v. 22, n. 2, p. 217-223, 2004.

## ESTUDO DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E COMPORTAMENTO ALIMENTAR DA LAGARTA DO CARTUCHO *Spodoptera frugiperda* (J.E.SMITH) EM CULTIVARES DE MILHO TRANSGÊNICO E CONVENCIONAL

Data de aceite: 12/05/2020

Data de submissão: 05/02/2020

**Éder Málaga Carrilho**

Acadêmico do Curso de Agronomia UENP/CLM,  
Bandeirantes - PR.

**José Celso Martins**

Professor Associado do Centro de Ciências  
Agrárias UENP/CLM,  
Bandeirantes - PR.

**RESUMO:** O estudo foi conduzido no município de Bandeirantes - PR, durante a primeira época de cultivo do milho 2018/19 e da segunda época de cultivo do milho em 2019. Com objetivo de avaliar a eficiência e praticabilidade agronômica, foi estudada a distribuição espacial e comportamento alimentar da lagarta do cartucho *S. frugiperda* em cultivares de milho transgênico e convencional. Os cultivares foram instalados em faixas sendo que os convencionais na borda e o transgênico no centro. Foram efetuados dois tipos de avaliações, a cada 7 dias, após 7 (DAE) estendendo até 35 (DAE). Na primeira avaliação contabilizou-se o número de lagarta e na segunda realizou-se análise visual. Na contagem do número de lagarta foram tomadas 50 plantas a cada 2 faixas/

acaso, cortando-se o cartucho e contado o número de lagartas encontradas vivas. Para análise visual, foram avaliadas 25 plantas a cada 2 faixas/acaso, verificando a severidade do dano da lagarta na folha. Os dados obtidos permitiram as seguintes conclusões: a lagarta do cartucho tem uma certa vulnerabilidade ao cultivar transgênico, daí a razão de aparecer em maior número no cultivar convencional. Como o número de lagartas foi maior no cultivar convencional o dano na folha também foi maior comparativamente ao cultivar transgênico. As lagartas estiveram presentes em toda a área do experimento, sugerindo assim a distribuição ao acaso na área, independentemente dos cultivares.

**PALAVRAS-CHAVE:** Não preferência alimentar, manejo de pragas, avaliação de danos.

STUDY OF SPATIAL DISTRIBUTION AND  
EATING BEHAVIOR OF THE CARTRIDGE  
CATERPILLAR *Spodoptera frugiperda* (J.E.  
SMITH) IN CULTIVARS OF TRANSGENIC  
AND CONVENTIONAL CORN

**ABSTRACT:** The study was conducted in Bandeirantes - PR, in the first time of cultivation of corn 2018/19 the second time of cultivation of corn in 2019. With the objective to available

the efficacy and agronomic feasibility, was studied the spatial distribution and eating behavior of cartridge caterpillar *S. frugiperda* in cultivars of conventional and transgenic corn. The cultivars were installed in bands being the conventional in the edge and transgenic in the center. Was made two types of evaluation, each seven days, after 7 (DAE) extending to 35 (DAE). In the first evaluation accounted for the number of caterpillar and the second was made visual analyze. In the counting of the number of caterpillars fifty plants were taken every two bands by chance, cutting de cartridge and counting the number of caterpillars found alive. For the visual analyze, twenty-five plants were evaluated every two bands by chance, checking the severity of damage of caterpillar on the leaf. The data obtained allowed the following conclusions: the cartridge caterpillar have a vulnerability of transgenic cultivar, which is why it appears in greater number in conventional cultivar. As the number of caterpillars was higher in the conventional cultivar, the leaf damage was also greater compared to the transgenic cultivar. The caterpillars were present throughout the experiment area, suggesting the distribution by chance in the area, regardless of cultivars.

**KEYWORDS:** No food preference, pest management, damage assessment.

## 1 | INTRODUÇÃO

O cultivo de milho é prática frequente na maioria das propriedades agrícolas do Brasil. O aumento no rendimento de grãos e melhoria na qualidade requer constantes avanços tecnológicos, daí à necessidade de melhor se conhecer o complexo de pragas que atacam a cultura e que são responsáveis por importantes danos econômicos. Dentre as pragas que atacam a cultura do milho está a lagarta do cartucho *Spodoptera frugiperda*, principal praga da cultura aqui no Brasil. Uma das tecnologias voltada para seu controle são os Organismos Geneticamente Modificados, que na prática compõem o conjunto de cultivares transgênicos de milho.

Os adultos da *Spodoptera frugiperda* (J.E.Smith, 1797) são mariposas pertencentes à ordem Lepidóptera, família Noctuidae. Sua coloração varia de cinza escuro a marrom. Cápsulacefálica com a sutura frontal não alcançando o vértice da cabeça. Tem hábito canibal por isso é comum encontrar-se uma lagarta no cartucho. Podem ser encontradas em diferentes instares, num mesmo cartucho, separadas pelas lâminas das folhas. O prejuízo advém de destruição completa do cartucho.

Em períodos de seca a população aumenta e ataca a planta no início, cortando-a rente ao solo semelhante ao ataque da lagarta rosca.

O objetivo do presente estudo foi avaliar a praticabilidade e eficiência agronômica do efeito da associação de cultivar transgênico e convencional de milho

na distribuição espacial e no comportamento alimentar da lagarta do cartucho *S. frugiperda* no município de Bandeirantes - PR.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido na Universidade Estadual do Norte do Paraná *Campus Luiz Meneghel* (UENP), localizada em Bandeirantes - PR, latitude 23°06'31" S; longitude 51°21'26" W e altitude de 420m (GOOGLE EARTH, 2018).

O estudo foi dividido em duas épocas de cultivo do milho: a primeira época em 2018/2019 e a segunda em 2019. O método de plantio da cultura foi em faixas, sendo o primeiro plantio realizado na data de 21 de Dezembro de 2018 e o segundo na data de 31 de Maio de 2019, semeados em faixas de 324m<sup>2</sup> (5,4x60m), espaçamento de 0,9m entre linhas e densidade de 6 plantas/m, distribuído de forma que o cultivar convencional fosse plantado nas laterais e o transgênico no centro. Para uma melhor identificação utilizou-se bandeiras e estacas de cor branca para diferenciar as áreas de convencional e transgênico, o cultivar convencional utilizado foi al bandeirante (di solo sementes), e o cultivar transgênico utilizado foi vt pro 3 (semente agroceres).

As avaliações foram divididas em dois tipos sendo respectivamente contagem do número de lagarta e a análise visual; estas foram feitas de 7 em 7 dias iniciando-se a partir de 7 dias após a emergência (DAE) estendendo-se até 35 DAE.

Para avaliação das lagartas foram coletadas 50 plantas/linha/acaso, aberto o cartucho e contado o número de lagartas encontradas vivas. A segunda, feita de forma visual, foram avaliados os danos das lagartas nas folhas conforme um índice estipulado de notas de zero a cinco adaptadas de Carvalho (1970), nesta avaliação foram tomadas 25 plantas/linha/acaso e assim anotados estes dados. Para comparação das médias foi empregado o teste T de Student de acordo com Cantieri et al. (2001).

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 está apresentado o número médio de lagartas de *S. frugiperda* ocorreram nos dois cultivares de milho avaliado.

DEZEMBRO/2018	DIAS APÓS EMERGÊNCIA				
	7 DAE <sup>1</sup> 2	14 DAE <sup>1</sup> 2	21 DAE <sup>1</sup> 2	28 DAE <sup>1</sup> 2	35 DAE <sup>1</sup> 2
COVENCIONAL	0	0,66 a	0,94 a	0,68 a	0,56 a
TRANSGÊNICO	0	0,16 b	0,48 b	0,70 a	0,38 a
MAIO/2019	7 DAE <sup>1</sup> 2	14 DAE <sup>1</sup> 2	21 DAE <sup>1</sup> 2	28 DAE <sup>1</sup> 2	35 DAE <sup>1</sup> 2
CONVENCIONAL	0	0,7 a	0,14 a	0,38 a	0,28 a
TRANSGÊNICO	0	0,2 b	0 b	0 b	0,06 b

Tabela 1. Número médio de lagartas de *S. frugiperda* encontradas nas avaliações em experimento na cultura de milho. Bandeirantes. PR. 2019.

1. Médias sem transformações.

2. Médias seguidas de mesmas letras nas colunas não diferem entre si pelo teste T de Student.

Verifica-se, que houve diferença significativa no número médio de lagartas no cultivo do milho de dezembro/2018 aos 14 e 21 DAE entre os cultivares convencionais e transgênicos.

A partir dos 28 DAE não houve diferença significativa na contagem do número de lagartas entre os cultivares comparados. No cultivo de maio/2019 o milho transgênico se mostrou com média menor na contagem do número de lagarta comparado com o milho convencional comprovando que os danos são maiores no milho convencional do que no transgênico, corroborando assim, com Moraes et al. (2012) que afirmam ser os danos provocados pela lagarta-do-cartucho mais severos nos híbridos convencionais de milho do que em suas versões transgênicas.

A diferença entre o número médio de lagartas do milho convencional e transgênico do primeiro cultivo e do segundo cultivo provem da diferença do tempo das duas épocas, pois no segundo cultivo ocorreram baixas temperaturas fazendo com que não houvesse um número de lagarta parecido, contudo, os danos causados por estas lagartas são irreversíveis, com isso, os danos permanecem nas folhas por isso a média das notas foram elevadas.

Avaliando os danos causados pela lagarta do cartucho em plantas de milho, Araújo et al (2011), relataram que independentemente da época de ocorrência do inseto, o dano foi sempre menor nas variedades geneticamente modificadas quando comprados com variedades convencionais, o que está em discordância com os resultados obtidos neste experimento.

Na Tabela 2 estão apresentadas as médias das notas atribuídas aos danos de *S. frugiperda* em experimento na cultura do milho.

DEZEMBRO/2018	DIAS APÓS EMERGÊNCIA				
	7 DAE <sup>1</sup> 2	14 DAE <sup>1</sup> 2	21 DAE <sup>1</sup> 2	28 DAE <sup>1</sup> 2	35 DAE <sup>1</sup> 2
COVENCIONAL	0	1,52 a	2,48 a	2,96 a	1,44 a
TRANSGÊNICO	0	0,6 b	1,24 b	1,28 b	0,8 b
MAIO/2019	7 DAE <sup>1</sup> 2	14 DAE <sup>1</sup> 2	21 DAE <sup>1</sup> 2	28 DAE <sup>1</sup> 2	35 DAE <sup>1</sup> 2
CONVENCIONAL	0	2,24 a	3,32 a	3,04 a	1,6 a
TRANSGÊNICO	0	0,64 b	1,36 b	1,8 b	1,56 a

Tabela 2. Média das notas atribuídas aos danos de *S. frugiperda* em experimento na cultura de milho. Bandeirantes, PR. 2019.

1. Médias sem transformações.

2. Médias seguidas de mesmas letras nas colunas não diferem entre si pelo teste T de Student.

Verifica-se, que nas duas épocas de cultivo dezembro/2018 e maio/2019 a média das notas referente à análise visual dos danos foi maior no cultivar convencional do que no cultivar transgênico, sendo assim, este é outro fator que justifica o número médio de lagartas do milho convencional ser maior que o número médio de lagartas do milho transgênico.

## 4 | CONCLUSÕES

Conclui-se que a lagarta do cartucho tem certa vulnerabilidade ao cultivar transgênico, daí a razão de aparecer em maior número no cultivar convencional.

O cultivo convencional apresentou maior número de lagartas e consequentemente, maior dano nas folhas comparativamente ao cultivar transgênico.

As lagartas estiveram presentes em toda a área do experimento, independentemente das cultivares, sugerindo assim, a distribuição ao acaso do inseto.

## AGRADECIMENTOS

À Fundação Araucária pela bolsa concedida para realização da presente pesquisa.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, L. F.; SILVA, A. G.; CRUZ, I.; CARMO, E. L.; NETO, A. H.; GOULART, M. M. P.; RATTES, J. F. Flutuação populacional de *Spodoptera frugiperda* (J. E. SMITH), *Diatraea saccharalis* (FABRICIUS) e *Doru luteipes* (SCUDDER) em milho convencional e transgênico Bt. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.10, n.3, p. 205-214, 2011.

CANTERI, M.G.; ALTHAUS, R.A.; VIRGENS FILHO, J.S.; GIGLIOTTI, E.A.; GODOY, C.V. **Sasm-Agro: Sistema para análise e separação de médias em experimentos agrícolas pelos métodos Scott-Knott, Tukey e Duncan.** Revista Brasileira de Agrocomputação, v.1; n.2; p. 18-24, 2001.

CARVALHO, R.P.L. **Danos, flutuação da população, controle e comportamento de *Spodoptera frugiperda* (J.E.Smith, 1797) e susceptibilidade de diferentes genótipos de milho em condições de campo.** 1970. 170f. Tese (Doutorado em Agronomia) ESALQ/USP, Piracicaba, SP.

GOOGLE EARTH. **Maps.** 2018. Disponível em <https://earth.google.com/web/>. Acessado em 11/ abr/2018.

MORAES, A. R. A.; LOURENÇO, A. L.; PATERNIANI, M. E. A. G. Z.; GALLO, P. B.; DUARTE, A. P. **Avaliação da produtividade e dos danos causados por *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) em híbridos de milho convencionais e transgênicos no estado de São Paulo.** In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO 29. Águas de Lindóia, 26 a 30 de agosto de 2012.

## DIAMIDES: MODE OF ACTION AND INSECT RESISTANCE

Data de aceite: 12/05/2020

**Ciro Pedro Guidotti Pinto**

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal - SP.

<http://lattes.cnpq.br/2552246775832640>

**ABSTRACT:** Diamides are insecticides that act in the ryanodine receptors, calcium channels in insect muscles. The dysfunction of such channels paralyzes insects, leading to death by asphyxiation or starvation. Mutations in sites of the ryanodine receptor can cause the resistance to diamides. There are tools and techniques that allow us to understand and avoid future insect resistance to the available modes of action. In addition, it is necessary to advocate the development of new technologies for pest control.

**KEYWORDS:** Pest control, calcium channel, ryanodine, paralysis.

**DIAMIDAS: MODO DE AÇÃO E RESISTÊNCIA DE INSETOS**

**RESUMO:** As diamidas são inseticidas que

agem nos receptores de rianodina, canais de cálcio na musculatura dos insetos. A disfunção de tais canais paralisa os insetos levando-os à morte por asfixia ou inanição. Mutações em sítios do receptor de rianodina podem ocasionar a resistência dos insetos às diamidas. Há ferramentas e técnicas que nos permitem conhecer e evitar futura resistência de insetos aos modos de ação disponíveis. Além disso, deve-se preconizar o desenvolvimento de novas tecnologias para o controle de pragas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Controle de pragas, canal de cálcio, rianodina, paralisia.

### 1 | LITERATURE REVIEW

#### 1.1 Ryanodine Receptors

Ryanodine receptors are homotetramer transmembrane channels, being the largest ion channels known, with a molecular weight of approximately 2.2MDa. These receptors are formed by 4 subunits, each composed of about 5000 amino acids (Figure 1).

Ryanodine receptors regulate and pump  $\text{Ca}^{2+}$  from the sarcoplasmic reticulum to the cytosol. Nevertheless, the name of this receptor was given in honor to ryanodine, a toxic substance produced by the plant species

*Ryania speciosa* that acts as an allosteric molecule in specific sites in the receptor. The original activators of the ryanodine receptors are  $\text{Ca}^{2+}$  ions from extracellular fluids (COOPER, 2016).

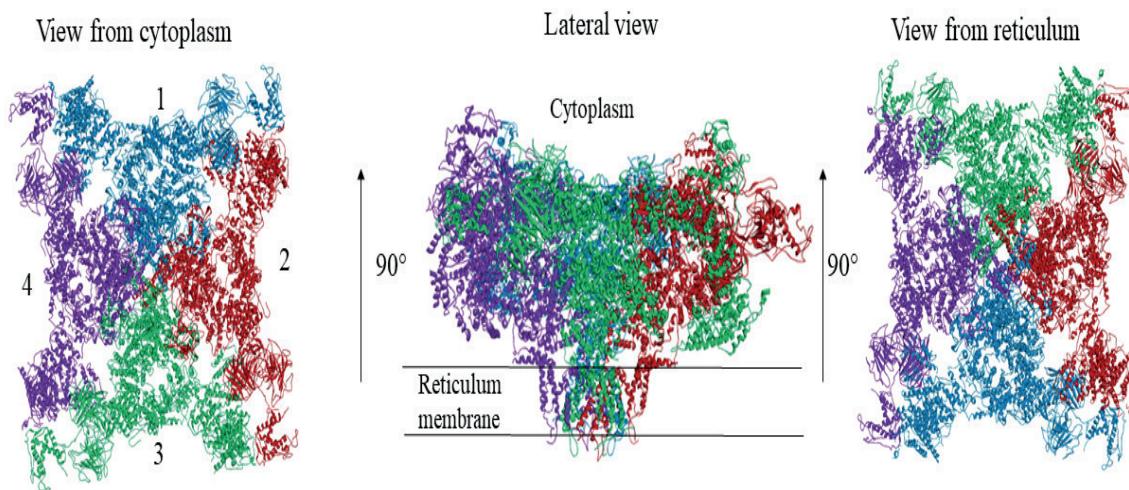


Figure 1. Overview of the homotetramer architecture of the *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) ryanodine receptor modeled from its primary structure (NCBI reference sequence: NP\_001296002.1).

## 1.2 Diamides

Diamides are insecticides that promote dysfunctions in ryanodine receptors. In Brazil this mode of action is registered for controlling lepidopteran and coleopteran pests (IRAC, 2017; AGROFIT, 2020). This class of insecticide is the most recent, launched in 2006 by Bayer with the active ingredient flubendiamide, followed by chlorantraniliprole (DuPont) and cyantraniliprole (Syngenta) (HIROOKA et al., 2007). The mode of action of such insecticides is based on the uncontrolled calcium release from the sarcoplasmic reticulum into muscle fibers due to the abnormal modulation of the ryanodine receptor. In the insect organism, such calcium release causes irreversible muscle contraction, leading to a rapid food uptake paralysis, lethargy, heart muscle failure and finally death (TOHNISHI et al., 2005).

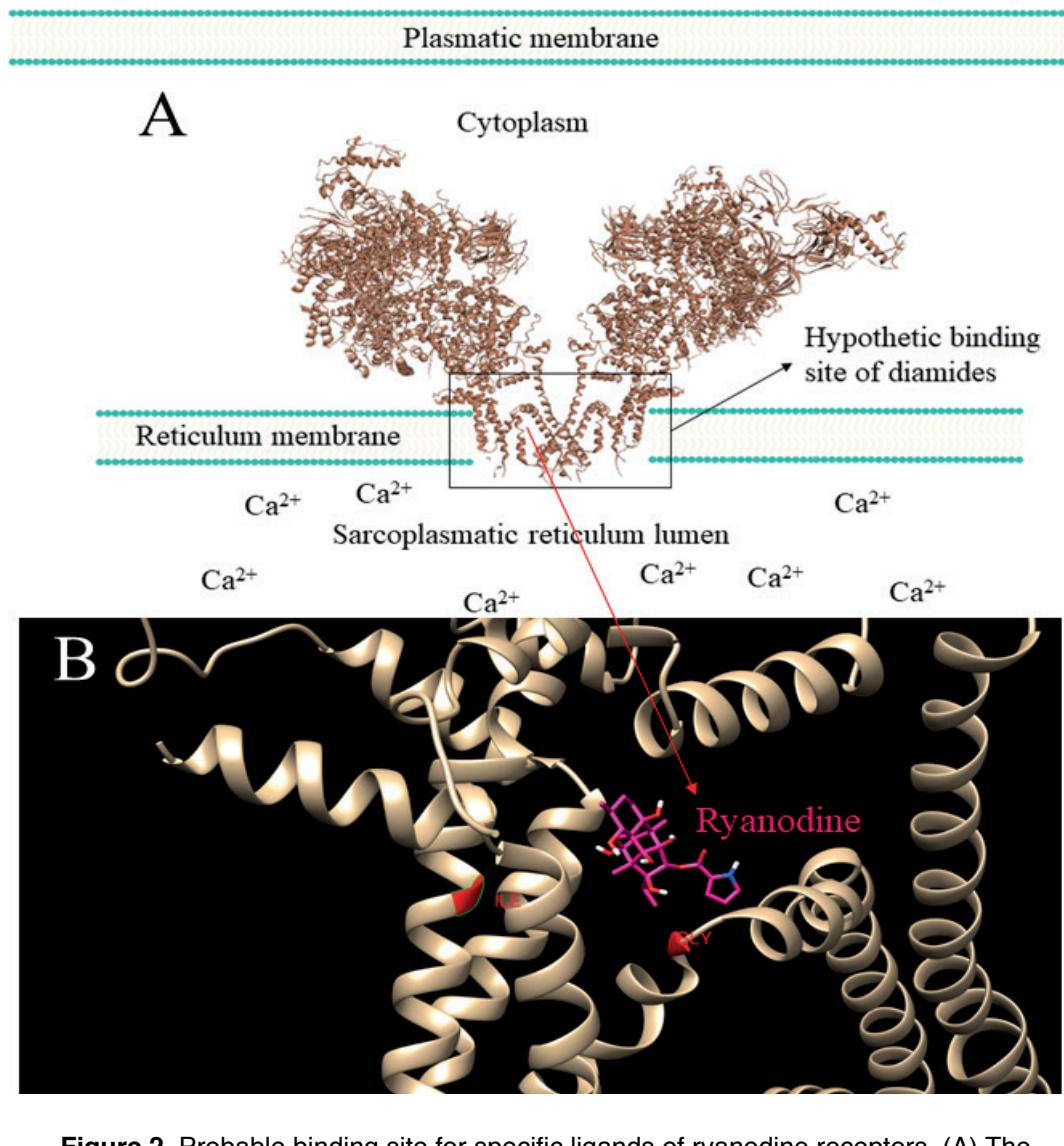
It was found that chlorantraniliprole and cyantraniliprole compete for the same binding site, on the other hand, flubendiamide and ryanodine increase the sensitivity of the receptor to chlorantraniliprole (ISAACS et al., 2012). Thus, hypothetically the anthranilic diamides, phthalic acid diamides and ryanodine bind to different, but somehow, related sites.

## 1.3 Receptor mutations and insect resistance

Studies have shown that mutations in the amino acids G4946E and I4790M in *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) and in the homologues G4903E and

I4746M in *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) are related to the development of resistance to diamides (RODITAKIS et al., 2017; TROCZKA et al., 2012). Furthermore, in a population of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) resistant to chlorantraniliprole, it was shown that an isoleucine was replaced by a methionine in the position I4790M (BOAVENTURA et al., 2020). In addition, by virtual docking, it was confirmed that the responsible mutations for insect resistance to diamides are located in specific sites in the transmembrane region of the ryanodine receptor (LIN et al., 2019). Additionally, a region close to the N-terminal (residues 183-290) of *Bombyx mori* (Lepidoptera: Bombycidae) and two located within the C-terminal of transmembrane region of *Drosophila* (residues 4610-4655) ryanodine receptor also showed sensitivity to such insecticides (KATO et al., 2009; TAO et al., 2013).

Thus, it is well accepted that diamides or ryanodine bind in the transmembrane C-terminal region. As exemplified in Figure 2, this region is formed by a series of 6  $\alpha$ -helices, and the probable binding site for diamides or ryanodine has as key Glycine residues, present in the  $\alpha$ -helices 4 and 5, and Isoleucine, present in the  $\alpha$ -helix 2 (TROCZKA et al., 2015; KATO et al., 2009; TAO et al., 2013; RODITAKIS et al., 2017).



**Figure 2.** Probable binding site for specific ligands of ryanodine receptors. (A) The transmembrane region houses the binding sites for ligands, such as ryanodine. (B) In red, amino acid residues that probably are directly related to receptor modulation. In pink, the probable position that ryanodine takes inside the receptor. Model generated with *Chilo supresalis* (Lepidoptera: Crambidae) ryanodine receptor (NCBI reference sequence: AFN70719.1) based on the three-dimensional structure of *Oryctolagus cuniculus* (Mammalia: Lagomorpha: Leporidae) (Protein data base code: 6FG3; <https://www.rcsb.org/>). Docking simulation performed by AutodockVina and models edited by Chimera Software<sup>TM</sup>.

## 2 | FUTURE PERSPECTIVES

Even though diamides are the earliest class of insecticides to be launched in the market, there are already several documented cases of insect resistance (APRD, 2020). Thus, in addition to the correct use of this technology, rotating the use of different modes of action is essential to avoid insect resistance.

Given the challenges of pest control, ryanodine receptors are attractive targets for insecticide design. Laboratory studies and bioinformatic tools can help us to better understand mechanisms of action and provide new models for development of novel, efficient and selective molecules.

## ACKNOWLEDGEMENTS

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001.

## REFERENCES

- AGROFIT. **Agrofit: Sistema de agrotóxicos fitossanitários**. Disponível em: [http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons). Acesso em 14 Mar. 2020.
- APRD. **Arthropod Pesticide Resistance Database**, online. Disponível em: <<http://www.pesticideresistance.org/>>. Access: 14 mar 2020.
- BOAVENTURA, D.; BOLZAN, A.; PADOVEZ, F. E.; OKUMA, D. M.; OMOTO, C.; NAUEN, R. **Detection of a ryanodine receptor target-site mutation in diamide insecticide resistant fall armyworm, *Spodoptera frugiperda***. Pest Management Science, v.76, n.1, p.47-54, 2020.
- COOPER, G. M. **A Célula: Uma Abordagem Molecular**. Artmed Editora, 2016.
- HIROOKA, T.; NISHIMATSU, T.; KODAMA, H.; RECKMANN, U.; NAUEN, R. **The biological profile of flubendiamide, a new benzenedicarboxamide insecticide**. Pflanzenschutz Nachrichten-Bayer-English Edition, v.60, n.2, p.183, 2007.
- IRAC- Insect Resistance Action Conceal. **IRAC Mode of Action Classification Scheme** v. 8.3. 2017.
- ISAACS, A. K.; QI, S.; SARPONG, R.; CASIDA, J. E. **Insect ryanodine receptor: distinct but coupled insecticide binding sites for [N-C3H3] chlorantraniliprole, flubendiamide, and [3H] ryanodine**. Chemical Research in Toxicology, v.25, n.8, p.1571-1573, 2012.
- KATO, K.; KIYONAKA, S.; SAWAGUCHI, Y.; TOHNISHI, M.; MASAKI, T.; YASOKAWA, N.; N.; MIZUNO, Y.; MORI, E.; INOUE, K.; HAMACHI, I.; TAKESHIMA, H. **Molecular characterization of flubendiamide sensitivity in the lepidopterous ryanodine receptor Ca<sup>2+</sup> release channel**. Biochemistry, v.48, n.43, p.10342-10352, 2009.
- LIN, L.; HAO, Z.; CAO, P.; YUCHI, Z. **Homology modeling and docking study of diamondback moth ryanodine receptor reveals the mechanisms for channel activation, insecticide binding and resistance**. Pest Management Science, v.76, n.4, p.1291-1303, 2019.
- RODITAKIS, E.; STEINBACH, D.; MORITZ, G.; VASAKIS, E.; STAVRAKAKI, M.; ILIAS, A.; GARCÍA-VIDAL, L.; MARTÍNEZ-AGUIRRE, M.D.R.; BIELZA, P.; MOROU, E.; SILVA, J.E. **Ryanodine receptor point mutations confer diamide insecticide resistance in tomato leafminer, *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae)**. Insect Biochemistry and Molecular Biology, v.80, p.11-20, 2017.
- TAO, Y.; GUTTERIDGE, S.; BENNER, E. A.; WU, L.; RHOADES, D. F.; SACHER, M.D.; RIVERA, M.A.; DESAEGER, J.; CORDOVA, D. **Identification of a critical region in the *Drosophila* ryanodine receptor that confers sensitivity to diamide insecticides**. Insect Biochemistry and Molecular Biology, v.43, n.9, p.820-828, 2013.
- TOHNISHI, M.; NAKAO, H.; FURUYA, T.; SEO, A.; KODAMA, H.; TSUBATA, K.; FUJIOKA, S.; KODAMA, H.; HIROOKA, T. **NISHIMATSU, T. Flubendiamide, a novel insecticide highly active against lepidopterous insect pests**. Journal of Pesticide Science, v.30, n.4, p.354-360, 2005.
- TROCZKA, B.; ZIMMER, C. T.; ELIAS, J.; SCHORN, C.; BASS, C.; DAVIES, T. G E.; FIELD, L. M.; W.; MARTIN S.; SLATER, R.; NAUEN, RALF. **Resistance to diamide insecticides in diamondback moth, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) is associated with a mutation in the**

**membrane-spanning domain of the ryanodine receptor.** Insect Biochemistry and Molecular Biology, v.42, n.11, p.873-880, 2012.

TROCZKA, B.J.; WILLIAMS, A.J.; WILLIAMSON, M.S.; FIELD, L.M.; LÜEMMEN, P.; DAVIES, T.E. **Stable expression and functional characterisation of the diamondback moth ryanodine receptor G4946E variant conferring resistance to diamide insecticides.** Scientific reports, v.5, p.14680, 2015.

# CAPÍTULO 9

## ESTUDO DA DISTRIBUIÇÃO DE AR EM SECADOR E INFLUÊNCIA NA QUALIDADE DO PRODUTO SECO

Data de aceite: 12/05/2020

Data de submissão: 20/02/2020

de Engenharia Química,

João Pessoa – PB.

<http://lattes.cnpq.br/5620795941510888>

**Claudiana Queiroz Gouveia**

Universidade Federal da Paraíba, Programa de  
Pós-Graduação em Engenharia Química,  
João Pessoa – PB.

<http://lattes.cnpq.br/4191595361430805>

**Quissi Alves da Silva**

Universidade Federal da Paraíba, Programa de  
Pós-Graduação em Engenharia Química,  
João Pessoa – PB.

<http://lattes.cnpq.br/9857393835255978>

**Pollyanna Cristina Gomes e Silva**

Universidade Federal da Paraíba, Programa de  
Pós-Graduação em Engenharia Química,  
João Pessoa – PB.

<http://lattes.cnpq.br/7216821754314681>

**Lucas Araujo Trajano Silva**

Universidade Federal da Paraíba, Departamento  
de Engenharia Química,  
João Pessoa – PB.

<http://lattes.cnpq.br/6743151834941769>

**Natan Alves dos Santos**

Universidade Federal da Paraíba, Programa de  
Pós-Graduação em Engenharia de Materiais,  
João Pessoa – PB.

<http://lattes.cnpq.br/9775018137376479>

**Wanessa Elaine da Silva Oliveira**

Universidade Federal da Paraíba, Departamento  
de Engenharia Química,  
João Pessoa – PB.

<http://lattes.cnpq.br/6623019138376946>

**Elielson da Silva Lira**

Universidade Federal da Paraíba, Departamento  
de Engenharia Química,  
João Pessoa – PB.

<http://lattes.cnpq.br/8051314692056734>

**Ailson José Lourenço Alves**

Universidade Federal da Paraíba, Departamento  
de Engenharia Química,  
João Pessoa – PB.

<http://lattes.cnpq.br/6127209482897605>

**Tatiana Dias Romão**

Universidade Federal da Paraíba, Programa de  
Pós-Graduação em Engenharia Química,  
João Pessoa – PB

<http://lattes.cnpq.br/1962729180883095>

**Mariana Fortini Moreira**

Universidade Federal da Paraíba, Programa de  
Pós-Graduação em Engenharia Química,  
João Pessoa – PB.

<http://lattes.cnpq.br/6790895366309595>

**Josilene de Assis Cavalcante**

Universidade Federal da Paraíba, Departamento

**RESUMO:** O trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar a distribuição de ar em um secador de bandejas. Comparou-se o comportamento do escoamento de ar que chegava a duas bandejas dispostas em alturas diferentes dentro do secador, a “bandeja 1” (mais próxima a saída de ar), e a “bandeja 3” (mais distante da saída de ar), avaliando-se de que modo a distribuição do ar interferia na secagem de alimentos afetando a qualidade desses produtos. A distribuição do ar foi estudada usando dois tipos de anemômetros (manual e digital), dividindo as bandejas dentro do secador em quadrantes, para que se garanta uma maior qualidade nas medidas abrangendo toda a superfície das bandejas e dessa forma foram realizadas medidas da velocidade do ar em quatro pontos de cada quadrante. Posteriormente, foram avaliados dados de atividade de água para espinafre desidratado nesse secador de modo a analisar como a distribuição do ar afetou a qualidade do produto. Averiguou-se que o secador tem distribuição de ar não uniforme, no qual, a velocidade de secagem aumenta da esquerda para a direita e que isso gerou variação das atividades de água do espinafre que foi seco do lado esquerdo para o do lado direito, reduzindo assim a qualidade do produto, bem como, possível redução no tempo de vida útil deste produto. Compreende-se assim que a distribuição do ar de secagem é um componente fundamental e possui grande influência no sucesso do processo de secagem.

**PALAVRAS-CHAVE:** Secagem, bandeja, atividade de água.

## STUDY OF AIR DISTRIBUTION IN DRYER AND INFLUENCE ON DRY PRODUCT QUALITY

**ABSTRACT:** The work was developed with the objective of evaluating the air distribution in a tray dryer. The behavior of the air flow reaching the two trays, arranged at different heights inside the dryer, were compared; the “tray 1” (closer to the air outlet), and the “tray 3” (farther from the air outlet), was compared, and it was evaluated how the air distribution interfered in the drying of food affecting the quality of these products. The air distribution was studied using two types of anemometers (manual and digital), dividing the trays inside the dryer into quadrants, in order to ensure a higher quality in the measurements covering the entire surface of the trays and thus measurements of air speed were made at four points of each quadrant. Later, water activity data for dehydrated spinach in this dryer was evaluated in order to analyze how the air distribution affected the quality of the product. It was found that the dryer has an uneven air distribution, in which the drying speed increases from left to right and that this generated a variation in the spinach water activity that was dried from left to right, thus reducing the quality of the product, as well as a possible decrease in the useful life of this product. It is thus understood that the distribution of the drying air is a fundamental component and has a great influence on the success of the drying process.

**KEYWORDS:** Drying, tray, water activity.

## 1 | INTRODUÇÃO

A secagem é uma operação unitária muito antiga que é aplicada para a conservação de alimentos. Reduz a quantidade de água presente no material inabilitizando assim o crescimento microbiano e as reações físico-químicas que atuam na degradação do alimento (LEITE, 2018; SILVA, 2015; GURGEL, 2014). É considerado um método vantajoso, pois devido à redução de volume do material provoca redução dos custos de embalagem, armazenamento e transporte (JORGE, 2014; OLIVEIRA, 2014).

Para agroindústrias de pequeno porte, a secagem é uma operação que viabiliza o aproveitamento de toda a produção, permitindo a comercialização de produtos na entressafra ou épocas de menor produção, melhora também o armazenamento de excedentes e aproveita toda a mão de obra familiar (PEREIRA, 2015). A utilização da secagem para agroindústrias familiares também pode contribuir para a diferenciação do produto e agregando valor.

A desidratação de frutas e hortaliças é uma técnica que auxilia o produtor rural a minimizar perdas no armazenamento, transporte e comercialização dos produtos, o que resulta em maior tempo de vida útil com a retirada da água. A partir da secagem artificial é possível obter frutas e hortaliças com melhor qualidade do que as obtidas por exposição direta ao sol. O uso de secador permite a redução do tempo de secagem e controle das condições sanitárias. O produto fica protegido contra poeira, ataque de insetos, pássaros e roedores (ROCHA, 2008).

A secagem normalmente é realizada em secadores de convecção forçada de ar quente, que pode ter o formato de silos ou túneis, no qual o material a ser seco é disposto em badejas de modo a facilitar a passagem de ar (SANTOS, 1998). O ar é o meio de secagem mais aplicado, devido a sua abundância na natureza, conveniência e facilidade no controle do aquecimento do alimento (VASCONCELOS e MELO FILHO, 2010).

Nos secadores, a velocidade do ar e temperatura de secagem podem ser ajustados de acordo com a necessidade de cada alimento, devendo a distribuição do ar dentro do secador ser uniforme, de modo a permitir a padronização dos produtos e garantir que todos possuam a mesma qualidade. Isso é importante, pois os fenômenos de transferência de calor e massa são afetados pela velocidade de deslocamento da corrente de ar, e diferenças no fluxo de ar dentro do secador provocam diferentes taxas de secagem para o mesmo material (JANKOWSKY, 2011; JANKOWSKY, 1995).

Problemas que podem ocorrer devido à má distribuição do ar de secagem são: maior tempo de secagem que o necessário e com isso maior consumo de energia, menor redução de umidade do material que a desejada e consequentemente maior

atividade de água que a ideal para impossibilitar crescimento microbiano.

Neste sentido o presente trabalho foi realizado com a finalidade de estudar o comportamento da distribuição de ar no interior de secadores de alimentos e analisar de que modo essa distribuição pode afetar a qualidade do produto tendo em vista a escassez de estudos acerca desse assunto.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Distribuição da velocidade no secador

Para realização do experimento foi utilizado um secador convectivo de bandejas vertical (Figura 1) do Laboratório de Engenharia de Alimentos (LEA) da Universidade Federal da Paraíba. Este é um tipo de secador que opera em bateladas (descontínuo) sendo bem simples, constituído de uma câmara de secagem onde as bandejas são posicionadas. Para medição das velocidades do ar utilizou-se dois anemômetros sendo um de leitura digital e o outro manual.



Figura 1. Secador de bandejas utilizado no estudo.

Para o estudo, as leituras foram obtidas em três temperaturas distintas, variando entre 50°C, 60°C e 70°C, respectivamente. Na câmara de secagem foram adicionadas duas bandejas, posicionadas nos espaços 1 (mais próximo da saída de ar) e 3 (mais distante da saída de ar), cada uma dessas foi dividida em quatro quadrantes e em cada um deles foram realizadas quatro leituras, obtendo assim 16 medidas de velocidade por bandeja de acordo com esquema mostrado na Figura 2. Essas medidas foram obtidas para cada bandeja com os dois tipos de anemômetros e para as três temperaturas. Neste ensaio a velocidade do ar é fator importante para o processo de secagem, uma vez que um fluxo maior ou menor de ar pode

interferir na transferência de massa, qualidade de secagem e no tempo utilizado para executar o processo.

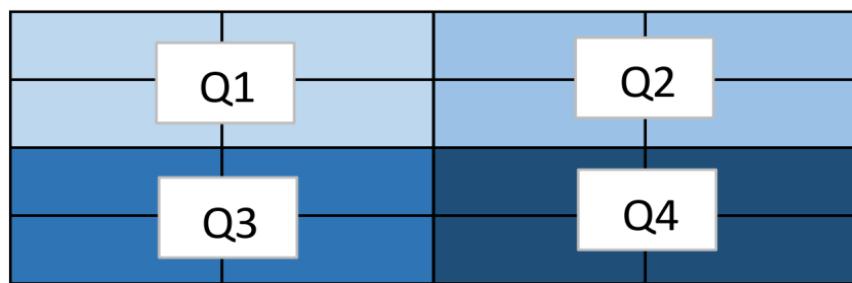


Figura 2. Esquema de realização das medições de velocidade em cada bandeja.

De posse dos dados obtidos com essas medidas foram realizadas médias das velocidades dispostas em cada coluna do esquema apresentado acima, para que assim fosse possível obter um perfil da distribuição de velocidade no secador da esquerda para a direita.

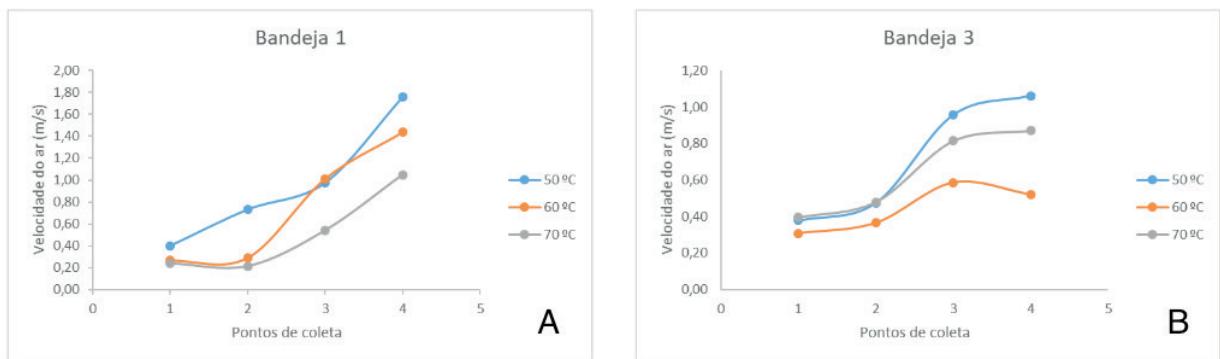
## 2.2 Influência da distribuição do ar na qualidade do produto seco

Para avaliar a influência da distribuição do ar dentro do secador na qualidade do produto seco o parâmetro analisado foi à atividade de água (aw). Dessa forma, foi realizada avaliação dos dados de atividade de água obtidos para o espinafre seco, no secador investigado neste trabalho, por alunos da disciplina de Operações Unitárias II do curso de Engenharia Química da Universidade Federal da Paraíba.

# 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

## 3.1 Velocidade do ar com anemômetros manual e digital

A partir do comportamento apresentado na Figura 3A e B, foi possível perceber que a distribuição do ar medida (com anemômetro manual) no secador estudado não possui uniformidade e demonstra crescimento no sentido da esquerda para a direita em todas as temperaturas avaliadas e para as diferentes alturas das bandejas.



Observou-se que para a bandeja 1 as diferenças entre as velocidades das extremidades esquerda e direita foram mais acentuadas que para a bandeja 3. Na avaliação da bandeja 1 houve um crescimento de até 442,4% a 60°C e para a bandeja 3 o acréscimo máximo foi de 181,4% e ocorreu a 50°C.

Na Figura 4 se tem o comportamento apresentado pela distribuição do ar no secador através das medidas realizadas com anemômetro digital.

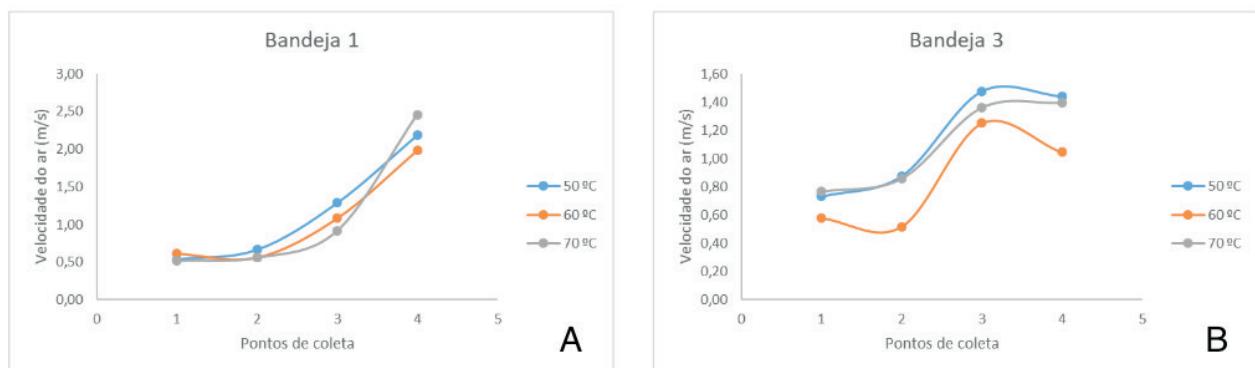


Figura 4. Distribuição da velocidade do ar de secagem medida com anemômetro digital em: (A) bandeja 1 e (B) bandeja 3.

Para a bandeja 1 o maior acréscimo de velocidade entre as extremidades do secador foi de 377,2% a 70°C e para a bandeja 3 96,9% a 50°C. Comparando esses valores máximos com os obtidos com o anemômetro manual percebeu-se que são muito diferentes fato que pode ser justificado tanto pela falta de uniformidade na distribuição do ar quanto pela diferença na sensibilidade entre os dois métodos de aferição.

No entanto, constatou-se que para as duas formas de medida a bandeja 3 apresentou melhor distribuição do ar quente, ou seja, menores variações de velocidade para todas as temperaturas nos quatro pontos de coleta de dados.

Esse resultado pode estar relacionado com a posição da bandeja 3, que está mais distante da alimentação de ar e acima da bandeja 1, ou seja, é possível que ao

longo da altura do secador o ar seja melhor distribuído, visto que a alimentação é de baixo para cima.

### 3.2 Influência da distribuição de ar na qualidade do produto seco

Na Tabela 1 estão apresentados os dados de atividade de água utilizados para avaliar a influência que a má distribuição do ar de secagem possui sobre a qualidade do produto seco.

Temperatura	Velocidade lado esquerdo (m/s)	Velocidade lado direito (m/s)	Atividade de água lado esquerdo (aw)	Atividade de água lado direito (aw)	Atividade de água do material in natura
50 °C	0,51	1,72	0,812	0,746	0,998
70 °C	0,35	1,32	0,739	0,718	0,998

Tabela 1. Dados de atividade de água (aw) para o espinafre seco nos lados esquerdo e direito do secador a diferentes temperaturas.

De acordo com a análise dos dados da Tabela 1, é possível afirmar que a má distribuição do ar quente dentro do secador, causada pela variação de velocidade entre o lado esquerdo e direito, afetou a atividade de água final do produto. O lado esquerdo do secador que recebeu ar em menores velocidades apresentou maiores valores de atividade de água que o lado direito. Essa variação foi mais acentuada na temperatura de 50°C.

A atividade de água caracteriza o estado da água nos alimentos, dessa forma é uma medida da disponibilidade de água para viabilizar alterações físicas, químicas ou biológicas (JORGE, 2014; LEITE, 2018). A atividade de água varia em uma escala de 0 a 1, quanto mais próxima de 0, menor é a possibilidade de haver crescimento microbiano no material seco. Dessa forma uma má distribuição do ar de secagem no interior do secador pode comprometer a qualidade do produto por não possibilitar que a secagem reduza a atividade de água do material até o nível necessário e causando assim uma diminuição no tempo de conservação do alimento.

## 4 | CONCLUSÕES

Concluiu-se, portanto que o secador estudado apresenta distribuição do ar de secagem não uniforme, comportamento que foi observado nas diferentes temperaturas testadas. As medidas com os anemômetros manual e digital indicaram que o aumento da velocidade dentro do secador ocorre da esquerda para a direita e

é mais acentuado na bandeja 1 comparado com a bandeja 3, o que pode ter relação com a proximidade da bandeja 1 da região de alimentação de ar.

As maiores variações de velocidade encontradas foram 442,4% a 60°C pelo anemômetro manual, e 377,2% a 70°C pelo anemômetro digital, ambas para a bandeja 1.

A qualidade do produto seco é negativamente afetada pela má distribuição de ar no secador devido às variações promovidas na atividade de água o que prejudica a eficiência da secagem e consequentemente a conservação do alimento, além de dificultar a padronização do produto.

## AGRADECIMENTOS

Ao coordenador e técnicos do Laboratório de Engenharia de Alimentos pela disponibilidade dos equipamentos e acessórios.

## REFERÊNCIAS

GURGEL, C. E. M. R. **Secagem da polpa da graviola (*Annona muricata L.*) em camada de espuma - desempenho do processo e características do produto.** 93 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2014.

JANKOWSKY, I. P. **Equipamento e processos para secagem de madeira.** Anais do Seminário Internacional de Utilização da Madeira de Eucalipto Para Serraria, São Paulo, p.109-118, abr. 1995. Disponível em: <[https://www.ipef.br/publicacoes/seminario\\_serraria/cap11.pdf](https://www.ipef.br/publicacoes/seminario_serraria/cap11.pdf)>. Acesso em: 03 out. 2019.

JANKOWSKY, I. P. **Secagem de madeira equipamento e processos.** Revista da Madeira: Wood Magazine, [s.l], n.128, p.1-1, ago.2011. Disponível em: <[http://www.remade.com.br/revistadamadeira\\_materia.php?num=1554&subject=Secagem&title=Secagem%20de%20madeira%20equipamento%20e%20processos](http://www.remade.com.br/revistadamadeira_materia.php?num=1554&subject=Secagem&title=Secagem%20de%20madeira%20equipamento%20e%20processos)>. Acesso em: 03 out. 2019.

JORGE, A. **Avaliação comparativa entre processos de secagem na produção de tomate em pó.** 70 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2014.

LEITE, A. C. N. **Estudo da cinética de secagem em camada de espuma (*foam-mat drying*) da hortelã-da-folha-miúda (*Mentha crispa*).** 108 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2018.

OLIVEIRA, A. S. B. **Estudo da secagem de casca de abacaxi visando desenvolvimento de chá a partir do produto seco.** 100 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal), Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2014.

PEREIRA, T. S. **Estudo da secagem da clara de ovo em camada de espuma (*Foam-mat drying*).** 2015. 95 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas Agroindustriais) - Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, 2015.

ROCHA, J. E. D. **Prosa Rural - Secador para desidratação de frutas, hortaliças e condimentos.** 2008. Elaborada pela Embrapa. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/prosa-rural/busca-de-noticias/-/noticia/2501111/prosa-rural---secador-para-desidratacao-de-frutashortalicas-e-condimentos>>.

Acesso em: 03 out. 2019.

**SANTOS, F. B. F. Obtenção de Cebola Seca Utilizando Pré-tratamento por Secagem Osmótica em Misturas de Solutos.** UFSC: Florianópolis, 1998.

**SILVA, D. I. S. Estudo da transferência de calor e massa na secagem em leito fixo visando o aproveitamento de resíduo de acerola (*Malpighia emarginata DC*).** 252 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2015. Disponível em: <<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/15081/1/EstudoTransferenciaCalorMassa.pdf>>. Acesso em: 03 out. 2019.

**VASCONCELOS, M. A. S.; MELO FILHO, A. B. Conservação de Alimentos.** Recife: Edufrpe, 2010. 130 p. Disponível em: <[http://pronatec.ifpr.edu.br/wp-content/uploads/2013/06/Conservacao\\_de\\_Alimentos.pdf](http://pronatec.ifpr.edu.br/wp-content/uploads/2013/06/Conservacao_de_Alimentos.pdf)>. Acesso em: 03 out. 2019.

# CAPÍTULO 10

## CINÉTICA E MODELAGEM DE SECAGEM DA HORTELÃ-DA-FOLHA-MIÚDA (*Mentha x Villosa huds*) EM SECADOR DE BANDEJAS

Data de aceite: 12/05/2020

Data de submissão: 12/02/2020

de Engenharia Química,

João Pessoa – PB.

<http://lattes.cnpq.br/5620795941510888>

### **Claudiana Queiroz Gouveia**

Universidade Federal da Paraíba – Programa de  
Pós-Graduação em Engenharia Química,  
João Pessoa – PB.

<http://lattes.cnpq.br/4191595361430805>

### **Paloma Benedita da Silva**

Universidade Federal da Paraíba – Programa de  
Pós-Graduação em Engenharia Química,  
João Pessoa – PB.

<http://lattes.cnpq.br/9073468664106442>

### **Tatiana Dias Romão**

Universidade Federal da Paraíba – Programa de  
Pós-Graduação em Engenharia Química,  
João Pessoa – PB.

<http://lattes.cnpq.br/1962729180883095>

### **Anna Caroline Feitosa Lima**

Universidade Federal da Paraíba – Programa de  
Pós-Graduação em Engenharia Química,  
João Pessoa – PB.

<http://lattes.cnpq.br/9562581358229490>

### **Eloi Nunes Ribeiro Neto**

Universidade Federal da Paraíba – Programa de  
Pós-Graduação em Engenharia Química,  
João Pessoa – PB.

<http://lattes.cnpq.br/2465152511077488>

### **Mariana Fortini Moreira**

Universidade Federal da Paraíba – Programa de  
Pós-Graduação em Engenharia Química,

### **Karina Soares do Bonfim**

Universidade Federal da Paraíba – Programa de  
Pós-Graduação em Engenharia Química,  
João Pessoa – PB.

<http://lattes.cnpq.br/6841106983771058>

### **Fernando da Silva Moraes**

Universidade Federal da Paraíba – Departamento  
de Engenharia Química,  
João Pessoa – PB.

<http://lattes.cnpq.br/3830254762693695>

### **Tássio Max dos Anjos Martins**

Universidade Federal da Paraíba – Departamento  
de Engenharia Química,  
João Pessoa – PB.

<http://lattes.cnpq.br/5450153610901680>

### **Herbet Lima Oliveira**

Universidade Federal da Paraíba – Departamento  
de Engenharia Química,  
João Pessoa – PB.

<http://lattes.cnpq.br/0055711682898266>

### **Wanessa Elaine da Silva Oliveira**

Universidade Federal da Paraíba – Departamento  
de Engenharia Química,  
João Pessoa – PB.

<http://lattes.cnpq.br/6623019138376946>

### **Josilene de Assis Cavalcante**

Universidade Federal da Paraíba – Departamento

**RESUMO:** A hortelã-da-folha-miúda pertence à família *Lamiaceae*, possui propriedades antiviral, antifúngica, antimicrobiana entre outras. Após a colheita a mesma inicia um processo de degradação irreversível, necessitando ser consumida rapidamente. Como solução, surgem os processos de desidratação, sendo a secagem convectiva um dos mais utilizados. As curvas cinéticas construídas durante a secagem geram informações importantes para o entendimento do material. Com efeito, o presente trabalho objetivou obter as curvas de cinética de secagem da hortelã. As folhas foram secas em um secador de bandejas nas temperaturas de 50 °C, com velocidades do ar de secagem de 0,56 e 2,66 m/s, e 70 °C com velocidades de 0,46 e 1,83 m/s, realizando-se pesagens até massa constante. Em seguida os dados experimentais foram ajustados por modelos matemáticos, utilizando o Statística 5.0. A massa seca foi obtida em estufa a 105 °C por 24 h. Foram observadas curvas características de secagem e que a velocidade do ar não tem efeito no tempo final de secagem e ainda que a temperatura é inversamente proporcional ao tempo. O modelo matemático que melhor ajustou-se aos dados experimentais foi o de Henderson e Pabis, apresentando os menores valores do erro padrão da estimativa e maiores do coeficiente de regressão.

**PALAVRAS-CHAVE:** Desidratação, hortelã-comum, modelos matemáticos.

## KINETICS AND MODELING OF MINT (*Mentha x Villosa huds*) DRYING IN A TRAY

### DRYER

**ABSTRACT:** The small-leaved mentha belongs to the Lamiaceae family, has antiviral, antifungal and antimicrobial properties, among others. After the harvest the irreversible degradation process begins, needing to be consumed quickly. As a solution, dehydration processes arise, with convective drying being one of the most used. The kinetic curves built during drying generate important information for understanding the material. Indeed, the present work aimed to obtain the drying kinetics curves of the mint. The leaves were dried in a tray dryer at temperatures of 50 °C, with drying air speeds of 0.56 and 2.66 m / s, and 70 °C with speeds of 0.46 and 1.83 m / s. s, weighing up to constant mass. Then the experimental data were adjusted by mathematical models, using Statistica 5.0. The dry mass was obtained in an oven at 105 °C for 24 h. Characteristic drying curves were observed and the air speed has no effect on the final drying time and the temperature is inversely proportional to the time. The mathematical model that best fitted the experimental data was that of Henderson and Pabis, with the lowest values of the standard error of the estimate and the highest of the regression coefficient.

## 1 | INTRODUÇÃO

A hortelã pertence à família *Lamiaceae* e ao gênero *Menthe*, que apresenta uma vasta gama de espécies. Dentre estas, a mais abrangente no território brasileiro é a hortelã-da-folha-miúda (*Mentha x villosa Huds*), também chamada de hortelã-comum (COSTA, 2013). Esta possui propriedades antiviral, antifúngica, antimicrobiana, antioxidante, antiamébica, antihemolítica, alergênica, sedativa, diurética, inseticida e tranquilizante (CHOWDHURY; KUMAR; GARG, 2006). E de acordo com Bezerra, Barbosa e Azevedo (2018), é muito utilizada pelas indústrias farmacêuticas, químicas e alimentícias. E bastante cultivada no Brasil em virtude das suas propriedades medicinais e aromáticas.

Por se tratar de um material biológico, após a colheita a mesma inicia um processo de degradação irreversível, o que acarreta na necessidade de ser consumida rapidamente. Diante deste fato, o processo de desidratação surge como uma alternativa para conservá-las por um período maior de tempo, minimizando a perda de seus princípios ativos. Entre os processos de desidratação, a secagem convectiva é um dos mais utilizados para preservação da hortelã, facilitando o seu manuseio, transporte e armazenagem (KONDO; ROSANOVA; FERREIRA, 2017).

A secagem visa a remoção da água presente no produto e tem como vantagens: a facilidade na conservação do produto; a estabilidade dos componentes aromáticos; a proteção contra degradação enzimática e oxidativa; a redução do peso do produto; a economia de energia por não necessitar de refrigeração e a minimização das mudanças químicas e físicas que ocorrem ao longo do processo de armazenamento (FEMENIA *et al.*, 2009; MAHAYOTHEE *et al.*, 2009; PARK; YADO; BROD, 2001;).

O comportamento do material sólido submetido a secagem pode ser representado graficamente através das curvas de secagem, que geram informações importantes para o entendimento do material, para o desenvolvimento de processos e para o dimensionamento coerente dos equipamentos. Além de poder estimar o tempo de secagem de um determinado produto, dando consequência a análises econômicas e energéticas de produção (MENEZES *et al.*, 2013; VILELA; ARTUR, 2008).

Essas curvas estão atreladas a algumas variáveis do processo, como as condições ambientais, espécies, variedades e métodos de preparo pós-colheita. Sendo assim, existem uma infinidade de modelos matemáticos desenvolvidos para caracterizar e definir estas curvas (RESENDE *et al.*, 2008). Inferir esses modelos é significativo, tendo em vista o projeto dos secadores, taxa de secagem envolvida,

condições de otimização. De um modo geral, as curvas são ferramentas poderosas fornecendo informações da qualidade do processo (NASCIMENTO; BIAGI; OLIVEIRA, 2015). Segundo Santos *et al.* (2010), os modelos Exponencial, Page e Henderson e Pabis são os mais utilizados para folhas, descritos pelas Equações 1, 2 e 3, respectivamente.

$$MR = Ce^{(-kt)} \quad (1)$$

$$MR = e^{(-kt)} \quad (2)$$

$$MR = e^{(-kt^n)} \quad (3)$$

Onde:  $t$  = tempo de secagem (min);  $k$  = constante de secagem ( $\text{min}^{-1}$ );  $n$  e  $C$  = parâmetros dos modelos e  $MR$  = razão de umidade dada por:

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

em que:  $M$  = teor de umidade em um tempo  $t$ ,  $M_e$  = teor de umidade de equilíbrio e  $M_0$  = teor de umidade inicial, todos em base seca.

No presente trabalho objetivou-se a obtenção das curvas de secagem de hortelã-da-folha-miúda (*Mentha x villosa Huds*) em um secador de bandejas nas temperaturas de 50 °C, com velocidade do ar de secagem 0,56 m/s e 2,66 m/s e 70 °C com velocidades do ar de secagem 0,46 m/s e 1,83 m/s.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

A hortelã-da-folha-miúda foi coletada em uma horta do Centro de Biotecnologia da Universidade Federal da Paraíba e em seguida foi lavada em água corrente e secada com papel absorvente. As folhas, limpas e secas, foram então acomodadas em um suporte perfurado, para permitir a passagem do ar em seu interior, formando uma camada fina, como demonstrado na Figura 1.



Figura 1. Hortelã adaptada para camada fina em leito fixo.

Os suportes contendo a hortelã foram pesados e levados a um secador de

bandejas com circulação de ar. Inicialmente, os suportes foram pesados a cada 5 minutos durante 15 minutos. Passado esse período foram pesados a cada 10 minutos até o valor começar a estabilizar. Em seguida, os suportes foram pesados após 20, 30 e 60 minutos, até que o peso das três pesagens se tornasse constante, demonstrando o fim da secagem. Foram realizados quatro experimentos: dois a 50°C, diferindo-se pela velocidade do ar de secagem (Amostra 1: 0,56 m/s e Amostra 2: 2,66 m/s), e dois a 70°C também variando a velocidade do ar (Amostra 1: 0,46 m/s, Amostra 2: 1,83m/s) . As velocidades do ar de secagem foram medidas em anemômetro digital.

Após a coleta dos dados, foram obtidas as curvas de cinética através da determinação da umidade em base seca ao longo do tempo. A massa seca das folhas foi obtida por secagem em estufa a 105°C por 24h.

Para o ajuste dos dados experimentais das curvas de secagem foram empregados os modelos matemáticos de secagem descritos anteriormente, através da regressão não linear no programa Statistica 5.0.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2 são apresentadas as curvas de cinética de secagem realizadas nas temperaturas de 50°C e 70°C, para as amostras 1 e 2 que diferem pela velocidade do ar de secagem empregado. As curvas estão apresentadas em termos da razão de umidade em função do tempo de secagem.

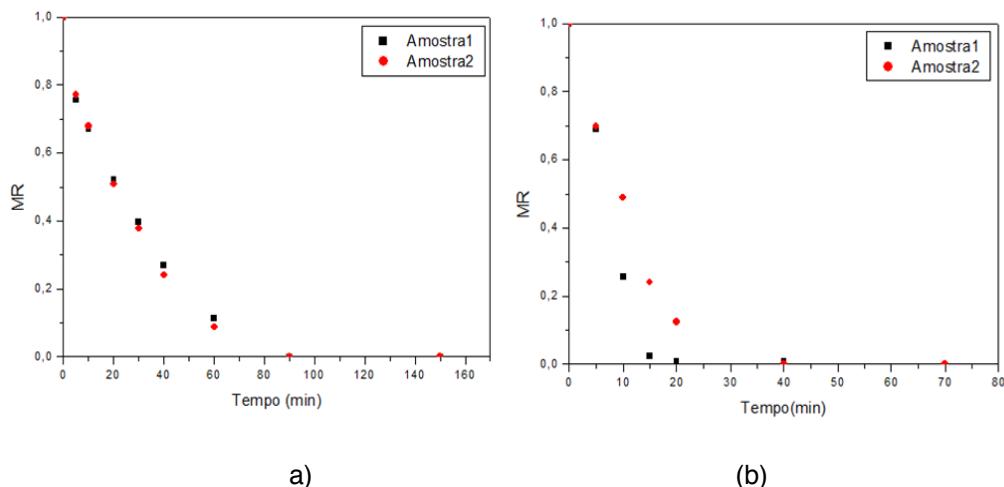


Figura 2. Curvas de cinética de secagem da hortelã-da-folha-míuda para as duas amostras (velocidades do ar de secagem diferentes). (a) Na temperatura de 50 °C (b) Na temperatura de 70°C.

Observou-se que na temperatura de 50°C o comportamento das curvas para as duas velocidades do ar de secagem é semelhante, não demonstrando efeito da velocidade no tempo de secagem final, que foi de 150 minutos para ambas, e na

razão de umidade ao longo do tempo. Na temperatura de 70°C observa-se uma pequena diferença na razão de umidade após 10 minutos de secagem, porém o tempo de secagem final foi de 70 minutos para ambas velocidades. Dias, Souza e Alsina (2011) também observaram a pouca influência da velocidade do ar de secagem, que variava de 0,6 a 1,4 m/s, nas cinéticas obtidas, sendo praticamente inexistente na temperatura de 70°C e pouco importante na temperatura de 50°C.

Outro fato observado na avaliação das curvas de secagem foi a influência da temperatura no tempo de secagem final, onde quanto mais elevada a temperatura, mais rapidamente acontece a secagem e se atinge o equilíbrio na umidade. Esse mesmo fato foi observado no estudo de Leite (2018) na secagem em camada de espuma da hortelã-da-folha-miúda. Na Figura 3 pode-se observar este efeito.

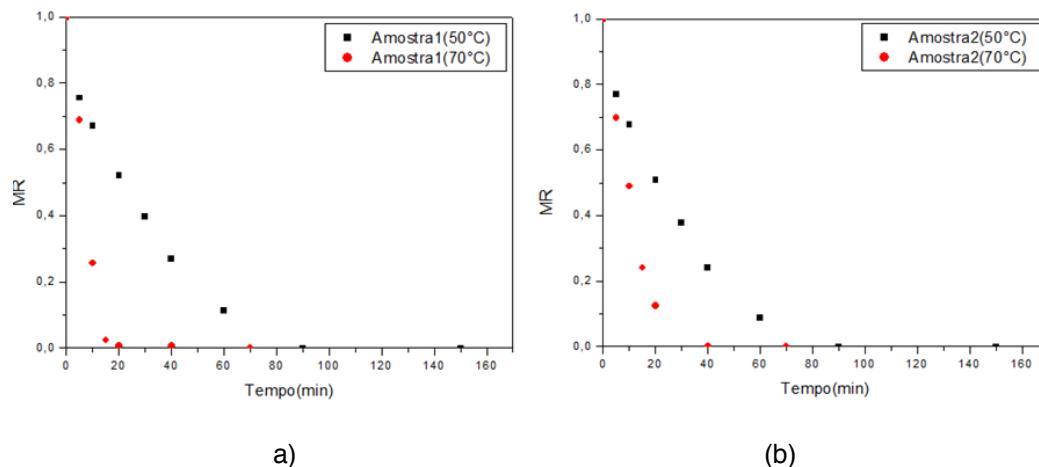


Figura 3. Curvas de cinética de secagem da hortelã-da-folha-miúda para as duas temperaturas de secagem. (a) Amostra 1 (b) Amostra 2.

Os tempos finais de secagem foram de 150 e 70 minutos próximos aos obtidos por Radünz et al. (2006) no estudo da influência da temperatura do ar de secagem no rendimento do óleo essencial de hortelã-comum em um secador a gás com bandejas, onde os mesmos obtiveram 145 minutos e 40 minutos para as temperaturas de 50°C e 70°C, respectivamente.

O ajuste matemático dos dados experimentais pelos três modelos escolhidos, resultou nas equações apresentadas na Tabela 1. E para definir o modelo que melhor se ajustou aos dados foram observados os modelos que possuíam os parâmetros estatisticamente significativos ( $p < 0,05$ ) e maior valor do coeficiente de regressão não linear ( $R^2$ ) e menor valor do erro padrão da estimativa (S).

Modelo	Equações	$R^2$	S
Exponencial	$MR_{50^\circ\text{C}} = \exp(-0,035492t)$	0,98866142	0,037832
	$MR_{70^\circ\text{C}} = \exp(-0,104972t)$	0,94815103	0,089924
Page	$MR_{50^\circ\text{C}} = \exp(-0,044650t^{0,931737})$	0,98980154	0,035880

Henderson e Pabis	$MR_{50^{\circ}C} = 0,966850 \cdot \exp(-0,033959t)$ $MR_{70^{\circ}C} = 1,039382 \cdot \exp(-0,108699t)$	0,99053367 0,95005413	0,034568 0,088258
-------------------	--	--------------------------	----------------------

Tabela 1. Parâmetros dos modelos utilizados para avaliação da cinética de secagem da hortelã-da-folha-miúda nas temperaturas de 50° e 70°C.

Pelos dados da Tabela 1, observa-se que o modelo de Henderson e Pabis foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais nas duas temperaturas, possuindo maior valor de  $R^2$  e menor valor de  $S$ . Os modelos propostos ajustaram-se bem aos dados experimentais, com exceção do modelo de Page para a temperatura de 70 °C que possuiu um dos seus parâmetros não estatisticamente significativos. Os valores do coeficiente de regressão não linear ( $R^2$ ) foram todos superiores a 0,94. Próximos aos obtidos por Leite (2018) na secagem da hortelã-da-folha-miúda por secagem em camada de espuma, que obteve valores superiores a 0,95.

Na Figura 4 são observados os dados experimentais das curvas de cinética de secagem das duas amostras e o ajuste dos modelos, nas temperaturas de 50 °C e 70°C, respectivamente.

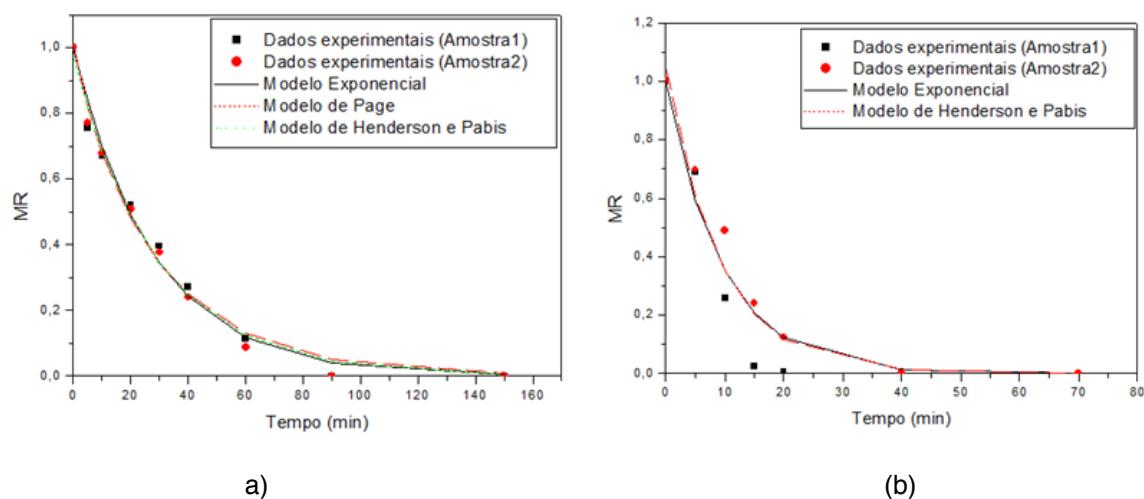


Figura 4. Curvas de cinética de secagem da hortelã-da-folha-miúda e seus respectivos ajustes matemáticos. (a) Na temperatura de 50°C. (b) Na temperatura de 70°C.

## 4 | CONCLUSÕES

Para a secagem da hortelã-da-folha-miúda, a velocidade do ar de secagem não teve influência no tempo final de secagem e na razão de umidade.

O tempo final de secagem foi menor para a maior temperatura.

O melhor modelo foi o de Henderson e Pabis, pois apresentou maior coeficiente de regressão não linear ( $R^2$ ) e menor erro padrão da estimativa ( $S$ ).

## AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal da Paraíba pelos recursos disponibilizados. Em particular ao Centro de Tecnologia onde foram realizados os experimentos de secagem e ao Centro de Biotecnologia por disponibilizar a matéria-prima utilizada no presente estudo.

## REFERÊNCIAS

- BEZERRA, A. C.; BARBOSA, L. D. S.; AZEVEDO, C. F. **Variação morfoanatómica de *Mentha x villosa* Huds produzida em diferentes sistemas de cultivo.** Cadernos de Agroecologia, v. 13, n.1, 2018.
- CHOWDHURY, R. P.; KUMAR, A.; GARG, A. N. **Analysis of Indian mint (*Mentha spicata*) for essential, trace and toxic elements and its antioxidant behavior.** Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis, v. 41, p. 825–832, 2006.
- COSTA, A.B.S. **Secagem Convectiva de Folhas de Hortelã: Análise Baseada no Ajuste de Correlações Empíricas, Superfícies de Respostas e Redes Neurais.** 91p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2013.
- DIAS, R. A. L.; SOUZA, P. S.; ALSINA, O. L. S. **Secagem e extração de taninos totais da hortelã (*Mentha x villosa* Hudson).** Agrarian, v. 4, n. 12, p. 123-133, 2011.
- FEMENIA, A.; SASTRE-SERRANO, G.; SIMAL, S.; GARAU, M. C.; EIM, V. S.; ROSSELLO, C. **Effects of air-drying temperature on the cell walls of kiwifruit processed at different stages of ripening.** LWT - Food Science and Technology, v. 42, n. 1, p. 106-112, 2009.
- KONDO, T. M.; ROSANOVA, A. H.; FERREIRA, M.C. **Análise da Secagem de Folhas e Hastes de Hortelã em Camada Fina.** In: Anais do XII Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica. Blucher Chemical Engineering Proceedings, v. 1, n.4 p. 1434-1439, 2017.
- LEITE, A. C. N. **Estudo da cinética da secagem em camada de espuma (foam-mat drying) da hortelã-da-folha-miúda (*Mentha crispa*).** 108 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2018.
- MAHAYOTHEE, B.; UDOMKUN, P.; NAGLE, M.; HAEWSUNGCHAROEN, M.; JANJAI, S.; MUELLER, J. **Effects of pretreatments on colour alterations of litchi during drying and storage.** European Food Research Technology, v. 229, n. 2, p. 329-337, 2009.
- MENEZES, M.L.; STRÖHER, A.P.; PEREIRA, N.C.; BARROS, S.T.D. **Análise da cinética e ajustes de modelos matemáticos aos dados de secagem do bagaço do maracujá-amarelo.** Engevista, v.15, n.2, p.176-186, 2013.
- NASCIMENTO, V. R. G.; BIAGI, J. D.; OLIVEIRA, R. A. **Modelagem matemática da secagem convectiva com radiação infravermelha de grãos de *Moringa oleifera*.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 19, n. 7, p. 686–692, 2015.
- PARK, K. J.; YADO, M. K. M.; BROD, F. P. R. **Estudo de secagem de pêra bartlett (*Pyrus sp.*) em fatias.** Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 21, n. 3, p. 288-292, 2001.
- RADÜNZ, L. L.; MELO, E. D. C.; BARBOSA, L. D. A.; SANTOS, R. H. S.; BARBOSA, F. D. F.; MARTINAZZO, A. P. **Influência da temperatura do ar secagem no rendimento do óleo essencial d hortelã-comum (*Mentha x villosa* Huds).** Engenharia na Agricultura, v. 14, n. 4, p. 250-257, 2006.

RESENDE, O.; CORRÊA, P. C.; GONELI, A. L. D.; BOTELHO, F. M.; RODRIGUES, S. **Modelagem matemática do processo de secagem de duas variedades de feijão (*Phaseolus 44 vulgaris L.*).** Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande, v. 10, n. 1, p. 17-26, 2008.

SANTOS, C. T.; BONOMO, R. F.; CHAVES, M. A.; FONTAN, R. D. C. I.; BONOMO, P. **Cinética e modelagem da secagem de carambola (*Averrhoa carambola L.*) em secador de bandeja.** Acta Scientiarum. Technology, v. 32, n. 3, p. 309-313, 2010.

VILELA, C. A. A.; ARTUR, P. O. **Secagem do açafrão (*Curcuma longa L.*) em diferentes cortes geométricos.** Ciência e Tecnologia de Alimentos, v.28, p. 387-394, 2008.

## COLETA SIMULTÂNEA DE PÓLEN E POLINIZAÇÃO POR DUAS ESPÉCIES DE MELIPONINI EM MATA ATLÂNTICA URBANA DO RIO DE JANEIRO

Data de aceite: 12/05/2020

Data de submissão: 05/02/2020

**Ortrud Monika Barth**

Instituto Oswaldo Cruz, Fiocruz,  
Rio de Janeiro- RJ.

<http://lattes.cnpq.br/9153494749384486>

**Alex da Silva de Freitas**

Universidade Federal Fluminense, Instituto de  
Geociências,  
Niterói - RJ.

**Bart Vanderborght**

Associação de Meliponicultores do Rio de Janeiro  
- AME-RIO  
Rio de Janeiro - RJ.

(“mandaçaia”) e *Melipona rufiventris* Lepeletier (“tujuba, uruçu-amarela”) durante cerca de um ano. O apiário estava instalado na mata dentro do Parque Nacional da Tijuca no Rio de Janeiro (22°58'12.2"S e 43°17'43.4"W), a uma altitude de 500m sobre o nível do mar. As coletas foram feitas no início de cada mês junto à entrada dos respectivos ninhos. O preparo das amostras seguiu o método sem uso de acetólise. *M. quadrifasciata anthidioides* cobriu praticamente todo o ano com coletas monoflorais, enquanto que *M. rufiventris* obteve coletas monoflorais somente no período de dezembro a abril. Uma superposição nas coletas das duas espécies de abelhas aconteceu somente em três meses, quando em dezembro coletaram pólen de Melastomataceae, em abril de *Mimosa caesalpiniifolia* e para uma única amostra bifloral de Melastomataceae e *Myrcia* em novembro. *M. quadrifasciata anthidioides* é uma abelha robusta que atinge as copas de grandes árvores. Já *M. rufiventris* é uma abelha delicada. Esta diferença entre as duas abelhas faz com que as preferências alimentares em média sejam distintas. Os tipos polínicos Melastomataceae, *Mimosa caesalpiniifolia* e *Myrcia* dominaram no interesse de ambas as abelhas. O exótico *Eucalyptus* foi procurado somente em maio por *M. quadrifasciata anthidioides* e em junho por

**RESUMO:** Uma das maiores florestas urbanas encontra-se dentro da cidade do Rio de Janeiro. A cobertura vegetal é formada principalmente pela Mata Atlântica, uma floresta tropical muito diversificada. Entre os agentes polinizadores destacam-se as abelhas sem ferrão da Tribo Meliponini. A investigação das atividades de duas espécies de abelhas teve a intenção de verificar uma eventual competição quanto às fontes de coleta de pólen. O presente estudo considerou duas espécies, *Melipona quadrifasciata anthidioides* Lepeletier

*M. rufiventris*. As atividades polinizadoras e de coleta de pólen foram bastante distintas entre as duas espécies de abelhas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Melipona, polinização, melissopalinologia, Mata Atlântica, cidade do Rio de Janeiro.

## SIMULTANEOUS POLLEN COLLECTION BY TWO SPECIES OF MELIPONINI IN AN URBAN ATLANTIC FOREST AREA AT RIO DE JANEIRO

**ABSTRACT:** One of the largest urban forests occur within the city of Rio de Janeiro. The vegetation comprise mainly the Atlantic Forest, a very diversified tropical forest. The stingless bees of the Meliponini Tribe stand out among the main pollinating agents. The investigation of the activities of two species of bees had had the intention of verifying an eventual competition regarding the sources of pollen collection. The present study considered *Melipona quadrifasciata anthidioides* Lepeletier ("mandaçaia") and *Melipona rufiventris* Lepeletier ("tujuba, uruçu-Amarelo") for about one year. The apiary was installed within the Tijuca National Park in Rio de Janeiro (22 ° 58'12.2 "S and 43 ° 17'43.4" W), 500m above the sea level. Pollen captation was made at the beginning of each month at the entrance to the respective nests. The preparation of the samples followed the method without using acetolysis. *M. quadrifasciata anthidioides* covered practically the whole year with monofloral collections, while *M. rufiventris* obtained monofloral collections only from December to April. An overlap in the collections occurred only in three months, when in December they collected pollen from Melastomataceae, in April from *Mimosa caesalpiniifolia* and of a single bifloral sample of Melastomataceae and *Myrcia* in November. *M. quadrifasciata anthidioides* is a robust bee that reaches the tops of large trees. *M. rufiventris* is a delicate bee. This difference between the two bees makes food preferences on average different. The pollen types Melastomataceae, *Mimosa caesalpiniifolia* and *Myrcia* dominate in the interest of both bees. The exotic *Eucalyptus* was visited only in May by *M. quadrifasciata anthidioides* and in June by *M. rufiventris*. Pollination and pollen collection activities were quite different between the two species of bees.

**KEYWORDS:** Melipona, pollination, melissopalinology, Atlantic Forest, Rio de Janeiro city.

## 1 | INTRODUÇÃO

Abelhas do gênero *Apis* (Apidae) foram introduzidos no Brasil por emigrantes europeus no século XIX, principalmente alemães e suíços. Além da produção de mel, aproveita-se até hoje o pólen apícola, cera, própolis, geleia real e ferromônios. Embora polinizassem as culturas por elas reconhecidas, hoje especialmente as de maçãs na região Sul do Brasil, pouco elas demonstravam interesse pelas

matas nativas, a elas desconhecidas. Assim, a mata continuava aos cuidados das meliponas, as abelhas nativa e sem ferrão, entre os demais polinizadores. Começou uma disputa sobre os recursos alimentares pela expansão territorial e o vigor das colônias de *Apis mellifera* (Wojcik et al., 2018). Atualmente, os dois grupos de insetos ocorrem lado a lado.

Mais de 80 espécies de abelhas nativas sem ferrão ocorrem no Brasil (Moure et al., 2007). A espécie *Melipona quadrifasciata anthidioides* Lepeletier 1836 (“mandaçaia”) (MQA) ocorre desde o sul até o nordeste do Brasil. É uma abelha robusta, com listras preto-amarelo que atinge as copas das maiores árvores (Ramalho, 2004). *Melipona rufiventris* Lepeletier 1836 (“tujuba, uruçu-amarela”) (MR) ocorre do estado de Santa Catarina até a Bahia (Moure, 1975).

É uma abelha delicada, avermelhada, ligeiramente agressiva, mas corajosa e que produz um mel muito apreciado (Kerr e Esch, 1965). Vários estudos sobre as preferências florais destas espécies de abelhas foram realizados (Antonini et al., 2006; Barth et al., 2018; Fidalgo e Kleinert, 2007; Freitas et al., 2018; Luz et al. 2018; Oliveira-Abreu et al., 2014).

Uma das maiores florestas urbanas do mundo encontra-se na cidade do Rio de Janeiro. Trata-se do Parque Nacional da Tijuca (PNT) localizado entre as coordenadas de 22°55' - 23°00'S e 43°11' - 43°19'W. (Figura 1). Esta floresta foi devastada ao longo dos séculos, principalmente para plantações como café, cana-de-açúcar e outras culturas (Dean, 1996). No século XIX teve início um reflorestamento desta mata (Scheiner, 1976; Pádua, 2002).

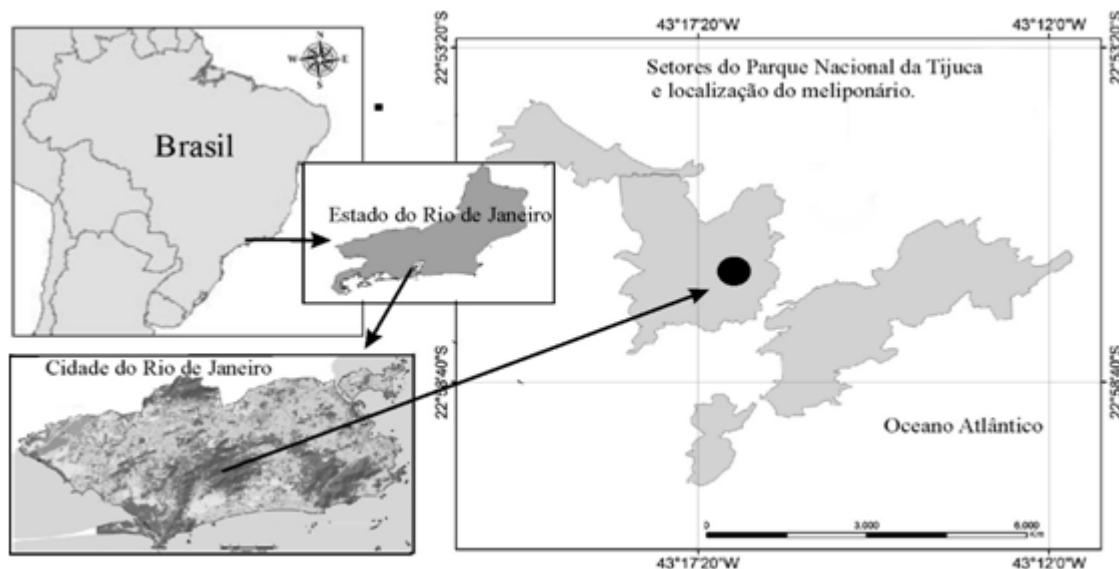


Figura 1. Parque Nacional da Tijuca (PNT) localizado dentro da cidade do Rio de Janeiro e a posição do meliponário dentro do setor da Floresta da Tijuca.

Entre os vários tipos de vegetação ocorrentes em sua área destaca-se

a própria Mata Atlântica, uma floresta ombrófila tropical. Atualmente constitui-se na sua maior parte numa mata secundária em processo de regeneração. As famílias botânicas de Asteraceae, Bromeliaceae, Lauraceae, Leguminosae, Melastomataceae, Moraceae, Myrtaceae, Orchidaceae, Poaceae e Rubiaceae são as mais representativas no PNT (Drummond, 1988; Matos et al., 2002; Freitas et al., 2006). Sua manutenção, regeneração e o seu desenvolvimento dependem em grande parte de insetos polinizadores e de uma polinização forte e eficiente (Kormann et al., 2016). Destacam-se as abelhas sem ferrão (Meliponini, Apidae) (Moure et al., 2007) como os principais polinizadores destas florestas tropicais. A sua proteção e conservação permanece sendo essencial para a sobrevivência da mata (Luz et al., 2011; O'Connell et al., 2018).

A presente investigação teve como objetivo reconhecer e comparar as preferências alimentares e uma possível competição entre *Melipona quadrifasciata anthidioides* e *Melipona rufiventris* no Parque Nacional da Tijuca (PNT) dentro da cidade do Rio de Janeiro.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

As colônias de MQA e MR foram mantidas lado a lado dentro de um mesmo apiário, a 500 m de altitude, sob a cobertura pela floresta atlântica tropical. No início de cada mês, durante cerca de um ano, cinco ou mais abelhas de cada espécie foram capturadas pela manhã. As suas cargas de pólen eram removidas das corbículas e armazenadas em baixa temperatura a – 20°C para evitar uma fermentação e contaminação. Posteriormente eram extraídas com etanol a 70% para eliminação de cera e dispersão do pólen nas preparações destinadas à análise em microscopia de luz (Barth et al., 2010).

Não foi aplicado o método da acetólise. Contou-se mais de 500 grãos de pólen por amostra, tentando sua identificação o mais exato possível. Os grãos de pólen foram agrupados segundo o critério internacional estabelecido por Louveaux et al. (1978) em pólen predominante (PP) compreendendo 45% ou mais da soma polínica, em pólen acessório (PA) entre 15 e 45%. Os grãos de pólen de menor frequência (1-15%) não foram incluídos neste estudo.

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Amostras foram consideradas monoflorais (uniflorais) quando pelo menos 90% dos grãos de pólen foram oriundos de um único táxon vegetal ou, então, a 60% quando não havia nenhum PA na mesma amostra. Pólen monofloral foi coletado por MQA praticamente durante todo o ano, enquanto que por MR apenas entre os meses

dezembro e abril. (Tabela 1). Os mesmos táxons botânicos foram aproveitados por ambas as espécies de meliponas.

Mês/ano	MQA		MR	
	PP	PA	PP	PA
Agosto/2015	<i>Eucalyptus</i>	-	<i>Myrcia</i>	<i>Alchornea</i>
Setembro/2015	Melastomataceae	-	-	-
Outubro/2015	<i>Myrcia</i>	-	<i>Solanum</i>	<i>Myrcia</i>
Novembro/2015	Melastomataceae	<i>Myrcia</i>	Melastomataceae	<i>Myrcia</i>
Dezembro/2015	Melastomataceae	-	Melastomataceae	-
Janeiro/2016	<i>Myrcia</i>	-	<i>Myrcia</i>	<i>Solanum</i>
Fevereiro/2016	<i>Myrcia</i>	-	<i>Mimosa scabrella</i>	-
Março/2016	<i>Mimosa caesalp.</i>	<i>Myrcia</i>	<i>Mimosa caesalp.</i>	-
Abril/2016	<i>Mimosa caesalp.</i>	-	<i>Mimosa caesalp.</i>	-
Maio/2016/	<i>Myrcia</i>	<i>Eucalyptus</i>	-	-
Junho/2016	<i>Myrcia</i>	-	<i>Eucalyptus</i>	<i>Alchornea</i>
Julho/2016	Não houve coleta (escassez de entrada de pólen)			

Tabela 1. Avaliação do pólen coletado pelas abelhas sem ferrão MQA e MR durante cerca de um ano.

MQA = *Melipona quadrifasciata anthidioides*, MR = *Melipona rufiventris*, PA = pólen acessório (15 a 45%), PP = pólen predominante (>45%), *Mimosa caesalp.* = *Mimosa caesalpiniifolia*

MQA cobriu praticamente o ano todo com coletas monoflorais de pólen, enquanto que MR só pode efetuá-las de dezembro a abril. Uma igualdade na escolha de coleta de pólen ocorreu somente em três meses, quando foram exploradas por ambas as espécies de abelhas as Melastomataceae em dezembro, *Mimosa caesalpiniifolia* em abril e houve uma coleta bifloral de *Myrcia* e Melastomataceae no mês de novembro.

Além destas plantas, pólen de Myrtaceae do tipo polínico representado pelos gêneros *Myrcia* e *Myrceugenia* (Barth e Barbosa, 1972), foi atrativo para a MQA praticamente durante o ano todo, embora também fosse considerado pela MR. O pólen de *Eucalyptus* foi procurado pela MQA em maio e agosto e pela MR somente em junho, meses de inverno e de escassez alimentar. Para MR foram ainda representativo *Alchornea* (Euphorbiaceae) e *Solanum* nos meses de inverno de julho e outubro quando as floradas estão mais reduzidas. No alto verão, mês de fevereiro, esta abelha dedicou-se exclusivamente a *Mimosa scabrella*. (Figura 2).

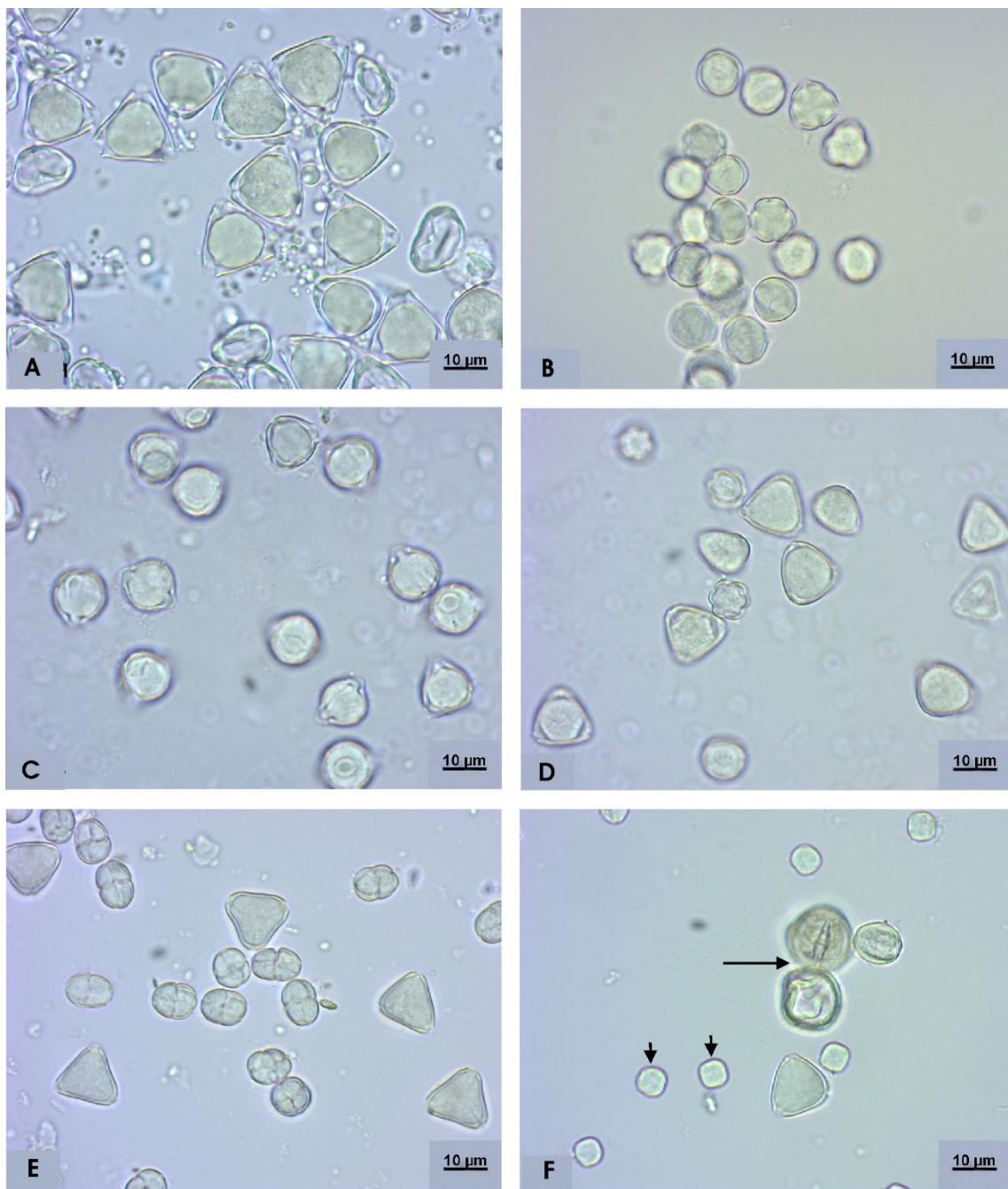


Figura 2. Principais tipos de pólen encontrados nas amostras de mel monofloral e bifloral. A - *Eucaliptus*. B - *Melastomataceae*. C - *Solanum*. D - *Myrcia*. E - *Myrcia* e *Mimosa caesalpiniifolia*. F - *Alchornea* (seta longa) e *Mimosa scabrella* (setas curtas).

Os principais recursos de forrageamento durante todo o ano no PNT, exceto em poucas ocasiões em que a floração foi baixa ou quase ausente, foram espécies de Myrtaceae e Melastomataceae. A floresta tropical secundária do PNT no Rio de Janeiro ficou caracterizada principalmente pela associação de plantas arbóreas de Myrtaceae, Melastomataceae, *Mimosa* e de uma grande diversidade de plantas com baixa similaridade de riqueza e diversidade (Santana et al., 2015). Observação semelhante foi apresentada por Goes et al. (2015). Eles enfatizam a importância das espécies de plantas zoocóricas para o desenvolvimento e perpetuação da floresta e das abelhas nativas sobreviventes.

Quando uma só espécie de planta de interesse para MQA e MR for produtiva,

como sinalizado por Absy et al. (1980), então estas abelhas são consideradas especialista. Elas se tornam generalistas somente na falta de espécies de plantas além de seu interesse ou quando não há indivíduos floridos suficientes de suas preferências. A suspeita de que os pequenos grãos de pólen de Melastomataceae e *Mimosa* não seriam importantes como fontes alimentares (Fidalgo e Kleinert, 2010) não foi observada no presente estudo e nem no de Wilms e Wichert (1997). Quando MQA e MR em uma mesma área trófica demonstram interesses alimentares distintos, nos meses de inverno de agosto a outubro e no alto verão em janeiro e fevereiro, então elas ocupam nichos ecológicos específicos.

O pólen dos tipos polínicos de *Alchornea*, *Eucalyptus*, Melastomataceae, *Mimosa caesalpiniifolia*, *Mimosa scabrella*, *Mimosa scabrella*, *Myrcia* e *Solanum* foi de grande importância para a sobrevivência de MQA e MR. Espécies de *Eucalyptus*, plantas em princípio estranhas para as duas melíponas, foram visitadas apenas quando as espécies de sua preferência eram insuficientes ou ausentes (Barth et al., 2020).

As floradas e consequente coleta de pólen dependem principalmente da precipitação pluviométrica na floresta tropical de Mata Atlântica. Oscilações anuais são frequentes e será necessário realizar estudos de longa duração por vários anos. Como foi sinalizado por Teixeira et al. (2018), a expansão ou retração de MQA e RM no futuro deve ser acompanhada em relação às alterações ambientais devido ao aquecimento global e ao aumento das atividades humanas como desmatamento, poluição do ar e uso de substâncias tóxicas na agricultura para o extermínio de insetos. A competição entre abelhas nativas sem ferrão e *Apis* não pode ser excluída (Wilms e Wichert, 1997, Ramalho et al. 2007).

## 4 | CONCLUSÕES

As atividades de polinização, coleta de pólen e néctar foram parcialmente distintas entre as duas espécies de abelhas MR e MQA na floresta atlântica do PNT. Vinte e cinco por cento das amostras estavam relacionadas apenas às mesmas plantas. Portanto, uma sobreposição de fontes de coleta não foi frequente durante um ano. Diferentes alturas de estratos de vegetação interferem diretamente na capacidade de sobrevivência das espécies de abelhas para pode atingir seus recursos alimentares segundo a sua constituição física. Portanto, a floresta precisa de várias espécies de abelhas para a polinização eficiente e sua perpetuação. Espécies vegetais exóticas (no presente estudo os eucaliptos) têm apenas uma função de emergência.

## AGRADECIMENTOS

À Associação de Meliponicultores do Rio de Janeiro - AME-RIO pelo incentivo e apoio logístico; ao apoio financeiro pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

## REFERÊNCIAS

- ABSY, M. L.; BEZERRA, E. B.; KERR, W. E. **Plantas nectaríferas utilizadas por duas espécies de Melipona da Amazônia.** Acta Amazônica 10: 271-281. 1980.
- ANTONINI, Y.; SOARES, S. M.; MARTINS, R. P. **Pollen and nectar harvesting by the stingless bee *Melipona quadrifasciata anthidioides* (Apidae: Meliponini) in an urban forest fragment in Southeastern Brazil.** Studies on Neotropical Fauna and Environment 41: 209-215. 2006.
- BARTH, O. M.; BARBOSA, A. F. **Catálogo sistemático dos pólenes das plantas arbóreas do Brasil Meridional - XV. Myrtaceae.** Mem. Inst. Oswaldo Cruz 70 (4): 467-498. 1972.
- BARTH, O. M.; FREITAS, A. S.; OLIVEIRA, E. S.; SILVA, R. A.; MAESTER, F. M.; ANDRELLA, R. R. S.; CARDOZO, G. M. B. Q. **Evaluation of the botanical origin of commercial dry bee pollen load batches using pollen analysis: a proposal for technical standardization.** Anais da Academia Brasileira de Ciências 82 (4): 893-902. 2010.
- BARTH, O. M.; FREITAS, A. S.; VANDERBORGTH, B. **Pollen storage by *Melipona quadrifasciata anthidioides* in a protected urban Atlantic Forest area of Rio de Janeiro, Brazil.** In: P. Vit et al. (eds.), Pot-Pollen in Stingless Bee Melittology (Elsevier), chapter 8: 103-109. 2018.
- BARTH, O. M.; FREITAS, A. S.; VANDERBORGTH, B. **Pollen preference of stingless bees (*Melipona rufiventris* and *M. quadrifasciata anthidioides*) inside na urban tropical forest at Rio de Janeiro city.** Journal of Apicultural Research, ano 2020: 1-6 p. 2020.
- DEAN, W. **A ferro e fogo: a história e a devastação da Mata Atlântica brasileira.** Companhia das Letras, São Paulo, 484p. 1996.
- DRUMMOND, J. A. **O jardim dentro da máquina: breve história ambiental da Floresta da Tijuca.** Estudos Históricos, 1: 278-294. 1988.
- FIDALGO, A. O; KLEINERT, A. M. P. **Foraging behavior of *Melipona rufiventris* Lepeletier (Apinae; Meliponini) in Ubatuba, SP, Brazil.** Brazilian Journal of Biology, 67 (1): 133-140. 2007.
- FIDALGO, A. O.; KLEINERT, A. M. P. **Floral preferences and climate influence in nectar and pollen foraging by *Melipona rufiventris* Lepeletier (Hymenoptera: Meliponini) in Ubatuba, São Paulo State, Brazil.** Neotropical Entomology, 39 (6): 879-888. 2010.
- FREITAS, S. R.; NEVES, C. L.; CHERNICHARO, P. **Tijuca National Park: two Pioneering restorationist initiatives in atlantic forest in southeastern Brazil.** Brazilian Journal of Biology, 66 (4): 975-982. 2006.
- FREITAS, A. S.; VANDERBORGTH, B.; BARTH, O. M. **Pollen resources used by *Melipona quadrifasciata anthidioides* Lepeletier in an urban forest in Rio de Janeiro city, Brazil.** Palynology 42 (3): 392-399. 2018.

FREITAS, B.M.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; MEDINA, L. M.; ASTRID, D. E.; KLEINERT, A. M. P.; LEONARDO, G. L.; GIOMAR, N. P. J.; JAVIER, G.; QUEZADA-EUÁN, J. J. **Diversity, threats and conservation of native bees in the Neotropics.** Apidologie 40: 332–346. 2009.

GOES, L. G.; QUINTELA, M. F. **Florística e estrutura de um reflorestamento no maciço da Tijuca, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.** Revista Internacional de Ciências 5 (1): 106-126. 2015.

KERR, W. E; ESCH, H. **Comunicação entre as abelhas sociais brasileiras e sua contribuição para o entendimento de sua evolução.** Ciencia e Cultura, São Paulo, 17 (4): 529-538. 1965.

KORMANN, U. R. S.; SCHERBER, C.; TSCHARNTKE, T.; KLEIN, N.; LARBIG, M.; VALENTE, J. J.; HADLEY, A. S.; BETTS, M. G. **Corridors restore animal-mediated pollination in fragmented tropical forest landscapes.** Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences 283 (1823): 20152347. 2016.

LOUVEAUX, J.; MAURIZIO, A.; VORWOHL, G. **Methods of Melissopalynology.** Bee Word, 59, 139-157. 1978.

LUZ, C. F. P.; FERNANDES-SALOMÃO, T. M.; LAGE, L. G. A.; RESENDE, H. C.; TAVARES, M. G.; CAMPOS, L. A. O. **Pollen sources for Melipona capixaba Moure & Camargo: an endangered Brazilian stingless bee.** Psyche: A Journal of Entomology 2011, Article ID 107303, 7 pages. 2011.

LUZ, C. F. P.; FIDALGO, A. O.; SILVA, S. A. Y.; RODRIGUES, S. S.; NOCELLI, R. C. F. **Floral resources and risk of exposure to pesticides for Melipona quadrifasciata anthidioides Lepeletier 1836 in a Cerrado of São Paulo (Brazil).** Grana, 57 (5): 377-400. 2018.

MATOS, D. M. S.; SANTOS, C. J. F.; CHEVALIER, D. R. **Fire and restoration of the largest urban forest of the world in Rio de Janeiro City, Brazil.** Urban Ecosystems, 6: 151–161. 2002.

MOURE, J. S. **Notas sobre as espécies de Melipona descritas por Lepeletier em 1836 (Hymenoptera, Apidae).** Revista Brasileira de Biologia, 35: 615-623. 1975.

MOURE, J.S.; URBAN, D.; MELO, G. A. R. Catalogue of bees (Hymenoptera, Apoidea) in the neotropical region. Sociedade Brasileira de Entomologia (ISBN 978-85-85729-08-0) 2007.

O'CONNELL, M. C.; CASTILLA, A. R.; LEE, L. X.; JHA, S. Bee movement across heterogeneous tropical forests: multi-paternal analyses reveal the importance of neighborhood composition for pollen dispersal. Biotropica, 50 (6): 908–918. 2018.

OLIVEIRA-ABREU, C.; HILÁRIO, S. D.; LUZ, C. F. P. **Pollen and nectar foraging by Melipona quadrifasciata anthidioides Lepeletier (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) in a natural habitat.** Sociobiology 61: 441-448. 2014.

PÁDUA, J. A. Um sopro de destruição: pensamento político e crítica ambiental no Brasil escravista (1786-1888). Jorge Zahar Editora, Rio de Janeiro, 318p. 2002.

RAMALHO, M. **Stingless bees and mass flowering trees in the canopy of Atlantic Forest: a tight relationship.** Acta bot. bras. 18 (1): 37-47. 2004.

RAMALHO, M.; SILVA, M. D.; CARVALHO, C. A. L. **Dinâmica de uso de fontes de pólen por Melipona scutellaris Latreille (Hymenoptera: Apidae): Uma análise comparativa com Apis mellifera L. (Hymenoptera: Apidae), no domínio tropical Atlântico.** Neotropical Entomology 36 (1): 38-45. 2007.

SANTANA, C. A. A.; FREITAS, W. K.; MAGALHÃES, L. M. S. **Estrutura e similaridade em florestas urbanas na região metropolitana do Rio de Janeiro.** Interciênciia, 40 (7): 479-486. 2015.

SCHEINER, T. C. H. **Ocupação humana no Parque Nacional da Tijuca: aspectos gerais.** Brasil Florestal, 7: 327. 1976.

TEIXEIRA, K.; SILVEIRA, T. C. L.; HARTER-MARQUES, B. **Different responses in geographic range shifts and increase of niche overlap in future climate scenario of the subspecies od *Melipona quadrifasciata* Lepeletier.** Sociobiology 65 (4): 630-639, Special Issue. 2018.

WILMS, W.; WIECHERS, B. **Floral resource partitioning between native *Melipona* bees and introduced Africanized honey bee in the Brazilian Atlantic rain forest.** Apidologie, 28: 339-355. 1997.

WOJCIK, V. A.; MORANDIN, L. A.; ADAMS, L. D.; ROURKE, K. E. **Floral resource competition between honey bees and wild bees: is there clear evidence and can we guide management and conservation.** Environmental Entomology, 47 (4): 822–833. 2018.

## UTILIZAÇÃO DE DIFERENTES EXTRATOS COMO RECOBRIMENTO PÓS-COLHEITA EM FRUTOS DE MAMÃO HAVAÍ

Data de aceite: 12/05/2020

**Raquel Januario da Silva  
Alexandre da Silva Avelino  
Beatriz Lopes da Costa  
Greyce Kelly da Silva Lucas  
Lucia Cesar Carneiro  
Pahlevi Augusto de Souza**

**RESUMO:** O mamão é uma fruta climatérica, com elevada produção de etileno e taxa respiratória classificada entre alta a muito alta, características que lhe conferem alta perecibilidade. Assim, faz-se necessário a aplicação de tratamentos pós-colheita visando aumentar a vida-útil do mamão Havaí. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a utilização de diferentes extratos à base de fécula de mandioca e nim (*Azadirachta indica Juss*) como recobrimento pós-colheita em frutos de mamão Havaí. Os parâmetros avaliados foram aparência externa, perda de massa, sólidos solúveis, acidez titulável, e pH. Utilizou-se o DIC em esquema fatorial de 4 x 5 (controle, fécula de mandioca 3%, fécula de mandioca 3% + nim e nim). O extrato vegetal de fécula de mandioca na concentração de 3% manteve a menor taxa de perda de massa até o 5º dia de armazenamento. Os frutos recobertos

apresentaram melhor aparência externa que o controle. Não observou-se diferença entre os tratamentos para os teores de sólidos solúveis e pH. Houve redução nos teores de acidez titulável ao longo do armazenamento, sendo os menores teores observados para os frutos recobertos apenas com fécula.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Carica papaya* L., Fécula de mandioca, Nim, *Azadirachta indica Juss*.

### USE OF DIFFERENT EXTRACTS AS POST-HARVEST RECOVERY IN HAWAII PAPAYA FRUITS

**ABSTRACT:** Papaya is a climacteric fruit, with high ethylene production and respiratory rate classified between high to very high, characteristics that give it high perishability. Thus, it is necessary to apply post-harvest treatments to increase the useful life of Hawaii papaya. The present study aimed to evaluate the use of different extracts based on cassava and neem starch (*Azadirachta indica Juss*) as a post-harvest coating on Hawaiian papaya fruits. The evaluated parameters were external appearance, mass loss, soluble solids, titratable acidity, and pH. The DIC was used in a 4 x 5 factorial scheme (control, 3% cassava starch, 3% cassava starch + neem and neem). The

vegetable extract of cassava starch at a concentration of 3% maintained the lowest rate of mass loss until the 5th day of storage. The covered fruits showed a better external appearance than the control. There was no difference between treatments for soluble solids and pH. There was a reduction in the levels of titratable acidity during storage, with the lowest levels observed for fruits covered only with starch.

**KEYWORDS:** *Carica papaya L.*, Cassava starch, Neem, *Azadirachta indica Juss.*

## 1 | INTRODUÇÃO

Segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2019), o Brasil é o segundo maior produtor mundial de mamão, com uma produção de 1.517.696 t/ano, tendo um destaque entre os principais países exportadores, principalmente para o mercado europeu, e os Estados Unidos. Só no ano de 2017 o Brasil totalizou cerca de 1.057.101 toneladas de mamão, sendo que o Rio Grande do Norte teve uma marca de 86.342 toneladas, ficando entre os maiores produtores do país. A maior parte dessa produção é direcionada para o mercado de exportação.

O mamão (*Carica papaya*) é um fruto frágil, portanto, bastante suscetível a perdas, que ocorrem principalmente na fase final de comercialização. Por ser tratado de um fruto climatérico que tem uma alta taxa respiratória e outros fatores fisiológicos. Por ser um fruto climatérico, quando colhido fisiologicamente maduro, passa por uma série de mudanças na fase de amadurecimento, que são proporcionadas pelo etileno. É na fase de amadurecimento, quer o fruto vai apresentar um pico de emissão de etileno, geralmente em concordância com a taxa respiratória do mesmo (SOUZA et al., 2014). Fatores de acondicionamento, e transporte podem influenciar na produção do etileno dos frutos.

A alta taxa de etileno desencadeia uma variedade de transformações nos frutos, na coloração da casca, na firmeza, na cor e no sabor da polpa, além da degradação do mesmo por ação fúngica (LI et al., 2013). As perdas pós-colheita do mamão, diretamente relacionadas a rejeição dos frutos pela deficiência de suas características físicas.

Devido esses fatores relacionados a perdas, pesquisadores vem utilizando e desenvolvendo métodos e tecnologias de controle para a diminuição dessas perdas. Dentro técnicas e metodologias que são aplicadas em mamão para prolongar a vida útil pós-colheita, o uso de compostos naturais ou biodegradáveis, não tóxicos, derivados de animais ou plantas, que apresentem efeito fungistático ou induzam a resistência natural das plantas, tem-se destacado nos trabalhos de conservação de produtos vegetais que são muitos perecíveis devido suas características naturais (GALO et al., 2014), sendo os extratos vegetais os mais utilizados.

Deste modo, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a utilização de

diferentes extratos a base de fécula de mandioca e nim (*Azadirachta indica Juss*) como recobrimento pós-colheita em frutos de mamão Havaí.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Análise de Alimentos, localizado no IFRN – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Currais Novos-RN.

Os mamões Havaí foram adquiridos em estádio de maturação fisiológica no comércio local de Currais Novos - RN, oriundos de empresa localizada no município de Macaíba- RN. Os frutos foram selecionados em função do tamanho, cor e ausência de podridões ou danos mecânicos. Para aplicação do biofilme, a fécula de mandioca foi preparada por aquecimento em água a 70°C com agitação, a uma concentração de 3%. Após a geleificação da solução fez-se o arrefecimento até à temperatura de 25°C. Os frutos foram imersos durante 1 minuto, e posteriormente secos sobre bandejas de isopor à temperatura ambiente 26 °C e UR 50%.

Para a elaboração do extrato do nim foi usada uma despolaadeira de marca Hauber para a retirada da polpa dos frutos, foram pesados 50 g de polpas e adicionados 1,5 de água, em seguidas as amostras foram imersas durante 1 minuto e posteriormente colocadas em bandejas de isopor a temperatura ambiente. Para a elaboração do extrato de fécula de mandioca associado ao nim o extrato passou pelo mesmo tratamento de elaboração de fécula mandioca sendo adicionado 50 g de extrato do nim a 5%.

Para a perda de massa as amostras foram pesadas em balança semi analítica (marca, BEL, Mark 3.100), sendo a porcentagem calculada, considerando-se a diferença entre a massa inicial em cada intervalo da amostra.

A aparência externa foi avaliada subjetivamente atrás de uma escala de 1 a 5, de acordo com a intensidade das depressões, murcha, ataque fúngico e manchas escuras na superfície do fruto, sendo considerados impróprios para comercialização os frutos que obtivessem média abaixo de 3,0 (LIMA et al., 2004, com modificações).

Os sólidos solúveis (SS) foram determinados por leitura direta em refratômetro digital modelo Milwaukee e os resultados expressos em °Brix.

Para a acidez titulável (AT), avaliada pelo método titulométrico, foram pesados 2 g da amostra sob a forma de sumo, e transferido para um Erlenmeyer de 125 mL com 50 mL de água. Adicionou-se 2 gotas de fenolftaleína e titulou-se com solução de hidróxido de sódio 0,1M, até coloração rosa. Os resultados foram expressos em mg de ácido cítrico.100mL<sup>-1</sup> de sumo e utilizada

O potencial hidrogeniônico (pH) foi determinado com um potenciômetro digital

modelo Orion Star A125, em triplicata.

Na avaliação estatística foi utilizado o Delineamento Inteiramente Casualizado – DIC, em esquema fatorial de 4 x 5, tendo sido comparados os dados relativos a 1 controle e 3 recobrimentos, (fécula de mandioca, fécula de mandioca + nim e nim), após o recobrimento os frutos foram armazenados durante 5 dias e avaliados quimicamente (SS, AT e pH), e fisicamente (perda de massa e aparência externa), durante o período de armazenamento com 4 repetições de 2 frutos por parcela, totalizando 36 frutos no experimento. Para as características avaliadas no tempo, utilizou-se gráficos com média e desvio padrão. Para os demais dados, utilizou-se gráficos de colunas.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se aumento gradual da perda de massa durante o período de armazenamento dos frutos (Figura 1.). Os fruto recobertos com a fécula de mandioca na concentração de 3% apresentaram os menores valores de perda de massa durante todas as pesagens, sendo que no 5º dia de armazenamento apresentou valores de 6,41% de perda de massa, enquanto os tratamentos controle, fécula + nim e nim apresentaram 7,8, 6,7 e 7,9% respectivamente.

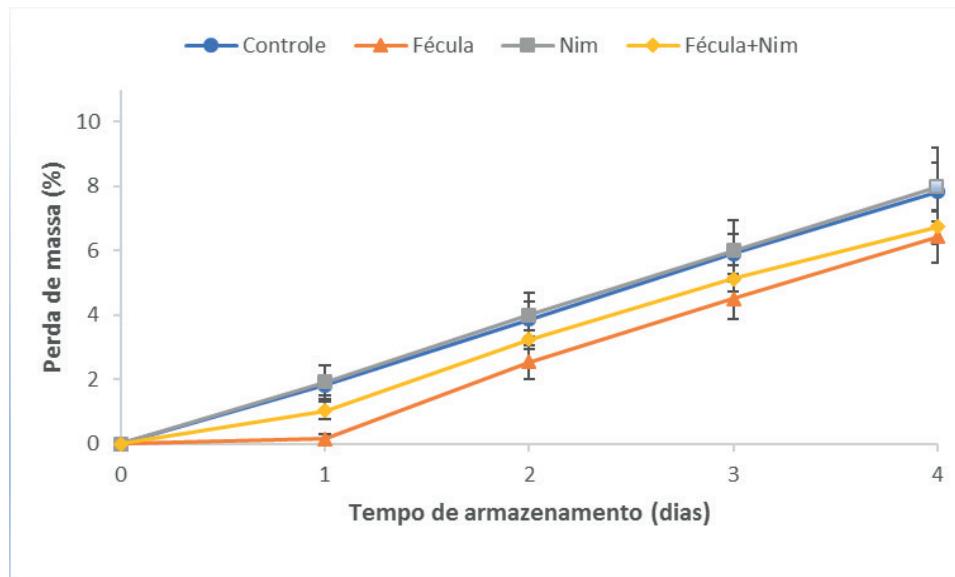


Figura 1. Perda de massa de frutos de mamão Havaí recobertos com fécula de mandioca e extrato de nim, armazenados a temperatura ambiente (26 °C e UR 50%) durante 5 dias.

A perda de massa é um evento natural durante o armazenamento de frutas e hortaliças, causado principalmente pela perda de água que no presente trabalho foi reduzida pelo recobrimento com fécula de mandioca. De acordo com Chitarra e Chitarra (2005), o valor da perda de massa de 10% é considerado o máximo

aceitável para frutos e hortaliças a fim de não comprometer a aparência destes. Desse modo todos os frutos analisados ficaram abaixo desse valor, mantendo -se com bom estado para comercialização até o 5º dia de armazenamento. Freitas et al. (2018), estudando recobrimento de mamões Formosa recobertos com extratos de nim, observaram perda de massa próximo a 5% no 5º dia de armazenamento quando utilizaram extratos obtidos dos frutos do nim.

Constatou-se a ocorrência da perda da qualidade externa ao longo do período de armazenamento, com notas médias ao final do experimento (5º dia) para os tratamentos controle, fécula, nim e fécula + nim de 2,2, 3,7, 3 e 3,6%, respectivamente (Figura 2). A perda de qualidade externa foi ocasionada por ação da temperatura e umidade relativa que aceleram a produção de etileno por ser o mamão um fruto climatérico vai haver uma alta taxa de respiração. Apenas o controle e o tratamento com recobrimento com nim estavam ainda aptos a serem comercializados no 5º dia de armazenamento. A redução na aparência externa dos frutos durante o armazenamento justifica-se principalmente devido às diversas reações metabólicas que ocorrem durante o amadurecimento desses frutos, resultando no aparecimento de manchas de senescências, murchamento e ataque de fungos. (ALMEIDA e SOUZA, 2015). Almeida e Souza (2015) trabalhando com extratos vegetais a base de citronela constataram perda de qualidade externa ao logo do armazenamento, o extrato de citronela na concentração de 7,5% teve resultado superior aos demais tratamentos somente até o 6º dia de armazenamento.

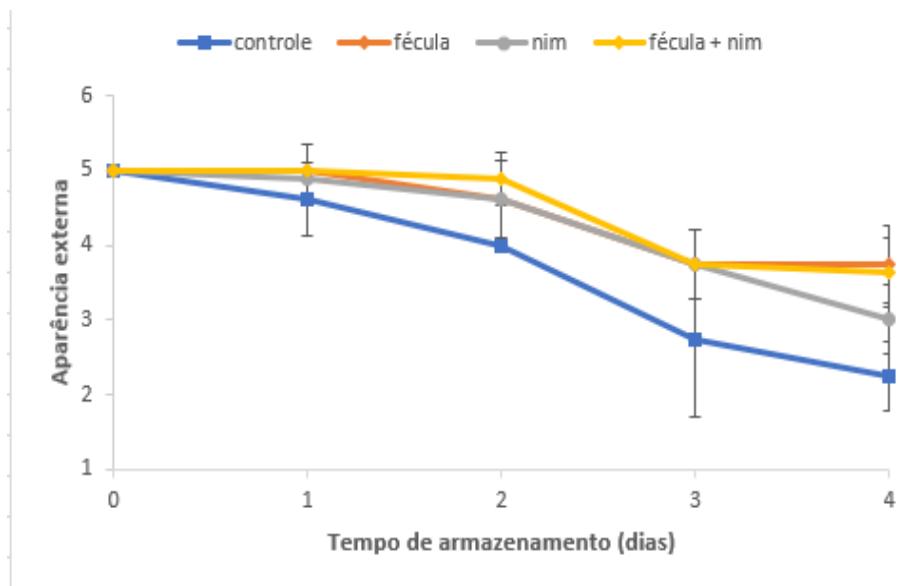


Figura 2. Aparência externa de frutos de mamão Havaí recobertos com fécula de mandioca e extrato de nim, armazenados a temperatura ambiente (26 °C e UR 50%) durante 5 dias.

Ocorreu pequeno aumento do teor de sólidos solúveis para todos os tratamentos durante o período de armazenamento (Figura 3). No 5º dia de armazenamento,

os frutos dos tratamentos controle, fécula, nim e fécula + nim apresentaram valores 11,7; 11,5; 11,9; e 11,1 °Brix, respectivamente. Os tratamentos mostraram comportamento semelhante ao longo do armazenamento, notando-se apenas menor teor para os frutos com nim ao final do experimento. Assim, os extratos a base de fécula de mandioca e nim não reduziram os teores de sólidos solúveis durante o armazenamento, visto que os frutos do controle apresentaram resultados semelhantes aos demais tratamentos. Os frutos de mamão não apresentam teores significativos de amido que elevem os teores de sólidos solúveis (SS) durante o amadurecimento. Assim, o pequeno aumento dos teores de SS deve-se principalmente a parda de água. Pereira et al. (2006) trabalhando com amadurecimento de mamão Formosa com revestimento comestível de fécula de mandioca constatou um aumento de sólidos solúveis em maior quantidade nos frutos controles do que nos tratamento 1 e 2% de fécula de mandioca.

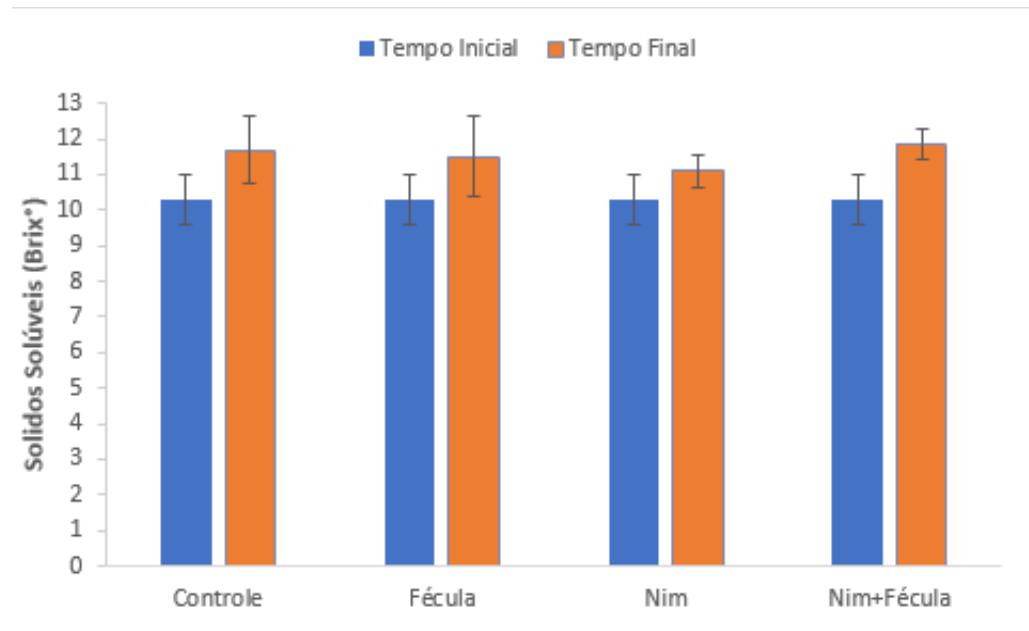


Figura 3. Teores de sólidos solúveis de frutos de mamão Havaí recobertos com fécula de mandioca e extrato de nim, armazenados a temperatura ambiente (26 °C e UR 50%) durante 5 dias.

Para os teores de acidez titulável (AT), observou-se redução ao final do armazenamento (Figura 4). No início do experimento, os frutos apresentaram valor médio de acidez titulável de 0,42% de ácido cítrico. No final os teores reduziram para 0,30; 0,29; 0,27 e 0,30% para os tratamentos, controle, fécula, nim, fécula + nim respectivamente. Solon et al., (2005), afirmam que o teor de acidez após a colheita tende a declinar na maioria dos frutos, devido à larga utilização desses compostos como substrato respiratório e como esqueletos de carbono, para a síntese de novos compostos. (DIAS et al., 2011). Nunes et al. (2016) constataram um aumento da acidez durante o tempo de armazenamento sendo que o controle apresentou a

maior AT média em relação aos tratamentos de fécula mandioca a 2 e 4%.

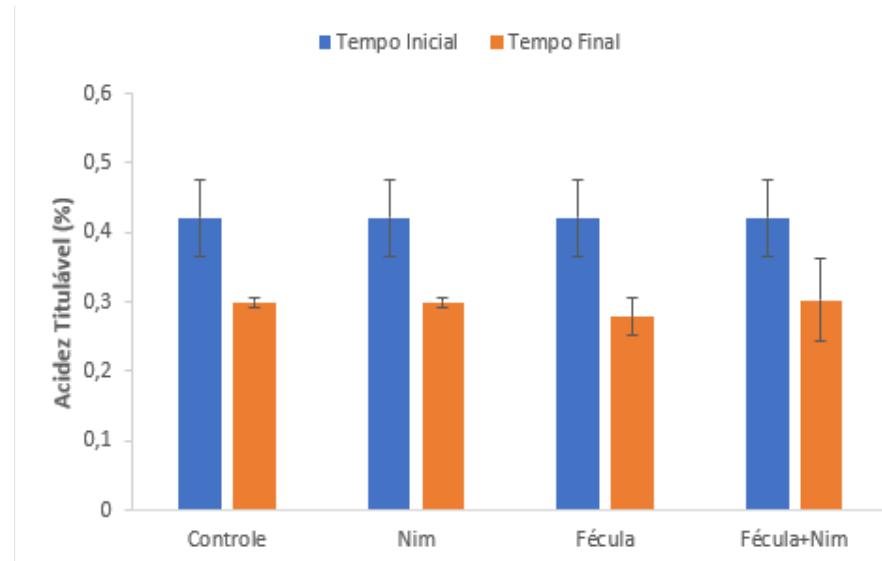


Figura 4. Teores de acidez titulável de frutos de mamão Havaí recobertos com fécula de mandioca e extrato de nim, armazenados a temperatura ambiente (26 °C e UR 50%) durante 5 dias.

Quanto aos valores de pH, praticamente não se alteraram, tendo apenas o tratamento com fécula isoladamente apresentado um leve aumento concordando com o comportamento dos teores de acidez titulável (Figura 5).

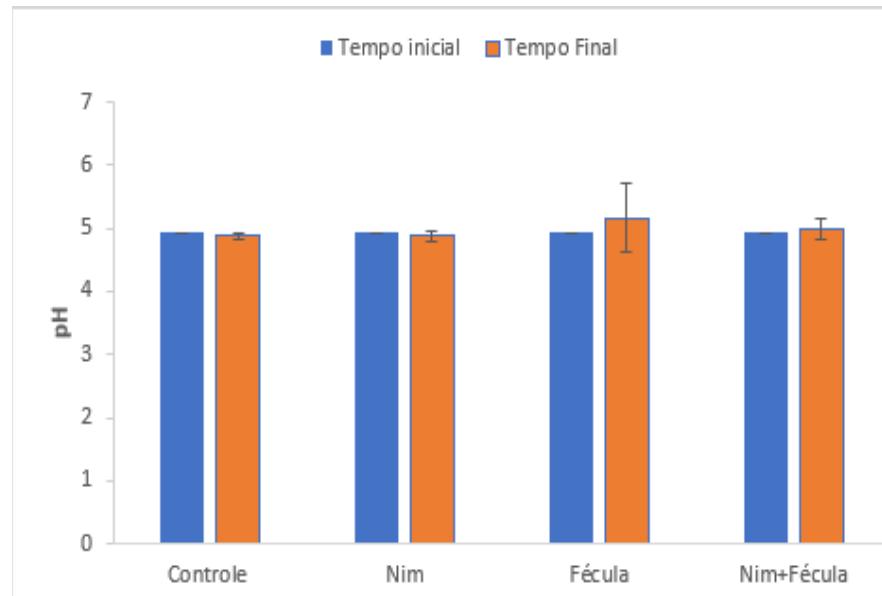


Figura 5. Valores de pH de frutos de mamão Havaí recobertos com fécula de mandioca e extrato de nim, armazenados a temperatura ambiente (26°C e UR 50%) durante 5 dias.

Conforme os resultados obtidos e em concordância com outros autores Nunes et al. (2016) não evidenciaram diferenças significativas entre os tratamentos de fécula de mandioca nas concentrações de 2 e 4%, o pH do mamão é geralmente

superior a 5, devido principalmente ao baixo teor de ácidos orgânicos usualmente presentes no fruto. (ALMEIDA e SOUZA, 2015).

## 4 | CONCLUSÃO

Todos os extratos vegetais mantiveram a perda de massa abaixo de 10% até o 5º dia de armazenamento, sendo que os frutos do tratamento com fécula de mandioca na concentração de 3% apresentaram os menores valores de perda de massa.

Os frutos recobertos apresentaram melhor aparência externa que o controle. Não observou-se diferença entre os tratamentos para os teores de sólidos solúveis. Em relação ao pH observo-se comportamento semelhante entre os frutos tratados com os extratos vegetais e o controle, apenas um leve aumento nos frutos com tratamento de fécula. Houve a redução nos teores de acidez titulável ao longo do armazenamento, sendo os menores valores observados para os frutos recoberto apenas com fécula.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, D. B. A; SOUZA, P. A. **Avaliação do uso de extratos vegetais à base de citronela (*Cymbopogon nardus* L. Rendle) como tratamento pós-colheita de mamão Formosa.** 2015.
- FREITAS, R.V.S. et al. **Post-harvest storage of papaya fruits coated with extracts of leaves and fruits of neem.** Caatinga, v.31, n.2, p.290-296, 2018.
- GALO, J. B. Q. et al. **Conservação pós-colheita de mamão ‘sunrise solo’ com uso de quitosana.** Rev. Bras. Frutic., v. 36, n. 2, p.305-312, 2014.
- LI, X. et al. **Isolation and characterization of ethylene response factor family genes during development, ethylene regulation and stress treatments in papaya fruit.** Plant Physiology and Biochemistry, v.70, p.81-92, 2013.
- LIMA, M. A. C.; ALVES, R. E.; BISCEGLI, C. I.; FILGUEIRAS, H. A. C.; COCOZZA, F. D. M. **Conservação de melões Gália ‘Solar King’ tratados com 1- metilciclopropeno.** Horticultura Brasileira, v. 22, n. 1, p. 121 - 126, 2004.
- MAMÃO. **EMBRAPA.** 2019. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/en/mandioca- e-fruticultura/cultivos/mamao> >. Acesso em: 03 de setembro de 2019.
- NUNES , A. C. et al. **Armazenamento de mamão ‘formosa’ revestido à base de fécula de mandioca.** Revista de Ciências Agrárias. p. 254-263, 2016.
- PEREIRA, M. E. C. et al. **Amadurecimento de mamão Formosa com revestimento comestível à base de fécula de mandioca.** Ciência e Agrotecnologia, v. 30, n. 6, p. 1116 - 1119, 2006.
- SOLON, N.K.; MENEZES J.B., MEDEIROS, M.K.M. de; AROUCHA, E.M.M.;

MENDES, M. de O. **Conservação Pós-colheita do Mamão Formosa Produzido no Vale do Assu Sob Atmosfera Modificada.** Caatinga, v.18, n.2, p.105-111, 2005.

SOUZA, F.A. et al. **FISIOLOGIA DO AMADURECIMENTO DE MAMÕES DE VARIEDADES COMERCIALIZADAS NO BRASIL.** Rev. Bras. Frutic, v. 36, n. 2, p. 318-328, junho 2014.

## COMERCIALIZAÇÃO AGRÍCOLA: O CASO DAS COMUNIDADES REMANESCENTES DE QUILOMBOS LARANJEIRAS, SÃO JOAQUIM DE PAULA E THIAGOS

Data de aceite: 12/05/2020

Data de submissão: 05/02/2020

### **Janaína Ramos de Jesus Silva**

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia -  
UESB,  
Vitória da Conquista – BA.  
<http://lattes.cnpq.br/3080997029569564>

### **Valdemiro Conceição Júnior**

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia -  
UESB,  
Vitória da Conquista – BA.  
<http://lattes.cnpq.br/0543024073878236>

### **Jamily da Silva Fernandes**

Universidade Federal de São Carlos – UFSCar,  
Araras – SP.  
<http://lattes.cnpq.br/0280723474650567>

vida dos que a praticam. Para tanto, realizou-se visitas às comunidades quilombolas onde foram aplicados questionários socioeconômicos semi-estruturados, entrevistas baseadas em roteiro preliminar, com moradores antigos e principais lideranças da localidade, bem como observação da comercialização na feira municipal. Verificou-se que apesar dos excedentes gerados durante a produção a persistência de gargalos, como a dificuldade de escoamento da mesma, se constituem como um dos principais entraves para o pleno desenvolvimento da comercialização praticada por agricultores em comunidades quilombolas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Agricultura familiar, produção, Quilombolas.

### **AGRICULTURAL MARKETING: THE CASE OF THE REMAINING COMMUNITIES OF QUILOMBOS LARANJEIRAS, SÃO JOAQUIM DE PAULA AND THIAGOS**

**ABSTRACT :** The products marketing by farmers in quilombolas communities is a very complex process, and suffers social influences, economic, cultural and environmental. The aim with this check how it works the whole marketing process in Laranjeiras, São Joaquim de Paula and Thiagos quilombolas communities,

**RESUMO:** A comercialização de produtos por agricultores em comunidades quilombolas é um processo bastante complexo, e sofre influências de cunho social, econômico, cultural e ambiental. Objetivou-se com esse trabalho verificar como funciona todo processo de comercialização nas comunidades quilombolas de Laranjeiras, São Joaquim de Paula e Thiagos, pertencentes ao Território de Identidade Sudoeste Baiano, bem como seus locais de escoamento e influência na

belonging to the Southwest Bahian Identity Territory territory, as well as their flow and influence on the lives of those who practice it. Was visited quilombolas communities where socioeconomic semi-structured questionnaires were applied, interviews based on preliminary roadmap, with former residents and major leaders of the locality, as well as observation of marketing in the county fair. It was found that in spite of surpluses generated during production the persistence of bottlenecks, such as the difficulty of disposing of the same, if you are one of the main obstacles to the full development of marketing practiced by farmers in quilombolas communities.

**KEYWORDS:** Family agriculture, production, Quilombolas.

## 1 | INTRODUÇÃO

As comunidades que se reconhecem como quilombolas possuem formas próprias de organização social, ocupam e usam territórios e recursos naturais para sua reprodução cultural, social, religiosa e econômica, utilizando conhecimentos e práticas geradas e transmitidas pela tradição (BRASIL, 2007).

As comunidades quilombolas do Território de Identidade Sudoeste Baiano (TISB) têm a prática da agricultura familiar, como uma das suas principais características (CONCEIÇÃO JÚNIOR et al., 2013).

Entende-se por comercialização a troca de bens e serviços entre agentes econômicos, bem como o planejamento, o arranjo e a coordenação de todas as atividades empresariais direcionadas aos mercados atuais e potenciais (MENDES e PADILHA JÚNIOR., 2007).

Nas comunidades quilombolas esse processo é bastante complexo e envolve a participação de pequenos produtores rurais que dependem quase que exclusivamente da agricultura como fonte geradora de trabalho, subsistência e renda (SILVA et al., 2013). Nessa perspectiva, estudos que tratam sobre os mercados e a comercialização desses agricultores são de grande relevância, pois expõem a invisibilidade econômica de atividades locais e certa marginalização da agricultura familiar nos programas de desenvolvimento dos municípios.

Buscou-se nesse estudo verificar como funciona todo processo de comercialização nas comunidades quilombolas de Laranjeiras, São Joaquim de Paula e Thiagos, pertencentes ao Território de Identidade Sudoeste Baiano, bem como seus locais de escoamento e influência na vida dos que a praticam.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

Para a consecução dos objetivos desse trabalho, realizou-se inicialmente uma revisão bibliográfica em material disponível sobre o território. Posterior a isso, no

período de novembro de 2014 a fevereiro de 2015, foram realizadas entrevistas baseadas em roteiro preliminar e aplicação de questionários socioeconômicos semi-estruturados, com moradores antigos das comunidades de Laranjeiras, São Joaquim de Paula e Thiagos e com suas principais lideranças, considerados como representativos do conjunto em estudo.

Aliado a essas etapas, realizou-se leitura da paisagem local, bem como observação da comercialização na feira municipal, a fim de identificar os fatos ecológicos, técnicos, econômicos e sociais da história local e estabelecer relações entre si. Esses procedimentos permitiram a obtenção de informações importantes em relação ao processo de comercialização dos produtos provenientes da agricultura familiar exercida pelos quilombolas.

Foram aplicados 90 questionários aos agricultores das comunidades citadas, que continham perguntas acerca das famílias, dados da propriedade e das práticas agrícolas empregadas durante a produção, os tipos de culturas e de criações, sua disposição no espaço geográfico, à estrutura fundiária, as técnicas adotadas, questões relacionadas com a venda dos produtos, as formas de escoamento da produção e a infraestrutura social e produtiva.

Os dados obtidos foram tabulados em planilhas eletrônicas do sistema Microsoft Excel e posteriormente analisados, de forma qualitativa e quantitativa.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

As comunidades quilombolas de Laranjeiras, Thiagos e São Joaquim de Paula se diferenciam no Território de Identidade Sudoeste Baiano por terem a prática da comercialização presente em seu cotidiano. Dessa forma, ao serem questionados sobre os motivos que os levam a comercializarem sua produção, foi possível observar, entre os entrevistados, a presença, principalmente, de dois argumentos como resposta:

Um deles está relacionado aos hábitos adquiridos pelos seus antepassados, ou seja, a transmissão dos conhecimentos sobre a comercialização esteve e está diretamente ligada ao processo de sucessão hereditária. Nas três comunidades todos os entrevistados afirmaram, de imediato, ser esse o motivo de estarem até hoje comercializando seus produtos. Essa questão da transmissão geracional de costumes é em parte abordada por Lima (2008), que discute a transmissão das “terras de quilombos” entre gerações sucessivas, onde há uma relação intrínseca entre terra e pessoas, de tal maneira que o sentido de terra se conforma como território, com riqueza de significados e representa coletividade.

Outro aspecto bastante citado nas comunidades de Thiagos e São Joaquim de Paula foi o considerável potencial natural, tendo em vista a localização privilegiada

em que as mesmas se encontram, uma vez que, tais condições edafoclimáticas, favorecem uma agricultura diversificada e geração de excedentes para a comercialização.

Vale ressaltar também que o fato de utilizarem pouco, ou nenhum tipo de tecnificação no preparo do solo, não os limita produzir nem tampouco praticar a comercialização (Figura 1), e segundo a maioria dos entrevistados (80%) o nível de organização presente nas comunidades, pouco interfere nesse processo.

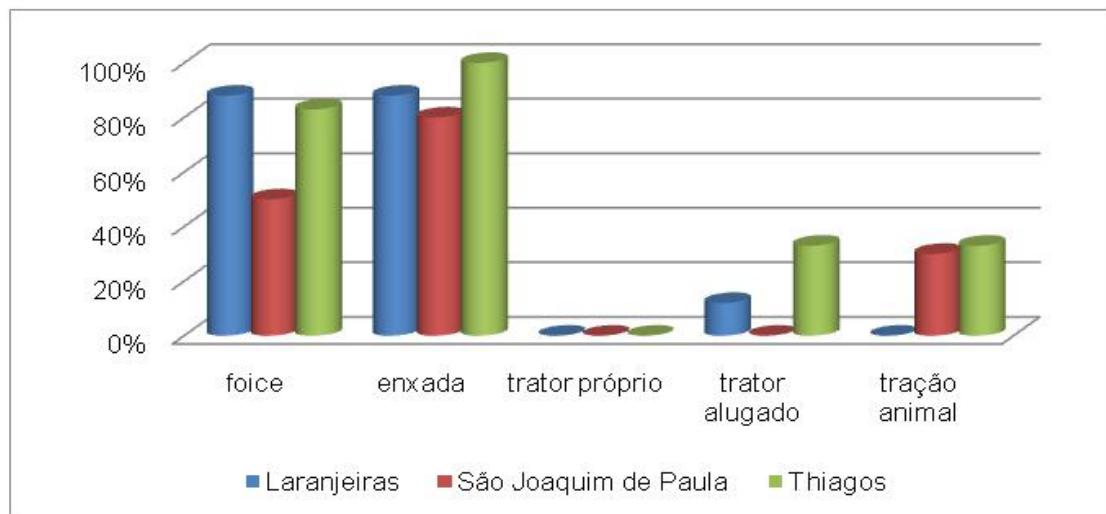


Figura 1. Formas de preparo do solo nas Comunidades estudadas. Vitória da Conquista, BA, 2015.

Um aspecto bastante preocupante que se pôde notar é a ausência de assistência técnica nos empreendimentos visitados. Segundo Guanziroli et al. (2001) quando esse serviço existe não é adequado à realidade desses produtores, pois sem enfoque sistêmico não há como atender às complexas demanda do segmento.

Em relação às culturas mais exploradas na comunidade de Laranjeira, estas estão intimamente relacionadas às condições semiáridas da região, que tem como característica os prolongados períodos de seca e irregularidades nas precipitações, causando forte sazonalidade na produção. Tais aspectos exercem influência no estabelecimento de culturas como feijão, milho e mandioca, as quais detêm maior representatividade na produção, com 53%, 61% e 58% respectivamente. Já na comunidade São Joaquim de Paula foi possível observar o cultivo da mandioca (50%), seguido do café (30%), feijão e batata doce, ambos com 10%.

Em se tratando da comunidade de Thiagos, localizada em uma microrregião onde predomina a mata do tipo Estacional Montana Semidecidual, mais conhecida como mata de cipó, que apresenta períodos de chuva bem definidos, com maior incidência entre os meses de novembro a março, período este onde os moradores aproveitam para executar seus plantios, foi possível observar uma produção

significativa de hortaliça, por 45% dos entrevistados, e frutíferas, por 50%.

No que diz respeito aos locais de comercialização, observou-se que há uma diversidade de destinos da produção (Figura 2), Santos et al. (2014) explicam que esse fato ocorre devido à falta de um local específico que adquira todos os produtos, fazendo-se necessário a procura por outras possibilidades de escoamento, como feiras livres.

Essa necessidade de buscar saídas para a produção acaba implicando em um menor retorno das atividades agrícolas, pois dificuldades como a falta de transporte regular para as sedes dos municípios, onde a maioria dos agricultores destina a sua produção, e os valores pagos a terceiros pelo transporte, onera muito os custos.

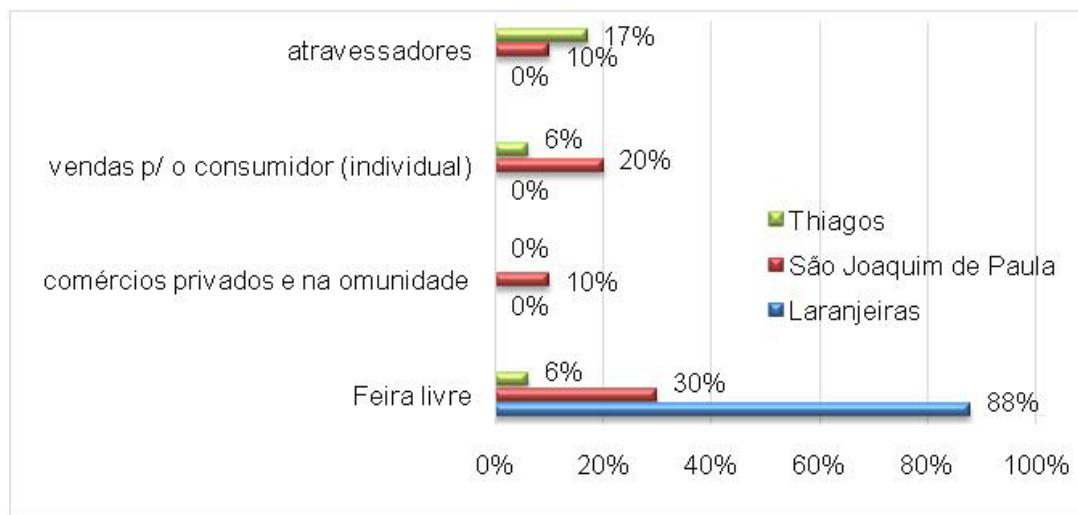


Figura 2. Porcentagem referente aos locais de comercialização das Comunidades estudadas. Vitória da Conquista, BA, 2015.

## 4 | CONCLUSÕES

Apesar das Comunidades de Laranjeiras, São Joaquim de Paula e Thiagos gerarem excedentes durante o processo produção agrícolas, e assim realizarem sua comercialização, a persistência de gargalos como o escoamento da mesma se constitui como um dos principais entraves para o seu pleno desenvolvimento.

## REFERÊNCIAS

BRASIL, Decreto nº 6.040, de 07 de Fevereiro de 2007. Disponível em: <<http://www.lexml.gov.br/urn/urn:lex:br:federal:decreto:2007-02-07;6040>> Acesso em: 02 mar. de 2015.2.

CONCEIÇÃO JÚNIOR, V.; BRITO, I.P.F.S.; DANTAS, E.S. **Organização sócioprodutiva: impactos da implantação de cooperativas de agricultores familiares no território Vitória da Conquista, na Bahia.** Revista Bahia Análise & Dados, Salvador, v. 23, n. 1, p. 263-276, jan.- mar. 2013.

GUANZIROLI, C.E.; ROMEIRO, A.; BUAINAIN, A. M.; DI SABBATO, A.; BITTENCOURT, G.

**Agricultura familiar e reforma agrária no século XXI.** Rio de Janeiro: Garamond, 2001. 284 p.

**LIMA, D. Firmados na terra: a produção do significado de território em dois quilombos de Minas gerais.** 32o. Encontro anual da ANPOCS. Caxambu/MG, 2008.

**MENDES, T. G; PADILHA JÚNIOR, J. B. Agronegócio: uma abordagem econômica.** São Paulo: Pearson, 2007.

**SANTOS, A.P.S; CONCEIÇÃO JÚNIOR, V.; ASSUNÇÃO, R.A. de. Atividades comerciais das comunidades quilombolas do território identidade de vitória da conquista- Ba.** In: III Simpósio Regional de desenvolvimento Rural: Políticas Públicas e Pobreza Rural no Nordeste. Itabaiana, BA, 20 a 22 de agosto de 2014.

**SILVA, F.A; OLIVEIRA, D. L. de; BRITO, I. P. F. S. de; CONCEIÇÃO JÚNIOR, V. Caracterização da atividade cafeeira nas comunidades quilombolas de vitória da conquista, Bahia.** In: VIII Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, Salvador, BA, 25 a 28 de novembro de 2013.

## ASSISTÊNCIA TÉCNICA QUALIFICADA COMO FATOR DE DESENVOLVIMENTO DAS COMUNIDADES RURAIS

Data de aceite: 12/05/2020

**Jefferson Vinicius Bomfim Vieira**

Instituto Federal baiano – Campus Uruçuca,  
Uruçuca - BA.

**Cinira de Araújo Farias Fernandes**

Instituto Federal baiano – Campus Uruçuca,  
Uruçuca - BA.

**RESUMO:** O Brasil tem um legado agrícola que passa das grandes plantações de cana-de-açúcar até as plantações de café, porém a cultura do cacau, mesmo sendo originaria da América do Sul, só chegou no estado da Bahia em específico a cidade de Ilhéus por volta de 1752, no qual se fixou um grande polo de produção de cacau (*Theobroma cacao*). Diferente dos outros cultivos que faziam toda supressão natural para o plantio, ocasionando diversos problemas ambientais. Entretanto o modelo de extensão rural continuava a ser aplicada com os pacotes tecnológicos de uma agricultura convencional e sem assistência diferenciada e qualificada ao pequeno produtor ou comunidades tradicionais. Desta forma, este estudo objetivou avaliar os resultados de uma extensão rural continuada e qualificada na vida de agricultores familiares, assentamentos

rurais e comunidades tradicionais no município de Uruçuca na Bahia. A metodologia utilizada foi formada de algumas etapas como: capacitação dos técnicos em agricultura familiar, levantamento socioeconômico e produtivo dos agricultores do município, capacitação dos agricultores em manejo agroecológico da propriedade, produção de composto e biofertilizantes, apoio na verticalização da produção e comercialização diferenciada. No município são muitos os relatos de produtores em que estão satisfeitos com os resultados e de mulheres e jovens envolvidos com a produção da propriedade.

**PALAVRAS-CHAVE:** ATER, Agroecologia, Agricultores.

QUALIFIED TECHNICAL ASSISTANCE AS  
A DEVELOPMENT FACTOR FOR RURAL  
COMMUNITIES

**ABSTRACT:** Brazil has an agricultural legacy that goes from the large sugarcane plantations to the coffee plantations, however the cocoa culture, even though it originated in South America, only arrived in the state of Bahia specifically in the city of Ilhéus, around 1752, in which a large cocoa production pole (*Theobroma cacao*) was established. Unlike other crops

that used natural suppression for planting, causing several environmental problems. However, the rural extension model continued to be applied with the technological packages of conventional agriculture and without differentiated and qualified assistance to small producers or traditional communities. Thus, this study aimed to evaluate the results of a continued and qualified rural extension in the lives of family farmers, rural settlements and traditional communities in the municipality of Uruçuca in Bahia. The methodology used was formed from a few steps, such as: training of technicians in family farming, socioeconomic and productive survey of farmers in the municipality, training of farmers in agroecological management of the property, production of compost and biofertilizers, support in the verticalization of production and differentiated marketing. In the municipality there are many reports of producers who are satisfied with the results and of women and young people involved with the production of the property.

**KEYWORDS:** ATER, Agroecology, Farmers.

## 1 | INTRODUÇÃO

O Brasil tem um legado agrícola que passa das grandes plantações de cana-de-açúcar que se iniciou por volta de 1530 até as plantações de café em meados de 1720, porém a cultura do cacau, mesmo sendo originaria da América do Sul, só chegou no estado da Bahia em específico a cidade de Ilhéus por volta de 1752, no qual se fixou um grande polo de produção de cacau (*Theobroma cacao*).

O sistema Cabruca de cultivo do cacau debaixo da sombra, possibilitou um manejo diferente dos outros modelos, conservando parte da Mata Atlântica. Diferente dos cultivos de cana-de-açúcar e do café, que faziam toda supressão natural para o plantio, ocasionando diversos problemas ambientais.

Esta região em que o cacau era a produção agrícola principal, pelo seu sistema de plantio, hoje vem se restabelecendo com os cultivos de cacau em sistemas agroflorestais biodiversos ou de cabrucas (que é o cultivo debaixo da sombra de outras árvores, ou podendo ser entendido também, como um sistema agroflorestal de baixa complexidade), fazendo com que sejam mantidas muitas funções ecossistêmicas e conservação de grande parte de suas matas. Entretanto o modelo de extensão rural continuava a ser aplicada com os pacotes tecnológicos de uma agricultura convencional e sem assistência diferenciada e qualificada ao pequeno produtor ou comunidades tradicionais.

Esta realidade promoveu um êxodo rural no território e baixas produtividades das lavouras cacauzeiras. Assim muitas iniciativas por parte de ONGs (Organizações Não Governamentais) e alguns municípios onde aplicaram uma extensão rural continuada e qualificada para o pequeno produtor, assentamentos e comunidades tradicionais tiveram bons resultados com sustentabilidade ambiental e econômica

da propriedade e retorno em muitos casos de filhos para a terra.

Desta forma, o presente estudo objetivou avaliar os resultados de uma extensão rural continuada e qualificada na vida de agricultores familiares, assentamentos rurais e comunidades tradicionais no município de Uruçuca na Bahia.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Descrição da Experiência

O trabalho foi desenvolvido com a participação da Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Econômico, no Departamento de Agricultura da Prefeitura Municipal de Uruçuca. As atividades propostas foram realizadas em cinco regiões do município: comunidade do Barrocão 1 e Barrocão 2, Fortalecida, Corisco, Rochedo e Serra Grande.

A metodologia utilizada foi formada de algumas etapas como: capacitação dos técnicos em agricultura familiar, levantamento socioeconômico e produtivo dos agricultores do município, capacitação dos agricultores em manejo agroecológico da propriedade, produção de composto e biofertilizantes, apoio na verticalização da produção e comercialização diferenciada. Todas estas ações fazem parte da extensão continuada e qualificada, para que proporcione ao produtor uma formação para seu desenvolvimento e um novo olhar da propriedade. E como consequência, a sustentabilidade ambiental e socioeconômica da propriedade e do produtor.

O trabalho foi desenvolvido com visitas de campo, oficinas e reuniões, conforme Figura 1A e B.



Figura 1. A) Visita de campo. B) Atividade de intervenção. Fonte: Arquivo pessoal.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A assistência técnica continuada e qualificada é baseada na análise da situação e aplicação das tecnologias de acordo com a realidade local e do produtor. O fator cultural e os bens imateriais são analisados antes da adoção de novas tecnologias, adaptando-as de acordo com a realidade, mas proporcionando produtividade e consequente sustentabilidade.

A prática da observação é de fundamental importância para delimitar os pontos que merecem mais atenção no processo. Está sensível aos relatos dos agricultores, bem como, o respeito a cultura local e promoção de atividades e capacitações que envolvam toda a família, faz com que as metodologias de intervenção sejam bem-aceitas e aplicadas.

No município são muitos os relatos de produtores em que estão satisfeitos com os resultados e de mulheres e jovens envolvidos com a produção da propriedade. Observou-se também que muitos agricultores hoje são multiplicadores de muitas tecnologias que foram aplicadas nas propriedades.

### 4 | CONCLUSÃO

Verificou-se de modo geral, que uma extensão rural continuada e qualificada é de fundamental importância para fixação da família no campo com sustentabilidade ambiental e socioeconômica. E que uma política pública deve ser aplicada observando a realidade e a cultura local.

### AGRADECIMENTOS

Ao território de identidade do Litoral Sul da Bahia.

A Prefeitura Municipal de Uruçuca.

Ao Instituto Federal Baiano e as comunidades rurais da região.

### REFERÊNCIAS

CEPLAC (COMISSÃO EXECUTIVA DO PLANO DA LAVOURA CACAUERA). **Cacau história e evolução**. 1 de fevereiro de 2002. Disponível em: [http://www.ceplac.gov.br/radar/radar\\_cacau.htm](http://www.ceplac.gov.br/radar/radar_cacau.htm). Acesso em: 14/06/2019.

POTT, C. M.; ESTRELA, C. C. **Histórico ambiental: desastres ambientais e o despertar de um novo pensamento**. Estud. av. vol.31 no.89 São Paulo. Jan./Apr. 2017. Disponível em: [www.scielo.br/pdf/ea/v31n89/0103-4014-ea-31-89-0271.pdf](http://www.scielo.br/pdf/ea/v31n89/0103-4014-ea-31-89-0271.pdf). Acesso em: 20 de junho de 2019.

## IMPACTOS SOCIAIS E PERfil CLÍNICO-EPIDEMIOLÓGICO DOS CAVALOS DE TRAÇÃO ATENDIDOS PELO PROJETO DE EXTENSÃO UNIVERSITÁRIO “CARROCEIRO LEGAL NÃO MALTRATA ANIMAL”

Data de aceite: 12/05/2020

### Rodrigo Garcia Motta

Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Departamento de Higiene Veterinária e Saúde Pública, Botucatu - SP.

<http://lattes.cnpq.br/0475227077170072>

### Lorryne de Souza Araújo Martins

Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Departamento de Higiene Veterinária e Saúde Pública, Botucatu - SP.

<http://lattes.cnpq.br/6691833558070168>

aos respectivos proprietários e familiares. São expressivos os números referentes aos três anos de execução do projeto, foram realizados 556 atendimentos clínicos a equinos, destes 404 animais foram registrados como casos novos e 152 retornos, com idade entre 1 e 28 anos, distribuídos entre 228 proprietários, além do fornecimento de 20.000 quilos de ração comercial peletizada e o envolvimento direto de 120 discentes e 14 docentes. Projetos de extensão como o carroceiro contribuem para conscientizar os proprietários sobre manejo sanitário dos animais, destino adequado do lixo, principalmente, bem-estar animal e refletem diretamente na melhoria do desempenho no trabalho, além propiciar o contato prático com a profissão para os alunos do curso de medicina veterinária, odontologia e fisioterapia.

**PALAVRAS-CHAVE:** Bem-estar, carroceiros, equinos, maus tratos.

**RESUMO:** O projeto de extensão universitária “Carroceiro legal não maltrata animal”, visou ampliar os conhecimentos práticos dos alunos de graduação do curso de Medicina Veterinária e Fisioterapia, bem como, levou à população carente, dos municípios de Rio Verde, Maurilândia e Santo Antônio da Barra, os conceitos básicos de higiene veterinária e saúde pública, a partir da avaliação clínica dos equinos de tração, pertencentes a carroceiros de aluguel. Este projeto de extensão universitária foi iniciado em 2015, e já contou com a realização de 7 encontros, na forma de dias de campo, com atendimento dos animais e cuidados de saúde,

SOCIAL IMPACTS AND CLINICAL-EPIDEMIOLOGICAL PROFILE OF CART HORSES SERVED BY THE UNIVERSITY EXTENSION PROJECT “CARROCEIRO LEGAL NÃO MALTRATA ANIMAL”

**ABSTRACT:** The university extension project

“Carroceiro legal não maltrata animal”, aimed to expand the practical knowledge of undergraduate students of the Veterinary Medicine and Physiotherapy course, as well as, led to the needy population, from the municipalities of Rio Verde, Maurilândia and Santo Antônio da Barra, the basic concepts of veterinary hygiene and public health, from the clinical evaluation of traction horses, belonging to rental carters. This university extension project started in 2015, and has already had 7 meetings, in the form of field days, with animal care and health care, to the respective owners and family members. The numbers referring to the three years of execution of the project are expressive, 556 clinical visits were made to horses, of these 404 animals were registered as new cases and 152 returns, aged between 1 and 28 years, distributed among 228 owners, in addition to the supply of 20,000 kilos of pelleted commercial feed and the direct involvement of 120 students and 14 teachers. Extension projects such as the carter contribute to raising the awareness of the owners about the sanitary handling of animals, the proper destination of the garbage, especially animal welfare, and directly reflect on improving job performance, in addition to providing practical contact with the profession for students of the veterinary medicine, dentistry and physiotherapy course.

**KEYWORDS:** Welfare, carters, horses, maltreatment.

## 1 | INTRODUÇÃO

A relação homem e equídeo tem uma história longa e variada, a princípio motivada pelo interesse em sua carne, progressivamente na importância dos cavalos como ferramenta para o trabalho, transporte, companhia e esporte, atualmente, o uso da equitação e na equoterapia tornou-se popular, aliando aos equídeos a função terapêutica em programas sociais (SMYTHE, 1990; GODOY et al., 2014).

Segundo a Confederação Nacional da Agricultura e Pecuária (CNAP) o Brasil ocupa o terceiro lugar em número de equídeos, com cerca de dez milhões de animais, superado somente pela China e México (RIBEIRO e VARGAS, 2016). Observa-se que este rebanho tem grandes participações na região: Nordeste (24,8%), Sudeste (24,6%) e Centro-Oeste (20,4%). Na Região Nordeste, o maior efetivo encontra-se no Estado da Bahia (10,6%); no Sudeste, Minas Gerais tem 14,5% desses animais; e, no Centro-Oeste, Goiás detém 7,8% dos equinos (IBGE, 2020). A criação da espécie envolve cerca de 500 mil empregos diretos e indiretos, compreendendo importante segmento na cadeia do agronegócio do país (RIBEIRO et al., 2008).

Bem-estar animal, designa uma ciência voltada ao conhecimento e a satisfação das necessidades básicas dos animais mantidos sob o controle do homem, podendo ser avaliado de forma útil e direta pelas “5 liberdades”: livre de fome e sede; livre de dor, lesões e doenças; livre de desconforto; livre de medo e estresse e livre para expressar seu comportamento natural (BROOM e MOLENTO, 2004; SOUZA 2006).

Os carroceiros diariamente utilizam os animais para tração, mas na maioria

das vezes, não possuem os conhecimentos mínimos sobre bem-estar animal, pois apresentam baixo nível sócio econômico e cultural, o que impossibilita seu acesso a assistência veterinária e as informações gerais sobre guarda responsável dos animais de tração (REZENDE, 2004; SOUZA, 2006; SCHARE, 2013).

Pelo papel desempenhado pelos carroceiros como responsáveis pela remoção do entulho originado em obras domésticas, além da opção do frete barato, faz-se necessária, sua conscientização sobre as principais medidas que regem a sanidade dos cavalos de tração e as normativas que regulamentam o destino adequado do material coletado, assim esta ação interdisciplinar, repercutiu em importante ferramenta de difusão da cultura e inclusão social nos municípios alvos (REZENDE, 2004; KAARI, 2006; SCHARE, 2013).

Aos problemas relacionados com bem-estar animal, soma-se o risco de transmissão de doenças ao homem (zoonoses), e a outros equídeos de populações controladas, como: jóquei, centro hípico, cavalaria, haras, esportes equestres (SANGIONI et al., 2011). As principais zoonoses potencialmente transmitidas pelo cavalo são: raiva, leptospirose, borreliose, rodococose, mormo e brucelose (MOTA et al., 2000; ACHA e SZYFRES, 2003; AGUIAR et al., 2008; ANDRADE et al., 2009).

O termo posse responsável tem sido substituído, por guarda responsável, a qual caracteriza-se como uma das práticas para a promoção do bem-estar animal, diretamente relacionada ao papel do Médico Veterinário na sociedade (BROOM e MOLENTO, 2004). Considerando a quantidade de equinos de tração e o grande número de pessoas que utilizam essas atividades como fonte de renda única, é imprescindível a discussão de conceitos relacionados ao bem-estar animal, guarda responsável, riscos à segurança pública e sanidade dos cavalos (AGUIAR et al., 2008; ANDRADE et al., 2009).

### **1.1 Inserção do projeto carroceiro na região e impactos socioeconômicos**

O município de Rio Verde, no estado de Goiás, detém uma população estimada de 7100 cabeças de equinos (IBGE 2017), como a maioria dos centros urbanos, enfrenta problemas devido à presença de equídeos em atividades de trabalho pelas ruas ou soltos nas vias públicas e as margens das rodovias. Soma-se a isto, o fato, da classe dos carroceiros ser uma categoria profissional pouco valorizada, onde o trabalho é realizado por pessoas com nível cultural limitado, desprovidos de informações básicas sobre os cuidados gerais de sanidade para os animais de tração.

Desta forma, fez-se necessário o desenvolvimento de um plano de atividades, focado na conscientização dos carroceiros e das crianças das escolas públicas, com ampla difusão dos conhecimentos relativos ao: manejo básico na equideocultura, bem-estar e guarda responsável, com vistas, na obtenção de melhorias nas

condições de vida dos animais e respectivos tutores, com o propósito, de reduzir a prevalência de afecções nestes animais, que são diariamente são submetidos ao esforço repetitivo e nutrição desequilibrada (FONTEQUE, 2010; GODOY et al., 2014).

O projeto de extensão universitária, anteriormente denominado “Projeto Carroceiro”, iniciou suas atividades no ano 2010 e já havia beneficiado 120 cavalos e 80 proprietários, conforme, levantamento epidemiológico realizado nas fichas clínicas da época. O presente projeto foi repaginado, sob a denominação de Projeto de Extensão Universitária “Carroceiro legal não maltrata animal”, segue fundamentalmente a mesma linha, e tem como objetivos: a promoção do bem-estar dos equídeos de tração, aliado a orientação geral dos proprietários sobre guarda responsável de animais, com vistas, na formação complementar dos acadêmicos dos cursos de Medicina Veterinária, Odontologia e Fisioterapia.

Também, busca orientar a população, sobre higiene veterinária e saúde pública, em acordo, com o conceito atual de Saúde Única ou “*One Health*”, que é uma estratégia para melhor compreender e resolver os problemas contemporâneos de saúde criados pela convergência humana, animal e ambiental (QUINN et al., 2011; RIBEIRO e VARGAS, 2016). Esta abordagem vem incentivar a atuação conjunta de várias disciplinas de trabalho a nível local, nacional e globalmente, para atingir saúde ótima e equilibrada para todos (RIBEIRO e VARGAS, 2016).

A convergência de pessoas, animais e do ambiente criou uma nova dinâmica na qual a saúde de cada grupo está intimamente interligada (SOUZA, 2006). Os desafios associados a esta nova proposta, são exigentes, profundos, e sem precedentes. A Medicina Veterinária é a profissão de natural articulação central no processo, por possuir em sua formação tanto a saúde animal, quanto saúde pública e saúde ambiental (OLIVEIRA et al., 2007).

Existe uma preocupação crescente, de que o mundo da atual geração, possa ser o primeiro na história, a experimentar uma redução na expectativa de vida e saúde de forma geral (WSPA, 2004). As zoonoses, que são doenças compartilhadas entre humanos e animais, são causadas por patógenos de multi-hospedeiros, caracterizados por sua capacidade de circular entre diferentes espécies (ACHA e SZYFRES, 2003; BROOM e MOLENTO, 2004; RADOSTITS et al., 2007). E, ao longo das últimas três décadas cerca de 75% das novas doenças infecciosas emergentes em humanos apresentam potencial zoonótico (ACHA e SZYFRES, 2003).

O presente projeto teve como objetivo conscientizar os carroceiros, sobre o manejo e cuidados com os equídeos de tração, destino adequado ao lixo e entulho transportados, visando a promoção da saúde em todas as esferas, contextualizados, com reflexos diretos na qualidade de vida da população em geral.

Pretendeu-se, também promover o conhecimento de temas relacionados

a equideocultura, entre os discentes, médicos veterinários autônomos através da realização de cursos de atualização e palestras, além de complementar o aprendizado dos acadêmicos com a vivência prática da futura profissão.

Inicialmente o projeto contou com a participação dos docentes e discentes do curso de odontologia, que em paralelo realizavam avaliação clínica nos proprietários dos cavalos e respectivos familiares. Assim, prioritariamente, buscou-se assistir aos cavalos de tração que fazem parte do cadastro geral de carroceiros, disponibilizados por órgãos do município, com o propósito, de melhorar a condição de vida desses animais, que ainda são frequentemente, expostos as condições de maus tratos.

Na sequência, a parceria foi estendida para o curso de fisioterapia, que vem levantando, sistematicamente, o perfil epidemiológico dos participantes, com o propósito de ensinar os conceitos básicos sobre a postura correta durante a execução do trabalho braçal, contribuindo, com a melhoria da condição de vida dos Carroceiros; atividades estas, com significativos reflexos na redução do desconforto psicofísico provocado pelas atividades laborais cotidianas.

Como parte integrante deste Projeto, buscou-se a interdisciplinaridade e interprofissionalidade, já que, estas pessoas carentes foram aproximadas de Veterinários, Fisioterapeutas e Dentistas. Esta forma de abordagem multiprofissional, permite a capacitação dos discentes de maneira diferenciada, preparando-os para os enfrentamentos rotineiros do trabalho em grupo (PAIXÃO, 2001; PALHARES, 2005).

Em especial, os acadêmicos do curso de Medicina Veterinária puderam aplicar muitos dos conhecimentos teóricos adquiridos em sala de aula em situações práticas reais, onde com perspicácia, eram retomados, os conceitos básicos sobre manejo sanitário, nutricional e reprodutivo de equinos, principalmente, doenças infecciosas e parasitárias com implicações em saúde pública.

Durante os dias de campo e consultas individualizadas, promovidos pelo projeto de extensão, possibilitou-se o esclarecimento de diversas dúvidas, que partiam dos proprietários de animais e ainda foram realizadas outras orientações verbais para os carroceiros e familiares, ilustrando os principais tópicos, referentes ao manejo, bem-estar, alimentação e prevenção de doenças em animais.

Os equídeos de tração atendidos pelo projeto, tiveram melhorias significativas na qualidade de vida, através de intervenções clínicas e tratamento de afecções com distintos prognósticos (REICHMANN, 2003). Foram realizados simples procedimentos ambulatoriais como: higienização de feridas cutâneas, diagnóstico parasitológico e vermifugação estratégica, avaliação hematológica, diagnóstico de gestação e viabilidade fetal e implantação de calendário profilático de vacinação, em contrapartida, outras intervenções mais complexas também tiveram que ser executadas como a remoção de neoplasias cutâneas, correções de hérnias

umbilicais e protocolos de emergência em animais com cólica (REZENDE, 2004; SCHADE, 2013; GODOY et al., 2014).

A conscientização dos carroceiros quanto a importância do controle populacional de equinos, através de acasalamentos controlados e a necessidade do conhecimento relativo ao adequado destino do entulho e lixo, transportados nos municípios alvos deste projeto, também foram problemáticas discutidas durante as conversas entre discentes e proprietários de cavalo de tração, seguindo a metodologia de outras Universidades que também executam com êxito projetos semelhantes (REZENDE, 2004; ANDRADE et al., 2009; SCHADE, 2013; GODOY et al., 2014).

Ressaltando, que estas ações contribuíram decisivamente no aprendizado sobre equideocultura entre os discentes do campus de ciências agrárias, alunos de outras universidades que também se interessaram pelo projeto e profissionais autônomos. Despertando os conceitos sobre senciência e bem-estar animal em todas as pessoas que se identificaram com a temática proposta, independente da colocação profissional ou social do indivíduo.

## **2 | METODOLOGIA E PRINCIPAIS AÇÕES PROPOSTAS PELO PROJETO “CARROCEIRO LEGAL NÃO MALTRATA ANIMAL”**

Inicialmente, foi firmada a parceria dos discentes, docentes dos cursos de Medicina Veterinária, Odontologia e Fisioterapia, órgãos públicos e privados dos municípios, que veem apoiando o projeto ao longo de todas as edições. A ação foi executada entre os anos de 2015 e 2017, com a realização de sete dias de campo, respectivamente, 5 em Rio Verde, no Centro de Recreações e Artes Unificadas, no bairro Céu Azul, 1 em Maurilândia, de frente com a Praça Central e 1 em Santo Antônio da Barra, ao lado da Rodoviária local.

Contemplando o atendimento dos animais de tração pela equipe de docentes e discentes do curso de Medicina Veterinária e dos proprietários e familiares pela equipe de profissionais da Odontologia e Fisioterapia (Figura 1).



Figura 1. Atendimento clínico de cavalo de tração em mau estado corporal com sinais de maus tratos, identificado durante o I Projeto de extensão universitária “Carroceiro legal não maltrata animal”, município de Rio Verde, GO, primeiro semestre do ano de 2015. Fonte: Arquivo pessoal do coordenador.

A divulgação desta ação social foi realizada com auxílio de panfletos distribuídos por toda cidade, além do apoio das rádios municipais e emissoras de televisão, com chamadas diárias, entrevistas ao vivo com comissão organizadora durante a realização dos eventos; este empenho na promoção do projeto, fez com que, a cada edição o evento tivesse maior proporção e credibilidade.

Inicialmente, os proprietários com suas carroças eram recebidos pela equipe de triagem, onde era realizada a identificação dos animais e o preenchimento do questionário epidemiológico. Na sequência os animais eram encaminhados para a segunda equipe, que eram responsáveis pela realização do exame clínico, coleta de material biológico para exames complementares, vermifugação, vacinação antirrábica, e ainda, eram assistidos pela terceira equipe, que faziam a entrega gratuita de um saco de ração comercial de equinos com 40 quilos (WSPA, 2004; REZENDE, 2004; SCHADE, 2013; GODOY et al., 2014).

Enquanto, aguardavam o atendimento clínico os carroceiros recebiam os cuidados da equipe de Fisioterapia e Odontologia, além da, disponibilização de um café colonial, servido a partir dos recursos financeiros arrecadados na forma de patrocínio.

Em síntese, o sucesso do Projeto “Carroceiro Legal Não Maltrata Animal”, foi o reflexo da dedicação de muitas pessoas, que rigorosamente, seguiram a metodologia de trabalho previamente discutidas em grupo, as quais foram divididas em ações, que podem ser sumariadas, à semelhança da metodologia desenvolvida pelo Projeto Carroceiro, da Universidade Federal do Vale do São Francisco - UNIVASF, a qual já vem desempenhando um trabalho brilhante junto aos cavalos de tração no município de Petrolina, estado de Pernambuco. O roteiro de ações também foi embasado pelo Projeto Carroceiro da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, FZEA-USP, campus Pirassununga, que

também se destaca no atendimento clínico de cavalos de tração há mais de dez anos (GODOY et al., 2014).

## 2.1 Ações de capacitação aos discentes integrantes do projeto

Os alunos receberam treinamento teórico e prático sobre os temas desenvolvidos nas ações, tais como: bem-estar animal, tratamento de feridas, manejo sanitário e nutricional, coleta de fezes e exame coproparasitológico, vias de administração de medicamentos, qualidade de vida da população, controle populacional de equídeos e leis orgânicas municipais sobre destino de lixo (REZENDE, 2004; SCHADE, 2013; GODOY et al., 2014).

A seleção dos discentes para a composição da equipe organizadora do Projeto de Extensão Universitária “Carroceiro Legal Não Maltrata Animal” foi pautada na lista de alunos devidamente matriculados no oitavo período de Medicina Veterinária, com a comprovação de vínculo com a Disciplina de Clínica Médica de Grandes Animais, pois, para ser concluído o semestre letivo os respectivos alunos teriam que ter participado de todas as etapas do projeto para a composição final da terceira avaliação da respectiva disciplina e avaliação do currículo lattes dos acadêmicos matriculados nos primeiros semestres do curso, para que, as equipes de trabalho tivessem o equilíbrio entre alunos veteranos e calouros.

## 2.2 Ações junto aos carroceiros

A proposta inicial do projeto era a realização de um evento ao final de cada semestre, e os animais atendidos no projeto, devidamente diagnosticados, receberam visitas mensais para acompanhamento da evolução clínica (REZENDE, 2004; SCHADE, 2013; GODOY et al., 2014). Os eventos ocorreram em recintos de origem municipal, disponibilizados previamente pela prefeitura local, onde foi antecipadamente divulgada as datas dos encontros junto a associação dos carroceiros de Rio Verde e região, através de cartazes informativos.

Os docentes e discentes do curso de Fisioterapia, realizaram o atendimento dos Carroceiros e familiares, com o propósito de promover a terapia Laboral, a qual vem oferecendo vários benefícios, tanto para as mais distintas funções, levando a melhores condições de vida dos trabalhadores. O ritmo excessivo de trabalho associado às posturas inadequadas, esforços físicos, movimentos repetitivos e condições físicas impróprias dos postos de trabalho, provocam tensões no corpo que procriam a falta de atenção nas atividades exercidas, induzindo a uma baixa produtividade e aos acidentes de trabalho.

Este projeto também foi estendido aos animais que integram os programas municipais de equoterapia, a destacar a Escola Especial Dunga. Os carroceiros receberam orientação e sensibilização (através de distribuição de cartilhas) que

contemplavam os seguintes temas:

- Manejo e bem-estar dos equinos: fornecimento adequado de água, necessidade de descanso a cada duas horas de trabalho; evitar o transporte de volumes excessivos; não utilizar chicotes ou outros meios para forçar o animal; não realizar marcações criminosas como corte da orelha; alimentação adequada; importância da mineralização; tratamento de feridas utilizando produtos alternativos (ANDERSON et al., 1999; GOODSHIP e BIRCH, 2001; D'AVILA, 2003).
- Sanidade: importância das vacinações, vermifragação e exame coproparasitológico (REZENDE, 2004; GODOY et al., 2014).
- Questões ambientais: importância do destino adequado do lixo e entulhos transportados (REZENDE, 2004).
- Posse responsável: importância e necessidade do controle populacional em equídeos de áreas urbanas (SCHADE, 2013; GODOY et al., 2014).
- Recebimento de cartilha ilustrativa sobre boas práticas com animais: Coube aos discentes a elaboração de uma cartilha ilustrada que possibilitava a orientação dos proprietários de equinos de tração, sobre manejo nutricional de cavalos e as principais responsabilidades sobre a guarda de animais de tração (REZENDE, 2004; SCHADE, 2013; GODOY et al., 2014).

### 2.3 Ações junto aos equídeos de tração

Durante as visitas, os equídeos de tração atendidos pelo projeto, receberam os seguintes procedimentos veterinários:

- **Tratamento de feridas:** através da limpeza do local com soro fisiológico, desinfecção com antissépticos e aplicação de unguento com efeito repelente (RADOSTITIS et al., 2007).
- **Vacinação profilática contra raiva animal:** administração de 2 ml de vacina antirrábica comercial, por via intramuscular na tabua do pescoço. Trinta dias após foi administrado a dose de reforço e a recomendação de revacinação anual (ACHA e SZYFRES, 2003).
- **Mineralização dos animais:** foi ensinado aos carroceiros a formularem amostras caseiras de mistura mineral para equinos (Figura 2), que deveriam ser fornecidas diariamente (REZENDE, 2004; GODOY et al., 2014).
- **Vermifragação:** realizada na forma de aplicação de pasta por via oral, tomando se o cuidado de alternar o princípio ativo a cada semestre, e seguir a recomendação do fabricante de acordo com a espécie animal: muar, asinino e equino (ANDRADE et al., 2009).
- **Coleta de sangue:** realização de hemograma completo e provas sorológicas para a identificação de anticorpos para leptospirose e brucelose (RIBEIRO et al., 2008; CARRAZZA et al., 2010).
- **Coleta de fezes:** após a permissão do proprietário foram coletados 10 gramas de fezes por animal (ANDRADE et al., 2009).



Figura 2. Treinamento individualizado dos carroceiros sobre a importância da vermifugação e mineralização dos animais, realizada por docentes e discentes do curso de Medicina Veterinária durante a realização do I Projeto de extensão universitário “Carroceiro legal não maltrata animal”, segundo semestre do ano de 2015. Fonte: Arquivo pessoal do coordenador

## 2.4 Ações juntas aos discentes do curso de Medicina Veterinária, Fisioterapia e profissionais

Os discentes do curso de Medicina Veterinária e profissionais tiveram acesso ao ciclo de palestras em equídeos e ao curso de atualização em equinos: manejo, sanidade e bem-estar animal, aprofundando seus conhecimentos em equideocultura.

Os discentes do curso de Fisioterapia, puderam realizar a técnica de cinesioterapia nos proprietários das carroças, que rotineiramente, eram submetidos a trabalhos diários cansativos, na maioria das vezes como mal posicionamento, que repercutiam em sérios distúrbios do sistema musculoesquelético. Foram utilizados dois questionários, um antes do início do programa e outro ao término. A aplicação do programa de cinesioterapia laboral deve favorecer significa melhora na sintomatologia álgica dos das dores musculares dos carroceiros.

## 2.5 Ações de pesquisa

Foi realizada a coleta de material biológico dos equinos, que geraram resultados para diversas pesquisas, como monografias, resumos em eventos técnicos científicos e demais artigos com potencial de publicação em revistas indexadas, principalmente com enfoque, em Medicina Veterinária Preventiva e Zoonoses veiculadas dos equinos aos homens.

### 3 | PRINCIPAIS RESULTADOS DO PROJETO “CARROCEIRO LEGAL NÃO MALTRATA ANIMAL”

O resultado mais significativo obtido neste projeto, foi a divulgação do conhecimento e a promoção dos conceitos básicos de saúde, as diversas famílias carentes no estado de Goiás, que sem o apoio do projeto, não teriam condições de fornecer assistência médica veterinária aos seus animais de tração, que eram na grande parte dos casos, seu meio único de subsistência.

O projeto foi muito importante na capacitação dos proprietários visando melhorias nas condições de saúde dos equídeos de tração, bem como, colaborou com medidas profiláticas que visavam o controle das principais doenças dos equinos com caráter zoonótico, salvaguardando à saúde pública.

Este projeto ainda contribuiu, com a formação profissional do estudante de Medicina Veterinária, pois, além do contato com os animais e do acompanhamento dos casos clínicos, que enriqueceram as aulas de Clínica Médica e/ou Cirúrgica de Grandes Animais, os discentes puderam acompanhar e vivenciar as dificuldades socioeconômicas dos carroceiros e, a partir disso, criar estratégias que visem auxiliar estas pessoas, desempenhando um papel social.

Os alunos foram avaliados por meio de discussão pontual dos casos clínicos atendidos pelo Projeto ao longo do semestre e ainda, como matéria avaliativa obrigatória, já incluídos na apresentação cronograma da disciplina de Clínica Médica de Grandes Animais, situação que é colocada na primeira aula desta matéria. Assim, ao término deste projeto os alunos podem conhecer as diversas enfermidades que acometem os equinos de tração.

Desta maneira, os discentes do curso de Veterinária foram beneficiados pelo projeto carroceiro pois podem conhecer as formas de diagnóstico, prognósticos e respectivos tratamentos das enfermidades acompanhadas na rotina de atendimento clínico vinculada aos equinos de carroça (Figura 3). Com base nestes conhecimentos, devem instituir o tratamento, controle e a profilaxia destas enfermidades, evitando assim sua ocorrência e/ou disseminação.

Entre as atividades realizadas também foi a comemoração do Dia do Carroceiro e a organização completa de um grande encontro semestral.

O projeto “Carroceiro Legal Não Maltrata Animal” foi criado em 2015, surgiu da necessidade de se incrementar a coleta de resíduos da construção civil, que era feita por carroceiros e depositadas em locais impróprios. “Além dessa função de ajudar a limpar o ambiente urbano, a iniciativa também ajudaria a diminuir gastos com dinheiro público, uma vez que cada tonelada de material que era retirado de local inapropriado custa, em média, 15 dólares aos cofres dos municípios” (REZENDE, 2004; SCHADE, 2013; GODOY et al., 2014).



Figura 3. Comissão organizadora formada por discentes do curso de Medicina Veterinária, durante a realização do VII Projeto de extensão universitário “Carroceiro legal não maltrata animal”, primeiro semestre do ano de 2017. Fonte: Arquivo pessoal do coordenador

O projeto também tem um envolvimento científico, com o desenvolvimento de pesquisas. Já foram defendidos dois trabalhos de conclusão de curso na Medicina Veterinária, sobre animais de tração e o resultado dos estudos voltam através de medidas práticas para o carroceiro.

Também já foram feitas pesquisas sobre problemas locomotores do cavalo de tração, saúde do trabalhador, perfil socioeconômico do carroceiro e da informalidade do trabalho, e um levantamento sobre o perfil hematológico dos equinos de tração no município de Rio Verde.

Em conjunto, foram desenvolvidos dois trabalhos de conclusão de curso, que caracterizaram o diagnóstico microbiológico da artrite séptica em equinos e o outro descreveu as doenças mais frequentes nos equinos de tração atendidos pelo projeto, na minha opinião particular “O foco é aplicar os resultados desses estudos para gerar resultados que melhorem a qualidade de vida dos cavalos e dos carroceiros. Através da extensão são obtidos materiais nobres para pesquisa, que resultam medidas que vão ao encontro do que a sociedade espera”.

Por isso, o projeto é um ciclo que não se encerra e a tendência é se perpetuar e crescer, pois sempre é gerado algo novo. Também, já foi publicado um artigo completo, na Revista Pesquisa Veterinária Brasileira, gerado a partir das amostras de artrite séptica coletadas dos animais de tração denominado Bactérias multirresistentes isoladas de artrite séptica equina, com um apelo direto em Saúde Pública e bem-estar animal, que posteriormente repercutiu em um projeto de pós doutorado, junto a FMVZ, Unesp, Botucatu, com a mesma linha de pesquisa.

Também foi apresentado na forma de pôster e publicado como resumo expandido os resultados parciais do projeto para o ando de 2015, com título “Projeto

de atendimento clínico em animais de tração no município de Rio Verde - GO: Carroceiro legal não maltrata animal”, que se encontram nos anais do I Simpósio de Produção Sustentável e Saúde Animal da Universidade estadual de Maringá (UEM).

Outro resumo foi apresentado III Seminário de Extensão Universitária da Região Centro-Oeste (SEREX), balizado no contexto de: “Extensão Universitária na Valorização das IES Públicas para o Fortalecimento da Sociedade da Região Centro-Oeste”. O evento de natureza acadêmica, científica e cultural, que tinha como propósito o estímulo, a ampliação e o aprofundamento do debate sobre as práticas de Extensão Universitária entre as Instituições Públicas da Região Centro-Oeste, onde o Projeto Carroceiro foi agraciado como a melhor proposta de extensão de todo evento.

Todos os animais que apresentavam sinais clínicos foram separados e cadastrados a parte, para serem atendidos no transcorrer das aulas práticas de Clínica Médica de Grandes Animais, como consultas sem custo algum, por se tratar de aulas práticas. Todos os equinos receberam vermifugação oral com ivermectina em pasta e coleta de material biológico para posterior exames complementares, os quais irão dar origem a duas monografias de conclusão de curso.

São expressivos os números referentes aos três anos de execução do projeto Carroceiro, foram realizados 556 atendimentos clínicos a equinos, asininos e muares, destes 404 animais foram registrados como casos novos, 210 machos e 194 fêmeas, com 152 retornos, idade entre 1 e 28 anos, distribuídos entre 228 proprietários, ainda foram disponibilizados 20.000 quilos de ração comercial peletizada e o projeto teve o envolvimento direto de 120 discentes, 14 docentes e 3 cursos de graduação.

Segundo levantamento clínico-epidemiológico, realizado através da coleta de dados dos prontuários do projeto, a maior ocorrência e queixa pelos proprietários de equídeos de tração, foram de alterações no sistema musculoesquelético. Das 556 fichas clínicas, em 324 (58,27%), foram identificadas alterações clínicas. Estes quadros reportaram afecções de diversas naturezas, prioritariamente, localizados no sistema ósteo-articular-muscular 162 (50%), dentre os diagnósticos destacaram-se: rabdomiólise por esforço muscular exagerado, lesão por material perfuro cortante, doenças articulares, fraturas, alterações do casco e laminitite (GOODSHIP e BIRCH, 2001; GODOY et al., 2014).

Os dados demonstraram que os animais utilizados para tração apresentam, são predispostos a diversas alterações no sistema locomotor, como consequência, do trabalho em excesso e exaustivo. Portanto, é fundamental que os carroceiros recebam auxílio técnico e educativo sobre manejo e boas práticas aplicadas aos cavalos de tração, para que seus animais tenham melhores condições saúde e trabalho (REZENDE, 2004; SCHADE, 2013; GODOY et al., 2014).

Outras afecções também foram diagnosticadas a saber: patologias dentárias de etiologia múltipla (48%), lesões cutâneas (37%), como: feridas traumáticas, habronemose, carcinoma de células escamosas, tecido de granulação exuberante, sarcóide equino, abscessos múltiplos pitiose, dermatofilose e dermatofitose (D'ÁVILA, 2003; AGUIAR et al., 2008; ANDRADE et al., 2009).

As patologias que acometem o trato respiratório também tiveram elevada casuística (22%) nos cavalos de tração, ilustradas por Adenite equina (Garrotinho), Obstrução Recorrente de Vias Áreas (GODOY et al., 2014).

Na sequência, também foram diagnosticados distúrbios do trato gastrintestinal (12%), onde os proprietários relatavam quadros agudos ou crônicos de diarreia, desconforto abdominal, cólicas e presença de parasitas adultos nas fezes (REZENDE, 2004; SCHADE, 2013; GODOY et al., 2014).

Todos os animais assistidos pelo projeto recebem, gratuitamente, antiparasitários e imunização contra raiva (AGUIAR et al., 2008), em virtude, do recente surto desta doença em animais de produção em algumas regiões do Brasil. Todos os medicamentos e insumos utilizados no projeto são adquiridos por doação de empresas parceiras.

Após o atendimento clínico dos animais foram distribuídos ração comercial peletizada em sacos de 40 Kg, onde a grande maioria dos proprietários, informou que não fornecia nenhum tipo de ração balanceada nem mineralização para seus animais, e a base alimentar dos mesmos era constituída capins nativos, esporadicamente acrescidos de resíduos de milho com casca moído (rolão). Fato este, que se repete em todos os levantamentos clínico-epidemiológicos com esta categoria animal (REZENDE, 2004; SCHADE, 2013; GODOY et al., 2014).

O uso de resíduos de milho, por vezes, mal armazenados, podem contribuir para a elevada casuística de leucoencefalomalacia, doença popularmente reconhecida como doença do milho mofado ou doença do cavalo do carroceiro (RADOSTITS et al., 2007).

Durante os três anos do projeto foram diagnosticados 8 animais com esta doença. Esta doença é uma intoxicação fatal de equinos, responsável por grande número de mortes em diferentes países (RADOSTITS et al., 2007). Tem distribuição mundial e está associada à ingestão de milho ou ração comercial contaminada pelo fungo *Fusarium moniliforme*., que cresce se o nível de umidade do milho for superior a 15%. Clinicamente, são identificadas alterações no nível de consciência, cegueira, convulsões e ataxia. A morte ocorre dentro de 24 horas após o início dos sintomas (RADOSTITS et al., 2007; GODOY et al., 2014).

Enfatiza-se que numa escala de escore corporal, graduada de 1 a 5, onde animais caquéticos recebem valores baixos e animais obesos altos, durante a avaliação clínica das 556 fichas de atendimento clínicos, foram identificados: 37

fichas com escore 1 (6,65%), 339 fichas com escore 2 (61,00%), 130 fichas com escore 3 (23,40%), 36 fichas com escore 4 (6,64%) e apenas 14 fichas com escore 5 (2,50%), resultados semelhantes a outros projetos com cavalos de tração em diferentes regiões do país (REZENDE, 2004; SCHADE, 2013; GODOY et al., 2014).

Ainda se ressalta, que 28 animais tiveram o diagnóstico de babesiose dos equinos, também conhecida como piroplasmose ou nutaliose, é uma doença transmitida no Brasil por carrapatos do gênero *Anocentor nitens* e *Amblyomma cajennensis*, e causada pelos protozoários *Babesia caballi* e *Babesia equi*. Trata-se de uma afecção amplamente distribuída pelos trópicos (RADOSTITS et al., 2007).

Depois da transmissão do protozoário pela picada do carrapato, os equinos exibem as manifestações clínicas dentro de um período de incubação de aproximadamente 5 a 28 dias. Os sinais caracterizam-se por picos febris geralmente ao final da tarde, anemia, icterícia e hemoglobinúria (ANDRADE et al., 2009).

Sintomas generalizados como depressão, falta de apetite, incoordenação motora, lacrimejamento e decúbito também podem ser observados. Em muitos casos a doença evolui para a morte do animal. O animal que desenvolveu a forma crônica da doença, quando submetido a qualquer situação de estresse, como um treinamento pesado, viagem ou processo cirúrgico, pode voltar a apresentar a sintomatologia clínica. O fármaco de escolha para o tratamento é o Dipropionato de Imidocarb e/ou Diaceturato de Diminazeno (RADOSTITS et al., 2007).

Estes resultados sinalizam para a necessidade de ser trabalhado os preceitos básicos de bem-estar animal frente aos proprietários de equinos de tração na região. O projeto superou as expectativas dos docentes e discentes, já que a prefeitura local, possuía o cadastro de aproximadamente 88 animais desempenhando atividade de tração, desta forma, em um único dia de atendimento clínico, foi possível atender a maioria dos equinos registrados no município.

## 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de cavalos de tração ocorre em todo o país, em especial, nos centros urbanos e periferias das cidades, onde esses animais são submetidos a rotina diária desgastante, com várias horas de trabalho sem descanso, com inadequado fornecimento de água e alimentos, na maioria das vezes, os proprietários de cavalos de carroça, não possuem os conhecimentos mínimos sobre guarda responsável, apresentam baixo nível sócio econômico e cultural; o que impossibilita o acesso as informações e a com limitada assistência veterinária aos seus animais.

O projeto de extensão universitária “Carroceiro legal não maltrata animal”, visou ampliar os conhecimentos práticos dos alunos de graduação do curso de

Medicina Veterinária, Odontologia e Fisioterapia, de maneira complementar, levou à população carente, dos municípios de Rio Verde, Maurilândia e Santo Antônio da Barra, os conceitos básicos de higiene veterinária, saúde pública e bem-estar animal, a partir da avaliação clínica dos equinos de tração, pertencentes a carroceiros de aluguel.

Este projeto, contou com a realização de 7 encontros, na forma de dias de campo, com atendimento dos animais e cuidados de saúde, aos respectivos proprietários e familiares. São impressionantes os números relativos aos três anos de execução desta proposta de trabalho. Quanto ao envolvimento e capacitação direta de técnicos, já participaram 120 discentes, 14 docentes de 3 cursos superiores.

Projetos de extensão como o carroceiro contribuem para conscientizar os proprietários sobre manejo sanitário dos animais, destino adequado do lixo, mas principalmente, buscam aplicar os preceitos de bem-estar animal em equinos de tração, submetidos a exaustiva rotina de atividade, por vezes, agravada pelos maus tratos.

Os reflexos desta proposta impactaram diretamente na melhoria do desempenho dos animais, além de propiciarem o contato prático com a profissão para os universitários, dentro das peculiaridades de cada área de atuação, ainda permitiu a integralização de todos os membros da Universidade, com a comunidade carente local, resultando no aprendizado coletivo, na valorização humana e na aplicação prática dos conceitos atuais de Saúde Única ou “*One Health*”, em síntese, a aplicação de uma estratégia para melhor compreender e resolver os problemas contemporâneos de saúde criados pela convergência humana, animal e ambiental.

## REFERÊNCIAS

- ACHA, P.N.; SZYFRES, B. **Zoonosis y enfermedades transmisibles comunes al hombre y a los animales.** 3.ed. Washington: Organización Panamericana de la Salud, 2003. p.28-56.
- AGUIAR, D. M.; CAVALCANTE, G.T.; LARA, M. S. H. **Prevalência de anticorpos contra agentes virais e bacterianos em equídeos do Município de Monte Negro, Rondônia, Amazônia Ocidental Brasileira.** Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science. 45: 269-276, 2008.
- ANDERSON, M. K.; FRIEND, T. H.; EVANS, J.W.; BUSHONG, D. M. **Behavioural assessment of horses in therapeutic riding programs.** Appl. Anim.Behav.Sci., v.63, n.1, p.11 – 24, 1999.
- ANDRADE, R. L. F. S.; SOBRAL, J. C.; SILVA, K. M. G. **Avaliação clínica, hematológica e parasitária em equinos de tração na cidade de Aracaju, Sergipe.** Acta Veterinaria Brasilica. 3: 138-142, 2009.
- BROOM, D.; MOLENTO, C. F. M. **Bem-estar animal: conceito e questões relacionadas. Revisão.** Archives of Veterinary Science. 9: 1-11. 2004.
- CARRAZZA, L. G.; JUNQUEIRA, Y. F.; CARRAZZA, T. G., OLIVEIRA, P. R.; LIMA-RIBEIRO, A. M. C. **Soroepidemiologia da brucelose em equinos de tração em áreas urbanas no município de**

D'AVILA, N. A. **Lesões de casco observadas em equinos de tração leve da cidade de Uberlândia-MG. 2003.** 18 f. Trabalho de conclusão de curso (Medicina Veterinária) –Instituto de Medicina Veterinária, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2003.

FONTEQUE, J. H.; PAOLINI, E.; SILVA, M. C. 2010. **Programa Amigo do Carroceiro.** Udesc em Ação, 40: 1-8.

GODOY, I. D. C.; PRADO-FILHO, R. R.; REGINATO, G. M.; DORIA, R. G. S. **Projeto Carroceiro FZEA-USP.** Rev. Cult. e Ext. USP, São Paulo, n. 11, p.123-135, maio 2014.

GOODSHIP, A. E.; BIRCH, H.L. Exercise effects on the skeletal tissues. In: BACK, W.; CLAYTON, H. (Ed.). **Equine locomotion.** London: Saunders, 2001. p. 227 – 250.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA ESTATÍSTICA. Disponível em: (<http://www.ibge.gov.br/home>). Acesso em 10 fevereiro. 2020.

KAARI, P. A. 2006. **Exploração de equídeos por carroceiros no Distrito Federal: direito, diagnóstico e educação ambiental.** 109 f. Brasília. Trabalhos de conclusão de curso (Especialização) – Centro de Desenvolvimento Sustentável e Direito Ambiental, Universidade de Brasília.

MOTA, R .A.; BRITO, M. F.; CASTRO, F. J. C.; MASSA, M. **Mormo em equídeos no Estados de Pernambuco e Alagoas.** Pesq. Vet. Bras. v.20, n.4, p.155-159, 2000.

OLIVEIRA, L. M.; MARQUES, R. L.; NUNES, C. H. **Carroceiros e equídeos de tração: um problema socioambiental.** Caminhos de Geografia, 8: 204–216. 2007.

PAIXÃO, R. L. **Experimentação Animal: Razões e Emoções para uma Ética.** 2001. 189 f. Tese (Doutorado em Medicina Veterinária) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2001.

PALHARES, M. S. **Correção ambiental e reciclagem com carroceiros de Belo Horizonte.** In: ENCONTRO DE EXTENSÃO DA UFMG, 8, Belo Horizonte – MG, 03 a 08 de outubro de 2005. profiles related to different training intensities and detraining in Standardbred horses: A search for overtraining biomarkers. Veterinary Journal. 197: 717-723.

QUINN, P. J.; MARKEY, B.; CARTER, M. E.; DONNELLY, W. J.; LEONARD, E. C. **Microbiologia Veterinária e Doenças Infecciosas.** Artmed: Porto Alegre, 2011. 512p.

RADOSTITS, O. M.; GAY, C. C.; HINCHCLIFF, K. W.; CONSTABLE, P. D. **Veterinary medicine.** A textbook of the diseases of cattle, horses, sheep, pigs, and goats. 10. ed. Philadelphia: Saunders, 2007. p.963-994.

REICHMANN, P. **Projeto Carroceiro: 10 anos de atuação.** Estação, n.2, p.1-3 2003.

REZENDE, H. H. C. **Perfil sócio – econômico dos carroceiros de belo Horizonte, entre 1998 e 2003.** 2004. 71f. Dissertação (Mestrado em Clínica e Cirurgia veterinária) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2004.

RIBEIRO, M.G.; VARGAS, A.C. 2016. Rodococose, p.458-477. In: Megid J., RIBEIRO, M. G.; PAES, A.B.C. (Eds). **Doenças Infecciosas em Animais de Produção e de Companhia.** Roca, Rio de Janeiro.

RIBEIRO, M.G.; MOTTA, R.G.; ALMEIDA, A.A.S. **Brucelose equina: aspectos da doença no Brasil.** Rev. Bras. Reprod. Anim, Belo Horizonte, v.32, n.2, p.83-92, abr./jun. 2008. Disponível em [www.cbra.org.br](http://www.cbra.org.br).

SANGIONI, L. A.; BOTTONSA, C. J. F. **Pesquisa de anticorpos anti-Neospora spp. e anti-herpersvírus equino em cavalos de tração no município de Santa Maria, RS, Brasil.** Ciência Rural. 41: 321-323. 2011.

SCHADE, J.; BALDISSERA, R.; PAOLINI E. **Biometria do equilíbrio podal em equinos de tração pertencentes ao Programa de Extensão “Amigo do Carroceiro” do Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina no município de Lages/SC, Brasil.** Ciência Rural. 43: 456-461. 2013.

SMYTHE, R. H. **A psique do cavalo.** São Paulo: Livraria Varela Ltda, 1990.

SOUZA MFA. 2006. Implicações para o bem-estar de equinos usados para tração de veículos. Revista Brasileira de Direito Animal. 1: 191-198.

WSPA – WORLD SOCIETY FOR THE PROTECTION OF ANIMAL – UNIVERSIDADE DE BRISTOL (UK) – **“Conceitos em Bem-Estar Animal”** – CD desenvolvido para professores de faculdades de Medicina Veterinária, 2004.

## ESTABILIZAÇÃO DE FRATURA EM CARAPAÇA DE JABUTI PIRANGA (*Chelonoidis carbonaria*) (SPIX, 1824) UTILIZANDO BRAQUETE ORTODÔNTICO

Data de aceite: 12/05/2020

### **Luana Rodrigues Borboleta**

Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, EVZ, UFG, Goiânia - GO.

### **Bárbara Adriene Galdino Bonfim**

Discente em Medicina Veterinária, EVZ, UFG, Goiânia - GO.

### **Anderson Mateus Ramalho de Sousa**

Discente em Medicina Veterinária, EVZ, UFG, Goiânia - GO.

### **Daniella de Jesus Mendes**

Discente em Medicina Veterinária, EVZ, UFG, Goiânia - GO.

### **Maisa Araújo Pereira**

Discente em Medicina Veterinária, EVZ, UFG, Goiânia - GO.

### **Marianna Mendonça Vasques da Silva**

Discente em Medicina Veterinária, UFJ, Jataí - GO.

em casco ou reconstituição do mesmo exigem conhecimento técnico específico, além do uso de instrumentais e equipamentos de ortopedia. Além disso, o casco é um tecido inervado, sendo necessária analgesia nas Intervenções cirúrgicas invasivas. Em decorrência de o casco ser uma estrutura externa no corpo do animal, facilitando a sua abordagem, novas técnicas menos invasivas estão sendo preconizadas de acordo com o tipo de lesão apresentada. Abordamos aqui a estabilização de fraturas de casco de testudines com a técnica de braquetes ortodônticos, uma técnica não invasiva, de baixo custo e que apresenta resultados satisfatórios. **PALAVRAS-CHAVE:** Medicina de selvagens, pets exóticos, testudines.

**SHELL STABILIZATION FRACTURE IN RED-FOOTED TORTOISE (*Chelonoidis carbonaria*)**

**(SPIX, 1824) USING DENTAL BRACE**

**RESUMO:** Os testudines são animais muito propensos a traumas de casco em decorrência de quedas, atropelamentos, mordidas de animais ou acidentes com cortadores de grama e hélices de motores de barcos. Devido a sua anatomia peculiar, essas lesões podem ter gravidade considerável, levando o animal a óbito. Cirurgias convencionais para estabilização de fraturas

**ABSTRACT:** Testudines are animals prone to hoof trauma due to falls, pedestrians, animal bites or accidents with lawn mowers and propellers of boat engines. Due to their peculiar anatomy, these lesions can be of considerable severity, leading the animal to death. Conventional surgeries to stabilize hull fractures or reconstitution require specific

technical knowledge, in addition to the use of orthopedic instruments and equipment. In addition, the hoof is an innervated tissue, requiring analgesia in invasive surgical interventions. As the hoof is an external structure in the animal's body, facilitating its approach, new less invasive techniques are being recommended according to the type of injury presented. We approach here the stabilization of hull fractures of testudines with the technique of orthodontic brackets, a non-invasive technique, of low cost and which presents satisfactory results.

**KEYWORDS:** wild medicine, exotic pets, testudines.

## 1 | INTRODUÇÃO

A ordem Testudines é composta por tartarugas, jabutis e cágados e existem cerca de 335 espécies no mundo (VAN-DIJK, 2014). O casco é a característica mais distintiva de um testudine, e é uma estrutura formada pela fusão de ossos da coluna vertebral, costelas e cintura pélvica (CUBAS e SILVA, 2014; SOUZA, 2006). Os jabutis se apresentam confinados dentro dessa estrutura única, o casco, constituído por uma carapaça dorsolateral, em formato de cúpula, e um plastrão ventral (DIVERS, 1996; PESSOA, 2019). A derme é ossificada e há um tecido córneo epidérmico (DIVERS, 1996), conhecido como placas córneas, queratinizadas mais externamente (DUTRA, 2019).

Essa estrutura tem importantes funções, como a camuflagem, proteção mecânica, defesa contra microrganismos, prevenção contra desidratação, além de minimizar os efeitos da radiação solar e auxiliar na termorregulação (KAPLAN'S, 2002; MADER e DIVERS, 2013). O casco age como uma barreira natural do organismo que isola os componentes internos do meio externo (KAPLAN'S, 2002). Uma vez lesionada, as condições do casco devem ser avaliados para determinar o prognóstico, já que muitas vezes esses animais podem chegar a estado de choque, com hemorragias internas, contusões ou mesmo perfurações pulmonares (MADER e DIVERS, 2013).

As fraturas de carapaça e plastrão são afecções traumáticas mais comuns na clínica de testudines. Podem ocorrer como consequência de mordida de animais como cães e gatos, atropelamento por automóveis, quedas (Figura 1A e B) ou acidentes com cortadores de grama e hélices de motores de barcos e frequentemente ocasiona óbito quando não prontamente tratadas (BARTEN, 2006; SANTOS et al., 2009; FERREIRA, 2003).

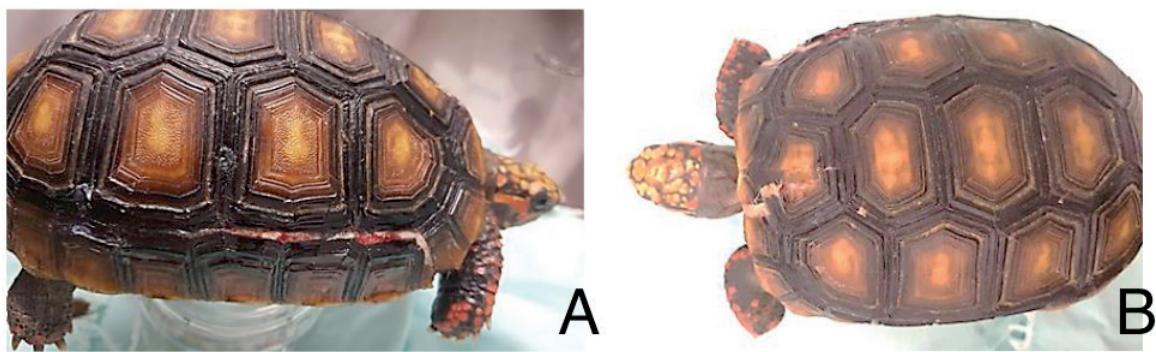


Figura 1. Fratura de carapaça em antímero direito de jabuti, com aproximadamente 18 meses e 350g em decorrência de queda. A – Lesão em placas M3 a M7 margino-costal até o plastrão entre as marginais M3 e M4. B – Lesão nas placas nucais centro-marginais ipsilaterais.

Em geral, lesões traumáticas de casco necessitam do uso de antibióticos. Antimicrobianos de amplo espectro, que atuam sobre bactérias gram-negativas, são os mais recomendados para répteis (MADER e DIVERS, 2013). O período de administração é de no mínimo uma semana ou até que a ferida tenha cicatrizado (KAPLAN'S, 2002), necessitando de acompanhamento periódico do animal. Após a analgesia, estabilização do paciente e limpeza da ferida, poderá ser iniciado o reparo do casco.

Vários materiais podem ser empregados no reparo do casco (KAPLAN'S, 2002; SANTOS et al., 2009), como fibra de vidro, resina de epóxi, resinas coloridas de poliéster, acrílicos dentais, fita de acetato de celulose associado ao adesivo tecidual cianoacrilato, cintas plásticas e fios de sutura associados a furos no casco ou parafusos (SANTOS et al., 2009).

O uso de resinas, apesar de ser uma técnica não invasiva, tem diminuído, pois mesmo estabilizando a lesão, pode recobrir fragmentos celulares e sujidades e, portanto, atrapalhar a reabilitação. Quando utilizada, deve ser removida para maximizar a recuperação, promovendo a calcificação e reparação normal da carapaça lesionada. Caso a estabilização seja fundamental, a mesma deve permitir acesso à lesão para debridamento e limpeza (WALSH, 1999).

A escolha do material vai depender de vários fatores, entre eles se o tecido está contaminado e se há cooptação das bordas, realinhamento. Caso não possível, a lesão poderá ser tratada como ferida aberta, porém de cicatrização muito demorada, devendo ser monitorada por vários meses (MADER, 2006).

## 2 | A TÉCNICA DE ESTABILIZAÇÃO DE FRATURA UTILIZANDO BRAQUETES ORTODÔNTICOS

A estabilização da fratura de carapaça em jabuti com a técnica de braquetes ortodônticos é um procedimento simples, não invasiva e de baixo custo quando

comparada às outros já utilizados. Ela contrapõe à técnica de fixação com parafuso e arame ou a de placas ósseas, pois não causa lesões para fixação do aparato na superfície do casco.

Deve-se avaliar o tipo de fratura, considerando fatores como idade, extensão da lesão e condição física do paciente (SANTOS et al, 2009). Animais jovens possuem reparação de lesões mais rápidas do que adultos e idosos, associados a um organismo hígido.

O uso de braquetes não é indicado para fraturas com perda de fragmentos, sendo exclusiva para lesões lineares. A vantagem da técnica é que ela mantém a lesão exposta, permitindo o acesso para limpeza, acompanhamento do processo de cicatrização, evitando a aposição de larvas de moscas e descartando o uso de telas ou proteção (KAPLANS, 2002) (Figura 2). Por ter adesão superficial ao casco, a remoção do aparato é bem simples e não causa lesão ou dor ao animal.



Figura 2. Redução de fratura de carapaça em antímero direito de jabuti, com aproximadamente 18 meses e 350g, preservando a linha de fratura quanto à presença do polímero. A – visão lateral direita. B – visão oblíqua.

Os braquetes são prontamente fixados com resina autopolimerizável e poderá ser recolocado sempre que houver a desfixação de algum. A superfície do casco deve ser previamente limpa para a retirada de gordura e sujidades, de forma a minimizar a contaminação do tecido e também auxiliar na fixação da resina na superfície do casco. Inicialmente utiliza-se solução salina estéril, removendo tecidos necrosados e debríss, para posteriormente seguir a desinfecção que poderá ser realizada com solução de clorexidine a 2% (MADER e DIVERS, 2013) na exposição de tecidos ou iodopovidona a 5% quando não houver exposição de tecidos.

São preferidos braquetes ortodônticos metálicos pré-molares e molares com gancho 0,022" devido a possibilidade de maior estabilidade dos elásticos para coaptação da lesão. Os braquetes deverão ser fixados com resina acrílica autopolimerizável, após desengorduramento com éter ou acetona conforme mencionado anteriormente. O caso com desengorduramento inadequado promoverá a soltura precoce dos braquetes e, ao depender do número, poderá novamente

desestabilizar a ferida. Resina autopolimerizável dispensa o uso de fotoestimulador ultravioleta para a reação do polímero, minimizando os custo de implantação do serviço.

Elásticos intraorais de silicone médio 1/8" são utilizados para a redução do espaço, fazendo pontes de estresse segundo orientação da fratura e anatomia do casco. A linha de fratura deverá preservada quanto à presença do polímero para acompanhamento do processo de cicatrização e eventuais contaminações. Recomenda-se a antibioticoterapia e limpeza diária da ferida, não devendo tampar o local. Banhos de sol matinal por 15 minutos diariamente e dieta adequada ou a utilização de suplementos nutricionais são cuidados necessários que acelerarão a cicatrização em répteis. O carbonato de cálcio é um mineral com ação adjuvante no reparo do casco recomendado.

Em relação ao processo de cicatrização, quanto mais estável estiver a linha de fratura, mais rápida ela ocorrerá. Então, o planejamento da quantidade e disposição dos braquetes, bem como o uso dos elásticos intra-oraais respeitando as linhas de força, são essenciais para o sucesso do tratamento.

Durante o crescimento, o novo casco surge sobre a antiga placa córnea, que é disposta em ordem específica (DRIVERS, 1996). Assim, a margem que se forma dá origem a anéis de crescimento (DUTRA, 2019). Em um animal adulto, a cicatriz não traz maiores problemas. Contudo, em testudines em crescimento, as marcas podem ocasionar irregularidades (MADER, 2006). O uso de braquetes ortodônticos não inviabiliza a aposição destas camadas porque não interferem na linha de cicatrização e na união da fratura e não compromete o desenvolvimento do casco conforme o crescimento do animal (Figura 3).



Figura 3. Fratura de carapaça em antímero direito de jabuti, com aproximadamente 18 meses e 350g, 60 dias após a fratura, com os braquetes ortodônticos já removidos.

A ossificação e cicatrização completa de fraturas nos répteis são processos demorados que podem durar de quatro a 18 meses (BORBOLETA et al., 2019). Na

técnica utilizando braquetes ortodônticos, preconiza-se a retirada do aparato com 60 dias, garantindo a estabilidade no foco fratura (Figura 4).

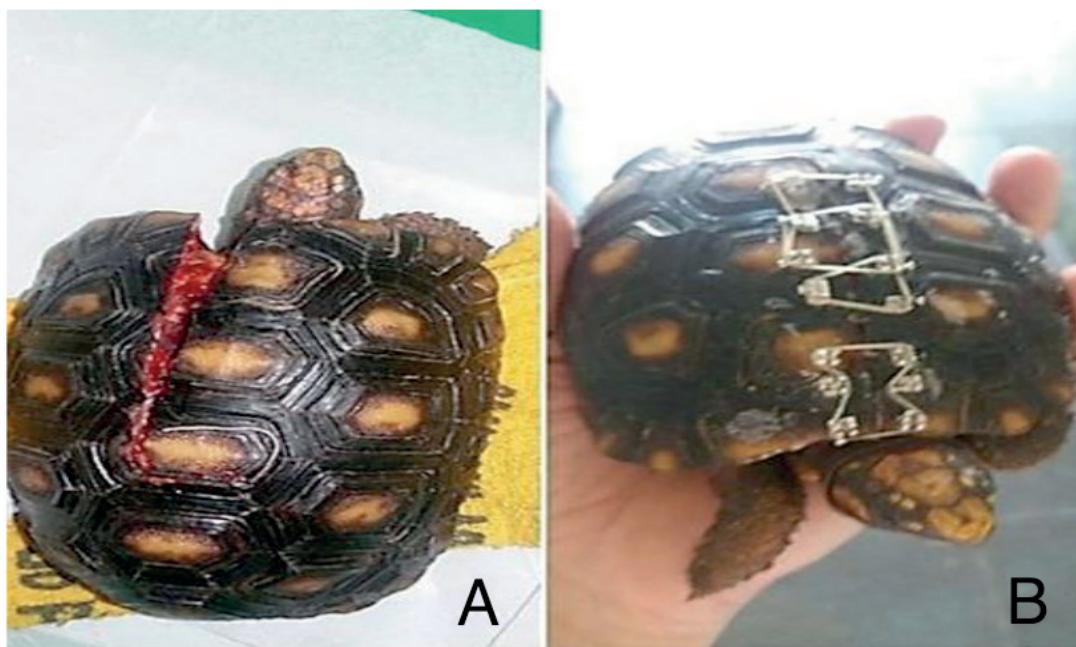


Figura 4. Jabuti filhote de aproximadamente 18 meses e 280g. A – Fratura de carapaça na margem esquerda dos escudos dorsais centrais C1 a C3 com exposição de tecido pulmonar logo após acidente automobilístico. B – Fixação de braquetes ortodônticos lateral a linha de fratura, reduzida com elásticos intra-orais no mesmo dia do acidente. O animal se recuperou bem, sendo retirado o aparato após 60 dias.

### 3 | CONCLUSÕES

O uso de braquetes ortodônticos se mostra adequado para estabilização de fratura de casco em jabuti-piranga, permitindo a exposição da ferida e, consequentemente, facilitando os procedimentos pós- cirúrgicos. No entanto, mais estudos devem ser realizados comparando o tempo de estabilização da fratura frente às demais técnicas, certificando que ela apresenta um custo benefício bastante atrativo para o animal, tutor e médico veterinário que não necessita de equipamentos específicos no uso desta técnica.

### REFERÊNCIAS

BARTEN, S. L. SHELL DAMAGE. In: MADER, D. R. editor. **Reptile medicine and surgery**. 2 ed. Florida: Marathon; 2006. p. 893-9.

BERNARDI, E.D.; REOLON, M.; FINKLER, F.; DIAZ, J. S.; CARDONA, R. O. C.; MARTINS, D. B. **Fratura de casco em quelônio** - Relato de caso. Cruz Alta - RS: XVI Seminário Institucional de Ensino, Pesquisa e Extensão; 2011 Acesso em 14 de abril de 2019. Disponível em: <https://home.unicruz.edu.br/seminario/anais/anais-2011/saude/FRATURA%20DE%20CASCO%20EM%20QUEL%C3%A3O%83%E2%80%9DNIO-%20RELATO%20DE%20CASO.pdf>.

BORBOLETA, L. R.; BONFIM, B. A. G.; SOUSA, A. M. R.; MENDES, D.J.; SILVA, M. M. V.; SILVA, M. A. M. **Estabilização de Fratura em carapaça de Jabuti Piranga (*Chelonoidis carbonaria*) (Spix, 1824) utilizando braquete ortodôntico.** In: IV Encontro Científico da Escola de Veterinária e Zootecnia, 2019, Goiânia - GO. Anais do Encontro Científico da Escola de Veterinária e Zootecnia Da Universidade Federal De Goiás. Goiânia - GO: UFG, 2019. v. 4. p. 143-146.

CUBAS, Z. S.; SILVA, J. C. S.; CATÃO-DIAS, J. L. **Tratado de Animais Selvagens: Medicina Veterinária.** 2<sup>a</sup> ed. Roca, São Paulo, 2014.

DIVERS, S. **The structure and diseases of the chelonian shell. Certain aspects of the veterinary care of chelonian.** British Chelonia Group Symposium. Sevenoaks, 1996. p.10-8.

DUTRA, G. H. P. **Doenças em tartarugas** – Doenças do casco: WebAnimal®; 2019 Acesso em 14 de abril de 2019. Disponível em: [http://www.webanimal.com.br/reptil/index2.asp?menu=doencas\\_tart3.htm](http://www.webanimal.com.br/reptil/index2.asp?menu=doencas_tart3.htm).

Ferreira, S. R. **O grande queimado: uma abordagem fisioterapêutica.** Universidade Católica de Goiás-GO: Universidade Católica de Goiás, 2003.

KAPLAN'S, M. **Turtle and tortoise shell.** Herpetological Care Collection. Los Angeles, 2002. p. 78-84.

MADER, D. R.; DIVERS, S. J. (Ed.). **Current therapy in reptile medicine and surgery.** Elsevier Health Sciences, 2013.

MADER, D. R. **Reptile medicine and surgery.** 2 ed. Philadelphia: W. B. Saunders Company; 2006. 1242p. CUBAS, P. H.; BAPTISTOTTE, C. **CHELONIA** (Tartaruga, cágado, jabuti). Tratado de Animais Silvestres – Medicina Veterinária. 1a ed. São Paulo: Roca; 2007. p. 86- 119.

PESSOA, A. **Alterações de carapaça e plastrão em quelônios: Animal Exótico®; 2013.** Acesso em 14 de abril de 2019. Disponível em: <http://animalexotico.com.br/site/blog/2013/05/16/alteracoes-de-carapaca-e-plastrao-em-quelonios/#more-239>.

SANTOS, A. L. Q.; SILVA, L. S.; MOURA ,L. R. **Reparação de fraturas de casco em quelônios.** Biosci J. 2009; 25(5):108-11.

SOUZA, R. A. M. **Comparação de diferentes protocolos terapêuticos na cicatrização de carapaça de tigres d'água (*Trachemys sp.*)**. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias)-Universidade Federal do Paraná, Londrina, 2006.

VAN-DIJK, P. P.; IVERSON, J. B.; RHODIN, A. G. J.; SHAFFER, H. B. E.; BOUR, R. **Turtles of the world, 7th edition: annotated checklist of taxonomy, synonymy, distribution with maps, and conservation status.** Conservation Biology of Freshwater Turtles and Tortoises: A Compilation Project of the IUCN/SSC Tortoise and Freshwater Turtle Specialist Group. Chelonian Research Monographs 5(7), 2014.

WALSH, M. **REHABILITATION OF SEA TURTLES.** In: ECKERT, K. L.; BJORNAL, K, A.; ABREU-GROBOIS, F. A.; DONNELLY, M. editors. **Research and Management Techniques for the Conservation of Sea Turtles: IUCN/SSC.** Marine Turtle Specialist Group Publication; 1999. p.202-7.

## ATLAS: A VISUALIZATION AND ANALYSIS FRAMEWORK FOR GEOSPATIAL DATASETS

Data de aceite: 12/05/2020

### **Ricardo Barros Lourenço**

University of Chicago and Argonne National  
Laboratory,  
Chicago - IL – EUA.

<https://orcid.org/0000-0002-4158-3244>

### **Nathan Matteson**

DePaul University - School of Design, College of  
Computing and Digital Media,  
Chicago - IL – EUA.

<https://orcid.org/0000-0002-4171-7986>

### **Alison Brizius**

University of Chicago and Argonne National  
Laboratory,  
Chicago - IL – EUA

### **Joshua Elliott**

University of Chicago and Argonne National  
Laboratory,  
Chicago - IL – EUA.

<https://orcid.org/0000-0003-0258-9886>

### **Ian Foster**

University of Chicago and Argonne National  
Laboratory,  
Chicago - IL – EUA.

<https://orcid.org/0003-2129-5269>

consumption, and regulation), food security and land-use change dynamics must be evaluated at the global scale. The effects of food insecurity and environmental impacts, however, are largely experienced locally and confronted by decision-makers at national or regional scales. The ATLAS (Agro-economic dynamics and Trade-offs of Land use and Sustainability) viewer is designed to support data management, retrieval, analysis and visualization to enable users to explore interactions across these scales. We are beginning with visualizations of pSIMS model outputs and will be extending ATLAS for use with many more models and other multi-scale data products.

**KEYWORDS:** data visualization, climate modeling, cloud computing.

### **ATLAS: UMA INFRAESTRUTURA PARA VISUALIZAÇÃO E ANÁLISE DE DADOS ESPACIAIS**

**RESUMO:** Devido à internacionalização dos mercados da agricultura e a relevância dos direcionadores da mudança global (clima, população, consumo e regulação), aspectos como segurança alimentar e dinâmica de uso territorial tem de ser avaliadas em escala global. Os efeitos da insegurança alimentar e impactos

**ABSTRACT:** Due to the internationalization of agricultural markets and the relevance of global change drivers (climate, population,

ambientais, porém, são verificados em escala local mas confrontados por tomadores de decisão em escalas nacional ou regional. O ATLAS (*Agro-economic dynamics and Trade-offs of Land use and Sustainability*) é um sistema projetado para tanto prover gerenciamento e pesquisa de dados, quanto sua análise e visualização, permitindo que usuários explorem interações entre estas escalas. Iniciamos com visualizações da base de dados gerada pelo modelo pSIMS, com extensão futura para outros modelos e produtos espaciais multi-escala.

**PALAVRAS-CHAVE:** visualização de dados, modelagem climática, computação em nuvem.

## 1 | INTRODUCTION

The Center for Robust Decision-making on Climate and Energy Policy (RDCEP) is located at the Computation Institute, which is a joint venture of the Argonne National Laboratory and the University of Chicago. The Center brings together experts in economics, physical sciences, energy technologies, law, computational mathematics, statistics, and computer science to undertake a series of tightly connected research programs aimed at improving the computational models needed to evaluate climate and energy policies, and to make robust decisions based on outcomes.

RDCEP is funded by a grant from the National Science Foundation (NSF) through the Decision Making Under Uncertainty (DMUU) program as described in NSF (2009). The primary goal of DMUU is to “advance fundamental understanding of decision making under uncertainty for climate change and related long-term environmental risks”. In addition, the Center is expected “to provide new knowledge about how public officials, firms in the private sector, other groups, and/or individuals can incorporate existing knowledge about climate change and related long-term environmental risks into their decisions”.

As part of RDCEP activities, the center generates and consumes geospatial information in large scale, often dealing with datasets that have global coverage in high spatial and temporal resolutions. Examples of those datasets include pSIMS climate impacts ensemble model outputs as defined in Elliott et al. (2014); climate forcing datasets such as the ones described in Ruane, Goldberg and Chrysanthacopoulos (2015); soil simulation model outputs as described in Shangguan et al. (2014); among others. These datasets are calculated in High Performance Computing (HPC) environments, and the output of those models is stored in the Network Common Data Form (NetCDF).

The NetCDF container was initially defined by Rew and Davis (1990), and has become a popular standard for representing climate data, in part because it was designed as a multidimensional data structure able to be manipulated in parallel.

The raster data is represented as sets of multidimensional arrays of primitive types, which are assigned variable names, physical dimensions, and other possible attributes. The most paramount aspect of NetCDF files is the ability to use dynamic dimensions, generating datasets that have uneven spatial distribution of data, while avoiding memory allocation of spaces that don't contain data, thus reducing the file size.

Despite its robustness as a geospatial data container, the NetCDF format is not the main standard for the majority of Geographical Information Systems (GIS) users. These users often prefer using the ESRI Shapefile format, which is proprietary and closely related with ESRI ArcGIS platform. Integrating NetCDF files into the research workflow does require a practical knowledge of the format as well as some programming skills—attributes that are not always present in the users of such data.

Having these computational characteristics, and also the typical user group of the climate products developed at RDCEP (such as public policy stakeholders, economists, teachers, and a wide range of students) taken in account, ATLAS was initially developed to be a user friendly visualization interface for data stored in NetCDF files. The scope of this framework is to provide thematic maps and a limited scope of analytical tools, allowing its users to retrieve a variety of datasets and analyze their patterns—thus facilitating the integration of such data into other research with minimal effort, and without getting into the myriad of jargon and technical aspects present in the GIS learning process.

## 2 | METHODOLOGY

The development of ATLAS is conceptually related with the research conducted at RDCEP, and this project was initially designed to graphically represent three different datasets that are in the core of its research. The datasets differ much in terms of their content, and due to this the internal data organization is different too. The primary effort in terms of project methodology was to define a common platform able to integrate such varied data without loosing information; without restricting the users' ability in retrieve information; and in a reasonably efficient manner with regard to information storage. To fully define our methodology it is necessary to define upfront the main datasets and just then the technologies able to deal with this data variety.

### 2.1 Dataset Description

We describe the GeoJSON container and MongoDB NoSQL database components of our dataset representations.

### 2.1.1 pSIMS Model Run

The pSIMS model run, as defined in Elliott et al. (2014), and using a different setup defined in Elliott et al. (2015), generated multiple crop model ensembles as NetCDF Files containing three main variables (In the context of this work, we use the definition established in Rew and Davis (1990), which names *attribute*, as a variable dependent on other independent variable(s)), being the spatial pairs latitude and longitude in a global one-degree grid in both dimensions; and time, being split in annual intervals from 1948 to 2012. Each file has a single attribute but with global coverage, being a result of a permutation of parameters of:

- Climate models;
- Historical climate forcing datasets;
- Simulation Scenarios in terms of simulation configuration and irrigation setting;
- Mandatory attributes (Crop yields; Applied irrigation water);
- Optional attributes (Total above-ground biomass yield; Actual growing season evapotranspiration; Actual planting date; Days from planting to anthesis; Days from planting to maturity; Nitrogen application rate; Nitrogen leached; Nitrous oxide emissions; Accumulated precipitation, from planting to harvest; Growing season incoming solar; Sum of daily mean temperature, from planting to harvest);
- Crop type;
- Time step and time range.

### 2.1.2 AgMERRA Model Run

The AgMERRA model run, as defined in Ruane, Goldberg and Chryssanthacopoulos (2015), generated climate forcing data stored in NetCDF files where the three variable names are: latitude and longitude in a global quarter-degree grid in both dimensions; and time defined in daily values ranging between 1980 and 2010. With these three variables used as input references, there are other attributes defined, such as: Precipitation flux; Maximum and minimum surface air temperature; Surface downwelling shortwave radiation flux; Wind speed at 10 meters; Relative humidity average approximated by average temperature; Relative humidity at time of maximum temperature; and cropland percentage. These attributes are dynamic. They are distributed across several files which are split in terms of spatial coverage and depend on the three initial variables as primary keys in a database.

### 2.1.3 GSDE Model Run

The GSDE model run, as defined in Shangguan et al. (2014), is a high resolution soil model. It is distributed in two sets of information:

1. The first set has a spatial grid resolution of 30 seconds, with eight depths of soil simulationas main variables. The related attributes are: Additional property; Available water capacity; Drainage class; Impermeable layer; Nonsoil class; Phase1; Phase2; Reference soil depth; Obstacle to roots; Soil water regime; Topsoil texture.
2. The second set has spatial grid resolution of five minutes, with eight depths of soilsimulation split in two different files, with the top four depths separated from the bottom four. For these pairs of files, the following attributes are represented: Total carbon; Organic carbon; Total nitrogen; Total sulfur;  $\text{CaCO}_3$ ; Gypsum;  $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ ;  $\text{pH}(\text{KCl})$ ;  $\text{pH}(\text{CaCl}_2)$ ; Electrical conductivity; Exchangeable calcium; Exchangeable magnesium; Exchangeable sodium; Exchangeable potassium; Exchangeable aluminum; Exchangeable acidity; Cation exchange capacity; Base saturation; Sand content; Silt content; Clay content; Gravel content; Bulk density; Volumetric water content at -10 kPa; Volumetric water content at -33 kPa; Volumetric water content at -1500 kPa; Amount of phosphorous using the Bray1 method; Amount of phosphorous by Olsen method; Phosphorous retention by New Zealand method; Amount of water soluble phosphorous; Amount of phosphorous by Mehlich method; Exchangeable sodium percentage; Total phosphorus; Total potassium.

The files are just split in terms of attributes, being much larger than the AgMERRA or pSIMS NetCDF files.

## 2.2 Data Transformation and Analysis 2.3. Web Interface

The initial prototype of ATLAS was created in 2014. Its focus was on accessing individual NetCDF files, using decompression of those files on-the-fly. The prototype worked on a small subset of the pSIMS model runs, without needing to integrate other datasets. During that period, a web interface was developed using the spatial capabilities of the d3 Javascript library as defined at Bostock, Ogievetsky and Heer (2011) communicating with a python backend able to open and manipulate this subset of NetCDF files. This interface provided a visualization schema that allowed interaction with GeoJSON messages, which were generated by directly transforming a NetCDF into a GeoJSON on demand.

However, this model has been proven insufficient to deal with a wider range of data, especially because for every user query, the target file would be opened and transient GeoJSON messages generated. Once a user closes his browser, this transient information is lost, and a new request requires re-processing at the back-end level. With multiple users accessing the website, this would generate a processing overhead. Considering these issues, one straightforward solution is to use a geospatial database. Another option would be to use an entire WebGIS service,

but to maintain interactivity with each 'pixel' of the data, we use d3 to produce SVG vector graphics from GeoJSON messages, instead of the sort of tile server typically found in traditional WebGIS implementations.

## 2.3 Back-end

### 2.3.1 GeoJSON Container

In our application, we transform the input NetCDF file into multiple GeoJSON messages, as defined in Butler et al. (2016). This is done by discretizing each point present in the input NetCDF file, generating an output GeoJSON message with a polygon, often a squaroid (considering that all input data is encoded using WGS84 standard), for each spatial coordinate.

Data for each coordinate is represented as a n-dimensional values key in the GeoJSON's properties object, the dimensionality being dependent on the characteristics of the ingested dataset. When visualizing the data, these polygons are rendered by d3 as multiple contiguous polygons. For example, Figure 1 shows a pSIMS register, in which is possible to verify how a GeoJSON point is adapted for the ATLAS environment.

```
1  {
2   "_id" : ObjectId("56649b87a54d75221dd3ac45"),
3   "geometry" : {
4     "type" : "Polygon",
5     "coordinates" : [
6       [
7         [
8           [
9             [
10            [
11              [
12                [
13                  [
14                    [
15                      [
16                        [
17                          [
18                            [
19                              [
20                                [
21                                  [
22                                    [
23                                      [
24                                        [
25                                          [
26                                            [
27                                              [
28                                                [
29                                                  [
30                                                    [
31                                                    [
32                                                      [
33                                                        [
34                                                          [
35                                                        ]
36                                                      ]
37                                                    ]
38                                              ]
39                                            ]
40                                          ]
41                                        ]
42                                      ]
43                                    ]
44                                  ]
45                                ]
46                              ]
47                            ]
48                          ]
49                        ]
50                      ]
51                    ]
52                  ]
53                ]
54              ]
55            ]
56          ]
57        ]
58      ]
59    ]
60  ]
61 ]
62 ]
63 ]
64 ]
65 ]
66 ]
67 ]
68 ]
69 ]
69 ]
70 ]
71 ]
72 ]
73 ]
74 ]
75 ]
76 ]
77 ]
78 ]
79 ]
79 ]
80 ]
81 ]
82 ]
83 ]
84 ]
85 ]
86 ]
87 ]
88 ]
89 ]
89 ]
90 ]
91 ]
92 ]
93 ]
94 ]
95 ]
96 ]
97 ]
98 ]
99 ]
99 ]
100 ]
101 ]
102 ]
103 ]
104 ]
105 ]
106 ]
107 ]
108 ]
109 ]
109 ]
110 ]
111 ]
112 ]
113 ]
114 ]
115 ]
116 ]
117 ]
118 ]
119 ]
119 ]
120 ]
121 ]
122 ]
123 ]
124 ]
125 ]
126 ]
127 ]
128 ]
129 ]
129 ]
130 ]
131 ]
132 ]
133 ]
134 ]
135 ]
136 ]
137 ]
138 ]
139 ]
139 ]
140 ]
141 ]
142 ]
143 ]
144 ]
145 ]
146 ]
147 ]
148 ]
149 ]
149 ]
150 ]
151 ]
152 ]
153 ]
154 ]
155 ]
156 ]
157 ]
158 ]
159 ]
159 ]
160 ]
161 ]
162 ]
163 ]
164 ]
165 ]
166 ]
167 ]
168 ]
169 ]
169 ]
170 ]
171 ]
172 ]
173 ]
174 ]
175 ]
176 ]
177 ]
178 ]
179 ]
179 ]
180 ]
181 ]
182 ]
183 ]
184 ]
185 ]
186 ]
187 ]
188 ]
189 ]
189 ]
190 ]
191 ]
192 ]
193 ]
194 ]
195 ]
196 ]
197 ]
198 ]
199 ]
199 ]
200 ]
201 ]
202 ]
203 ]
204 ]
205 ]
206 ]
207 ]
208 ]
209 ]
209 ]
210 ]
211 ]
212 ]
213 ]
214 ]
215 ]
216 ]
217 ]
218 ]
219 ]
219 ]
220 ]
221 ]
222 ]
223 ]
224 ]
225 ]
226 ]
227 ]
228 ]
229 ]
229 ]
230 ]
231 ]
232 ]
233 ]
234 ]
235 ]
236 ]
237 ]
238 ]
239 ]
239 ]
240 ]
241 ]
242 ]
243 ]
244 ]
245 ]
246 ]
247 ]
248 ]
249 ]
249 ]
250 ]
251 ]
252 ]
253 ]
254 ]
255 ]
256 ]
257 ]
258 ]
259 ]
259 ]
260 ]
261 ]
262 ]
263 ]
264 ]
265 ]
266 ]
267 ]
268 ]
269 ]
269 ]
270 ]
271 ]
272 ]
273 ]
274 ]
275 ]
276 ]
277 ]
278 ]
278 ]
279 ]
280 ]
281 ]
282 ]
283 ]
284 ]
285 ]
286 ]
286 ]
287 ]
288 ]
289 ]
289 ]
290 ]
291 ]
292 ]
293 ]
294 ]
295 ]
295 ]
296 ]
297 ]
297 ]
298 ]
299 ]
299 ]
300 ]
301 ]
302 ]
303 ]
304 ]
305 ]
306 ]
307 ]
308 ]
309 ]
309 ]
310 ]
311 ]
312 ]
313 ]
314 ]
315 ]
316 ]
317 ]
318 ]
319 ]
319 ]
320 ]
321 ]
322 ]
323 ]
324 ]
325 ]
326 ]
327 ]
328 ]
329 ]
329 ]
330 ]
331 ]
332 ]
333 ]
334 ]
335 ]
336 ]
337 ]
338 ]
339 ]
339 ]
340 ]
341 ]
342 ]
343 ]
344 ]
345 ]
346 ]
347 ]
348 ]
349 ]
349 ]
350 ]
351 ]
352 ]
353 ]
354 ]
355 ]
356 ]
357 ]
358 ]
359 ]
359 ]
360 ]
361 ]
362 ]
363 ]
364 ]
365 ]
366 ]
367 ]
368 ]
369 ]
369 ]
370 ]
371 ]
372 ]
373 ]
374 ]
375 ]
376 ]
377 ]
378 ]
378 ]
379 ]
380 ]
381 ]
382 ]
383 ]
384 ]
385 ]
386 ]
387 ]
388 ]
388 ]
389 ]
390 ]
391 ]
392 ]
393 ]
394 ]
395 ]
396 ]
397 ]
398 ]
398 ]
399 ]
399 ]
400 ]
401 ]
402 ]
403 ]
404 ]
405 ]
406 ]
407 ]
408 ]
409 ]
409 ]
410 ]
411 ]
412 ]
413 ]
414 ]
415 ]
416 ]
417 ]
418 ]
419 ]
419 ]
420 ]
421 ]
422 ]
423 ]
424 ]
425 ]
426 ]
427 ]
428 ]
429 ]
429 ]
430 ]
431 ]
432 ]
433 ]
434 ]
435 ]
436 ]
437 ]
438 ]
439 ]
439 ]
440 ]
441 ]
442 ]
443 ]
444 ]
445 ]
446 ]
447 ]
448 ]
449 ]
449 ]
450 ]
451 ]
452 ]
453 ]
454 ]
455 ]
456 ]
457 ]
458 ]
459 ]
459 ]
460 ]
461 ]
462 ]
463 ]
464 ]
465 ]
466 ]
467 ]
468 ]
469 ]
469 ]
470 ]
471 ]
472 ]
473 ]
474 ]
475 ]
476 ]
477 ]
478 ]
478 ]
479 ]
480 ]
481 ]
482 ]
483 ]
484 ]
485 ]
486 ]
487 ]
488 ]
488 ]
489 ]
490 ]
491 ]
492 ]
493 ]
494 ]
495 ]
496 ]
497 ]
498 ]
498 ]
499 ]
499 ]
500 ]
501 ]
502 ]
503 ]
504 ]
505 ]
506 ]
507 ]
508 ]
509 ]
509 ]
510 ]
511 ]
512 ]
513 ]
514 ]
515 ]
516 ]
517 ]
518 ]
519 ]
519 ]
520 ]
521 ]
522 ]
523 ]
524 ]
525 ]
526 ]
527 ]
528 ]
529 ]
529 ]
530 ]
531 ]
532 ]
533 ]
534 ]
535 ]
536 ]
537 ]
538 ]
539 ]
539 ]
540 ]
541 ]
542 ]
543 ]
544 ]
545 ]
546 ]
547 ]
548 ]
549 ]
549 ]
550 ]
551 ]
552 ]
553 ]
554 ]
555 ]
556 ]
557 ]
558 ]
559 ]
559 ]
560 ]
561 ]
562 ]
563 ]
564 ]
565 ]
566 ]
567 ]
568 ]
569 ]
569 ]
570 ]
571 ]
572 ]
573 ]
574 ]
575 ]
576 ]
577 ]
578 ]
578 ]
579 ]
580 ]
581 ]
582 ]
583 ]
584 ]
585 ]
586 ]
587 ]
588 ]
588 ]
589 ]
590 ]
591 ]
592 ]
593 ]
594 ]
595 ]
596 ]
597 ]
597 ]
598 ]
599 ]
599 ]
600 ]
601 ]
602 ]
603 ]
604 ]
605 ]
606 ]
607 ]
608 ]
609 ]
609 ]
610 ]
611 ]
612 ]
613 ]
614 ]
615 ]
616 ]
617 ]
618 ]
619 ]
619 ]
620 ]
621 ]
622 ]
623 ]
624 ]
625 ]
626 ]
627 ]
628 ]
629 ]
629 ]
630 ]
631 ]
632 ]
633 ]
634 ]
635 ]
636 ]
637 ]
638 ]
639 ]
639 ]
640 ]
641 ]
642 ]
643 ]
644 ]
645 ]
646 ]
647 ]
648 ]
649 ]
649 ]
650 ]
651 ]
652 ]
653 ]
654 ]
655 ]
656 ]
657 ]
658 ]
659 ]
659 ]
660 ]
661 ]
662 ]
663 ]
664 ]
665 ]
666 ]
667 ]
668 ]
669 ]
669 ]
670 ]
671 ]
672 ]
673 ]
674 ]
675 ]
676 ]
677 ]
678 ]
678 ]
679 ]
680 ]
681 ]
682 ]
683 ]
684 ]
685 ]
686 ]
687 ]
688 ]
688 ]
689 ]
690 ]
691 ]
692 ]
693 ]
694 ]
695 ]
696 ]
697 ]
697 ]
698 ]
699 ]
699 ]
700 ]
701 ]
702 ]
703 ]
704 ]
705 ]
706 ]
707 ]
708 ]
709 ]
709 ]
710 ]
711 ]
712 ]
713 ]
714 ]
715 ]
716 ]
717 ]
718 ]
719 ]
719 ]
720 ]
721 ]
722 ]
723 ]
724 ]
725 ]
726 ]
727 ]
728 ]
729 ]
729 ]
730 ]
731 ]
732 ]
733 ]
734 ]
735 ]
736 ]
737 ]
738 ]
739 ]
739 ]
740 ]
741 ]
742 ]
743 ]
744 ]
745 ]
746 ]
747 ]
748 ]
749 ]
749 ]
750 ]
751 ]
752 ]
753 ]
754 ]
755 ]
756 ]
757 ]
758 ]
759 ]
759 ]
760 ]
761 ]
762 ]
763 ]
764 ]
765 ]
766 ]
767 ]
768 ]
769 ]
769 ]
770 ]
771 ]
772 ]
773 ]
774 ]
775 ]
776 ]
777 ]
778 ]
778 ]
779 ]
780 ]
781 ]
782 ]
783 ]
784 ]
785 ]
786 ]
787 ]
788 ]
788 ]
789 ]
790 ]
791 ]
792 ]
793 ]
794 ]
795 ]
796 ]
797 ]
797 ]
798 ]
799 ]
799 ]
800 ]
801 ]
802 ]
803 ]
804 ]
805 ]
806 ]
807 ]
808 ]
809 ]
809 ]
810 ]
811 ]
812 ]
813 ]
814 ]
815 ]
816 ]
817 ]
818 ]
819 ]
819 ]
820 ]
821 ]
822 ]
823 ]
824 ]
825 ]
826 ]
827 ]
828 ]
829 ]
829 ]
830 ]
831 ]
832 ]
833 ]
834 ]
835 ]
836 ]
837 ]
838 ]
839 ]
839 ]
840 ]
841 ]
842 ]
843 ]
844 ]
845 ]
846 ]
847 ]
848 ]
849 ]
849 ]
850 ]
851 ]
852 ]
853 ]
854 ]
855 ]
856 ]
857 ]
858 ]
859 ]
859 ]
860 ]
861 ]
862 ]
863 ]
864 ]
865 ]
866 ]
867 ]
868 ]
869 ]
869 ]
870 ]
871 ]
872 ]
873 ]
874 ]
875 ]
876 ]
877 ]
878 ]
878 ]
879 ]
880 ]
881 ]
882 ]
883 ]
884 ]
885 ]
886 ]
887 ]
888 ]
888 ]
889 ]
889 ]
890 ]
891 ]
892 ]
893 ]
894 ]
895 ]
896 ]
897 ]
897 ]
898 ]
899 ]
899 ]
900 ]
901 ]
902 ]
903 ]
904 ]
905 ]
906 ]
907 ]
908 ]
909 ]
909 ]
910 ]
911 ]
912 ]
913 ]
914 ]
915 ]
916 ]
917 ]
918 ]
919 ]
919 ]
920 ]
921 ]
922 ]
923 ]
924 ]
925 ]
926 ]
927 ]
928 ]
929 ]
929 ]
930 ]
931 ]
932 ]
933 ]
934 ]
935 ]
936 ]
937 ]
938 ]
939 ]
939 ]
940 ]
941 ]
942 ]
943 ]
944 ]
945 ]
946 ]
947 ]
948 ]
949 ]
949 ]
950 ]
951 ]
952 ]
953 ]
954 ]
955 ]
956 ]
957 ]
958 ]
959 ]
959 ]
960 ]
961 ]
962 ]
963 ]
964 ]
965 ]
966 ]
967 ]
968 ]
969 ]
969 ]
970 ]
971 ]
972 ]
973 ]
974 ]
975 ]
976 ]
977 ]
978 ]
978 ]
979 ]
980 ]
981 ]
982 ]
983 ]
984 ]
985 ]
986 ]
987 ]
987 ]
988 ]
989 ]
989 ]
990 ]
991 ]
992 ]
993 ]
994 ]
995 ]
996 ]
997 ]
998 ]
999 ]
999 ]
1000 ]
1001 ]
1002 ]
1003 ]
1004 ]
1005 ]
1006 ]
1007 ]
1008 ]
1009 ]
1009 ]
1010 ]
1011 ]
1012 ]
1013 ]
1014 ]
1015 ]
1016 ]
1017 ]
1018 ]
1019 ]
1019 ]
1020 ]
1021 ]
1022 ]
1023 ]
1024 ]
1025 ]
1026 ]
1027 ]
1028 ]
1029 ]
1029 ]
1030 ]
1031 ]
1032 ]
1033 ]
1034 ]
1035 ]
1036 ]
1037 ]
1038 ]
1039 ]
1039 ]
1040 ]
1041 ]
1042 ]
1043 ]
1044 ]
1045 ]
1046 ]
1047 ]
1048 ]
1049 ]
1049 ]
1050 ]
1051 ]
1052 ]
1053 ]
1054 ]
1055 ]
1056 ]
1057 ]
1058 ]
1059 ]
1059 ]
1060 ]
1061 ]
1062 ]
1063 ]
1064 ]
1065 ]
1066 ]
1067 ]
1068 ]
1069 ]
1069 ]
1070 ]
1071 ]
1072 ]
1073 ]
1074 ]
1075 ]
1076 ]
1077 ]
1078 ]
1078 ]
1079 ]
1080 ]
1081 ]
1082 ]
1083 ]
1084 ]
1085 ]
1086 ]
1087 ]
1088 ]
1088 ]
1089 ]
1090 ]
1091 ]
1092 ]
1093 ]
1094 ]
1095 ]
1096 ]
1097 ]
1097 ]
1098 ]
1099 ]
1099 ]
1100 ]
1101 ]
1102 ]
1103 ]
1104 ]
1105 ]
1106 ]
1107 ]
1108 ]
1109 ]
1109 ]
1110 ]
1111 ]
1112 ]
1113 ]
1114 ]
1115 ]
1116 ]
1117 ]
1118 ]
1119 ]
1119 ]
1120 ]
1121 ]
1122 ]
1123 ]
1124 ]
1125 ]
1126 ]
1127 ]
1128 ]
1129 ]
1129 ]
1130 ]
1131 ]
1132 ]
1133 ]
1134 ]
1135 ]
1136 ]
1137 ]
1138 ]
1139 ]
1139 ]
1140 ]
1141 ]
1142 ]
1143 ]
1144 ]
1145 ]
1146 ]
1147 ]
1148 ]
1149 ]
1149 ]
1150 ]
1151 ]
1152 ]
1153 ]
1154 ]
1155 ]
1156 ]
1157 ]
1158 ]
1159 ]
1159 ]
1160 ]
1161 ]
1162 ]
1163 ]
1164 ]
1165 ]
1166 ]
1167 ]
1168 ]
1169 ]
1169 ]
1170 ]
1171 ]
1172 ]
1173 ]
1174 ]
1175 ]
1176 ]
1177 ]
1178 ]
1178 ]
1179 ]
1180 ]
1181 ]
1182 ]
1183 ]
1184 ]
1185 ]
1186 ]
1187 ]
1188 ]
1188 ]
1189 ]
1190 ]
1191 ]
1192 ]
1193 ]
1194 ]
1195 ]
1196 ]
1197 ]
1197 ]
1198 ]
1199 ]
1199 ]
1200 ]
1201 ]
1202 ]
1203 ]
1204 ]
1205 ]
1206 ]
1207 ]
1208 ]
1209 ]
1209 ]
1210 ]
1211 ]
1212 ]
1213 ]
1214 ]
1215 ]
1216 ]
1217 ]
1218 ]
1219 ]
1219 ]
1220 ]
1221 ]
1222 ]
1223 ]
1224 ]
1225 ]
1226 ]
1227 ]
1228 ]
1229 ]
1229 ]
1230 ]
1231 ]
1232 ]
1233 ]
1234 ]
1235 ]
1236 ]
1237 ]
1238 ]
1239 ]
1239 ]
1240 ]
1241 ]
1242 ]
1243 ]
1244 ]
1245 ]
1246 ]
1247 ]
1248 ]
1249 ]
1249 ]
1250 ]
1251 ]
1252 ]
1253 ]
1254 ]
1255 ]
1256 ]
1257 ]
1258 ]
1259 ]
1259 ]
1260 ]
1261 ]
1262 ]
1263 ]
1264 ]
1265 ]
1266 ]
1267 ]
1268 ]
1269 ]
1269 ]
1270 ]
1271 ]
1272 ]
1273 ]
1274 ]
1275 ]
1276 ]
1277 ]
1278 ]
1278 ]
1279 ]
1280 ]
1281 ]
1282 ]
1283 ]
1284 ]
1285 ]
1286 ]
1287 ]
1287 ]
1288 ]
1289 ]
1289 ]
1290 ]
1291 ]
1292 ]
1293 ]
1294 ]
1295 ]
1296 ]
1297 ]
1297 ]
1298 ]
1299 ]
1299 ]
1300 ]
1301 ]
1302 ]
1303 ]
1304 ]
1305 ]
1306 ]
1307 ]
1308 ]
1309 ]
1309 ]
1310 ]
1311 ]
1312 ]
1313 ]
1314 ]
1315 ]
1316 ]
1317 ]
1318 ]
1319 ]
1319 ]
1320 ]
1321 ]
1322 ]
1323 ]
1324 ]
1325 ]
1326 ]
1327 ]
1328 ]
1329 ]
1329 ]
1330 ]
1331 ]
1332 ]
1333 ]
1334 ]
1335 ]
1336 ]
1337 ]
1338 ]
1339 ]
1339 ]
1340 ]
1341 ]
1342 ]
1343 ]
1344 ]
1345 ]
1346 ]
1347 ]
1348 ]
1349 ]
1349 ]
1350 ]
1351 ]
1352 ]
1353 ]
1354 ]
1355 ]
1356 ]
1357 ]
1358 ]
1359 ]
1359 ]
1360 ]
1361 ]
1362 ]
1363 ]
1364 ]
1365 ]
1366 ]
1367 ]
1368 ]
1369 ]
1369 ]
1370 ]
1371 ]
1372 ]
1373 ]
1374 ]
1375 ]
1376 ]
1377 ]
1378 ]
1378 ]
1379 ]
1380 ]
1381 ]
1382 ]
1383 ]
1384 ]
1385 ]
1386 ]
1387 ]
1388 ]
1388 ]
1389 ]
1390 ]
1391 ]
1392 ]
1393 ]
1394 ]
1395 ]
1396 ]
1397 ]
1397 ]
1398 ]
1399 ]
1399 ]
1400 ]
1401 ]
1402 ]
1403 ]
1404 ]
1405 ]
1406 ]
1407 ]
1408 ]
1409 ]
1409 ]
1410 ]
1411 ]
1412 ]
1413 ]
1414 ]
1415 ]
1416 ]
1417 ]
1418 ]
1419 ]
1419 ]
1420 ]
1421 ]
1422 ]
1423 ]
1424 ]
1425 ]
1426 ]
1427 ]
1428 ]
1429 ]
1429 ]
1430 ]
1431 ]
1432 ]
1433 ]
1434 ]
1435 ]
1436 ]
1437 ]
1438 ]
1439 ]
1439 ]
1440 ]
1441 ]
1442 ]
1443 ]
1444 ]
1445 ]
1446 ]
1447 ]
1448 ]
1449 ]
1449 ]
1450 ]
1451 ]
1452 ]
1453 ]
1454 ]
1455 ]
1456 ]
1457 ]
1458 ]
1459 ]
1459 ]
1460 ]
1461 ]
1462 ]
1463 ]
1464 ]
1465 ]
1466 ]
1467 ]
1468 ]
1469 ]
1469 ]
1470 ]
1471 ]
1472 ]
1473 ]
1474 ]
1475 ]
1476 ]
1477 ]
1478 ]
1478 ]
1479 ]
1480 ]
1481 ]
1482 ]
1483 ]
1484 ]
1485 ]
1486 ]
1487 ]
1488 ]
1488 ]
1489 ]
1490 ]
1491 ]
1492 ]
1493 ]
1494 ]
1495 ]
1496 ]
1497 ]
1497 ]
1498 ]
1499 ]
1499 ]
1500 ]
1501 ]
1502 ]
1503 ]
1504 ]
1505 ]
1506 ]
1507 ]
1508 ]
1509 ]
1509 ]
1510 ]
1511 ]
1512 ]
1513 ]
1514 ]
1515 ]
1516 ]
1517 ]
1518 ]
1519 ]
1519 ]
1520 ]
1521 ]
1522 ]
1523 ]
1524 ]
1525 ]
1526 ]
1527 ]
1528 ]
1529 ]
1529 ]
1530 ]
1531 ]
1532 ]
1533 ]
1534 ]
1535 ]
1536 ]
1537 ]
1538 ]
1539 ]
1539 ]
1540 ]
1541 ]
1542 ]
1543 ]
1544 ]
1545 ]
1546 ]
1547 ]
1548 ]
1549 ]
1549 ]
1550 ]
1551 ]
1552 ]
1553 ]
1554 ]
1555 ]
1556 ]
1557 ]
1558 ]
1559 ]
1559 ]
1560 ]
1561 ]
1562 ]
1563 ]
1564 ]
1565 ]
1566 ]
1567 ]
1568 ]
1569 ]
1569 ]
1570 ]
1571 ]
1572 ]
1573 ]
1574 ]
1575 ]
1576 ]
1577 ]
1578 ]
1578 ]
1579 ]
1580 ]
1581 ]
1582 ]
1583 ]
1584 ]
1585 ]
1586 ]
1587 ]
1588 ]
1588 ]
1589 ]
1590 ]
1591 ]
1592 ]
1593 ]
1594 ]
1595 ]
1596 ]
1597 ]
1597 ]
1598 ]
1599 ]
1599 ]
1600 ]
1601 ]
1602 ]
1603 ]
1604 ]
1605 ]
1606 ]
1607 ]
1608 ]
1609 ]
1609 ]
1610 ]
1611 ]
1612 ]
1613 ]
1614 ]
1615 ]
1616 ]
1617 ]
1618 ]
1619 ]
1619 ]
1620 ]
1621 ]
1622 ]
1623 ]
1624 ]
1625 ]
1626 ]
1627 ]
1628 ]
1629 ]
1629 ]
1630 ]
1631 ]
1632 ]
1633 ]
1634 ]
1635 ]
1636 ]
1637 ]
1638 ]
1639 ]
1639 ]
1640 ]
1641 ]
1642 ]
1643 ]
1644 ]
1645 ]
1646 ]
1647 ]
1648 ]
1649 ]
1649 ]
1650 ]
1651 ]
1652 ]
1653 ]
1654 ]
1655 ]
1656 ]
1657 ]
1658 ]
1659 ]
1659 ]
1660 ]
1661 ]
1662 ]
1663 ]
1664 ]
1665 ]
1666 ]
1667 ]
1668 ]
1669 ]
1669 ]
1670 ]
1671 ]
1672 ]
1673 ]
1674 ]
1675 ]
1676 ]
1677 ]
1678 ]
1678 ]
1679 ]
1680 ]
1681 ]
1682 ]
1683 ]
1684 ]
1685 ]
1686 ]
1687 ]
1688 ]
1688 ]
1689 ]
1690 ]
1691 ]
1692 ]
1693 ]
1694 ]
1695 ]
1696 ]
1697 ]
1697 ]
1698 ]
1699 ]
1699 ]
1700 ]
1701 ]
1702 ]
1703 ]
1704 ]
1705 ]
1706 ]
1707 ]
1708 ]
1709 ]
1709 ]
1710 ]
1711 ]
1712 ]
1713 ]
1714 ]
1715 ]
1716 ]
1717 ]
1718 ]
1719 ]
1719 ]
1720 ]
1721 ]
1722 ]
1723 ]
1724 ]
1725 ]
1726 ]
1727 ]
1728 ]
1729 ]
1729 ]
1730 ]
1731 ]
1732 ]
1733 ]
1734 ]
1735 ]
1736 ]
1737 ]
1738 ]
1739 ]
1739 ]
1740 ]
1741 ]
1742 ]
1743 ]
1744 ]
1745 ]
1746 ]
1747 ]
1748 ]
1749 ]
1749 ]
1750 ]
1751 ]
1752 ]
1753 ]
1754 ]
1755 ]
1756 ]
1757 ]
1758 ]
1759 ]
1759 ]
1760 ]
1761 ]
1762 ]
1763 ]
1764 ]
1765 ]
1766 ]
1767 ]
1768 ]
1769 ]
1769 ]
1770 ]
1771 ]
1772 ]
1773 ]
1774 ]
1775 ]
1776 ]
1777 ]
1778 ]
1778 ]
1779 ]
1780 ]
1781 ]
1782 ]
1783 ]
1784 ]
1785 ]
1786 ]
1787 ]
1788 ]
1788 ]
1789 ]
1790 ]
1791 ]
1792 ]
1793 ]
1794 ]
1795 ]
1796 ]
1797 ]
1797 ]
1798 ]
1799 ]
1799 ]
1800 ]
1801 ]
1802 ]
1803 ]
1804 ]
1805 ]
1806 ]
1807 ]
1808 ]
1809 ]
1809 ]
1810 ]
1811 ]
1812 ]
1813 ]
1814 ]
1815 ]
1816 ]
1817 ]
1818 ]
1819 ]
1819 ]
1820 ]
1821 ]
1822 ]
1823 ]
1824 ]
1825 ]
1826 ]
1827 ]
1828 ]
1829 ]
1829 ]
1830 ]
1831 ]
1832 ]
1833 ]
1834 ]
1835 ]
1836 ]
1837 ]
1838 ]
1839 ]
1839 ]
1840 ]
1841 ]
1842 ]
1843 ]
1844 ]
1845 ]
1846 ]
1847 ]
1848 ]
1849 ]
1849 ]
1850 ]
1851 ]
1852 ]
1853 ]
1854 ]
1855 ]
1856 ]
1857 ]
1858 ]
1859 ]
1859 ]
1860 ]
1861 ]
1862 ]
1863 ]
1864 ]
1865 ]
1866 ]
1867 ]
1868 ]
1869 ]
1869 ]
1870 ]
1871 ]
1872 ]
1873 ]
1874 ]
1875 ]
1876 ]
1877 ]
1878 ]
1878 ]
1879 ]
1880 ]
1881 ]
1882 ]
1883 ]
1884 ]
1885 ]
1886 ]
1887 ]
1888 ]
1888 ]
1889 ]
1890 ]
1891 ]
1892 ]
1893 ]
1894 ]
1895 ]
1896 ]
1897 ]
1897 ]
1898 ]
1899 ]
1899 ]
1900 ]
1901 ]
1902 ]
1903 ]
1904 ]
1905 ]
1906 ]
1907 ]
1908 ]
1909 ]
1909 ]
1910 ]
1911 ]
1912 ]
1913 ]
1914 ]
1915 ]
1916 ]
1917 ]
1918 ]
1919 ]
1919 ]
1920 ]
1921 ]
1922 ]
1923 ]
1924 ]
1925 ]
1926 ]
1927 ]
1928 ]
1929 ]
1929 ]
1930 ]
1931 ]
1932 ]
1933 ]
1934 ]
1935 ]
1936 ]
1937 ]
1938 ]
1939 ]
1939 ]
1940 ]
1941 ]
1942 ]
1943 ]
1944 ]
1945 ]
1946 ]
1947 ]
1948 ]
1949 ]
1949 ]
1950 ]
1951 ]
1952 ]
1953 ]
1954 ]
1955 ]
1956 ]
1957 ]
1958 ]
1959 ]
1959 ]
1960 ]
1961 ]
1962 ]
1963 ]
1964 ]
1965 ]
1966 ]
1967 ]
1968 ]
1969 ]
1969 ]
1970 ]
1971 ]
1972 ]
1973 ]
1974 ]
1975 ]
1976 ]
1977 ]
1978 ]
1978 ]
1979 ]
1980 ]
1981 ]
1982 ]
1983 ]
1984 ]
1985 ]
1986 ]
1987 ]
1988 ]
1988 ]
1989 ]
1990 ]
1991 ]
1992 ]
1993 ]
1994 ]
1995 ]
1996 ]
1997 ]
1997 ]
1998 ]
1999 ]
1999 ]
2000 ]
2001 ]
2002 ]
2003 ]
2004 ]
2005 ]
2006 ]
2007 ]
2008 ]
2009 ]
2009 ]
2010 ]
2011 ]
2012 ]
2013 ]
2014 ]
2015 ]
2016 ]
2017 ]
2018 ]
2019 ]
2019 ]
2020 ]
2021 ]
2022 ]
2023 ]
2024 ]
2025 ]
2026 ]
2027 ]
2028 ]
2029 ]
2029 ]
2030 ]
2031 ]
2032 ]
2033 ]
2034 ]
2035 ]
2036 ]
2037 ]
2038 ]
2039 ]
2039 ]
2040 ]
2041 ]
2042 ]
2043 ]
2044 ]
2045 ]
2046 ]
2047 ]
2048 ]
2049 ]
2049 ]
2050 ]
2051 ]
2052 ]
2053 ]
2054 ]
2055 ]
2056 ]
2057 ]
2058 ]
2059 ]
2059 ]
2060 ]
2061 ]
2062 ]
2063 ]
2064 ]
2065 ]
2066 ]
2067 ]
2068 ]
2069 ]
2069 ]
2070 ]
2071 ]
2072 ]
2073 ]
2074 ]
2075 ]
2076 ]
2077 ]
2078 ]
2078 ]
2079 ]
2080 ]
2081 ]
2082 ]
2083 ]
2084 ]
2085 ]
2086 ]
2087 ]
2088 ]
2088 ]
2089 ]
2090 ]
2091 ]
2092 ]
2093 ]
2094 ]
2095 ]
2096 ]
2097 ]
2097 ]
2098 ]
2099 ]
2099 ]
2100 ]
2101 ]
2102 ]
2103 ]
2104 ]
2105 ]
2106 ]
2107 ]
2108 ]
2109 ]
2109 ]
2110 ]
2111 ]
2112 ]
2113 ]
2114 ]
2115 ]
2116 ]
2117 ]
2118 ]
2119 ]
2119 ]
2120 ]
2121 ]
2122 ]
2123 ]
2124 ]
2125 ]
2126 ]
2127 ]
2128 ]
2129 ]
2129 ]
2130 ]
2131 ]
2132 ]
2133 ]
2134 ]
2135 ]
2136 ]
2137 ]
2138 ]
2139 ]
2139 ]
2140 ]
2141 ]
2142 ]
2143 ]
2144 ]
2145
```

with the PostGIS extension. However due to the data volume of this project, which uncompressed is in the order of hundreds of terabytes, and the Postgres's current lack of support for operating as a parallel and distributed service, we looked for other options. By 2015, MongoDB already supported geospatial indexing and querying; it also has the ability to use shards of nodes in order to scale out computational power in a cluster using cloud computing.

Complementing the predefined GeoJSON message defined in the previous section, we use MongoDB to store these messages in collections that are generated for each model run inserted. Chodorow (2013) defines MongoDB as a NoSQL document database, that stores registers in JSON nested structures, called collections, which are single message binaries encoded as BSONs. It is possible to perform a wide range of spatial queries on such collections, provided they use spatial indexing. Currently in our work we use MongoDB's '2dsphere' indexing, because of our data is compliant to WGS84. Currently, the framework is under active development. A proper evaluation of databases, and general back-end infrastructure will be an objective of future work.

When a user initially opens the ATLAS website, they are presented with a list of available datasets. Upon selecting the desired dataset, the backend collects the browser's viewport information, and by an inverse process using d3, it is possible to define a bounding box from the user's viewport. That information is encoded to a spatial query, also using a bounding box, that retrieves all the GeoJSON available for that region, within a certain context as shown in Figure 2. As the GeoJSON is converted to SVG in the client, the array of values contained in the key 'values' is bound to each 'pixel.' This provides for a range slider in the UI allowing the user to 'move' the visualization along other dimensions (e.g., time or depth) with almost no latency. Because the data is not compressed, this generates almost no overhead at the user side.



Figure 2. Example of landing page for a pSIMS Wheat Biomass under Irrigated conditions. The sliding bar allows the user dynamically look into a time range between 1979 and 2012.

### 3 | RESULTS AND DISCUSSION

ATLAS users are able to retrieve data and assess its basic characteristics, as one would in traditional thematic cartography. Users can choose from divergent (Figure 2) or sequential (Figure 3) color ramps, and adjust the number of color bins (Figure 3). ATLAS also enables users to chose a preferred smoothing filter as shown in Figure 4. Notice that the smoothing is applied to the visualization, not the source data. All these operations are performed on the fly, with latency levels that do not exceed three seconds.



Figure 3. Example of landing page for a pSIMS Wheat Biomass under Irrigated conditions. The color ramp was changed from divergent to sequential, being also the user able to customize the number of color bins analysis, including dimensionality reduction methods discussed in

Samet (2006), such as Single Value Decomposition (SVD) and Fast Fourier Transform, but also Fast Wavelet Transform, which is able to represent non-harmonic signals, often present in environmental datasets.

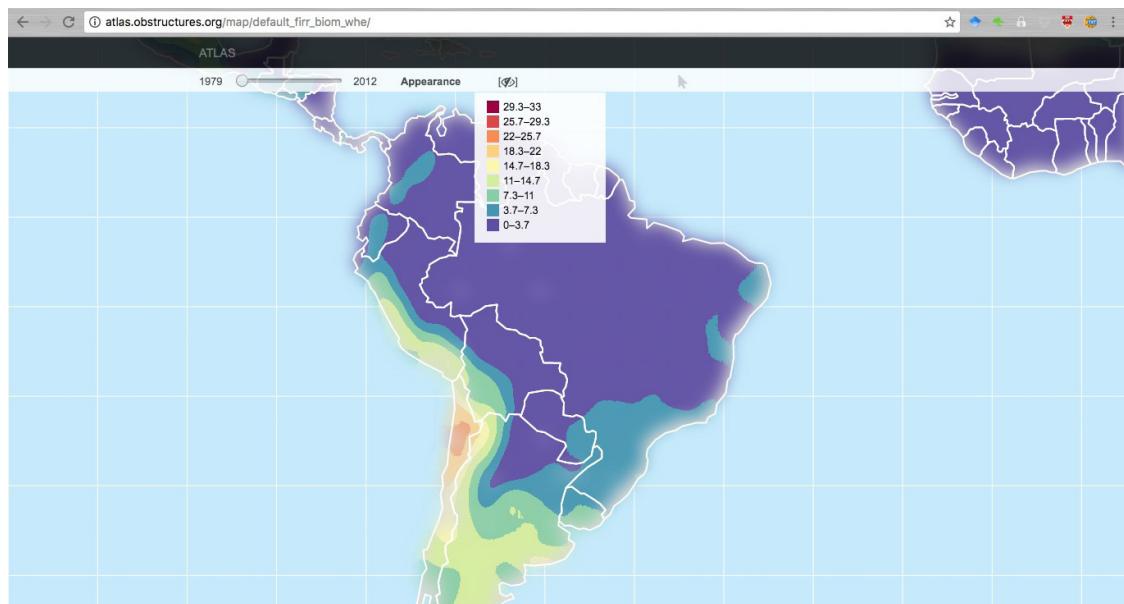


Figure 4. Example of landing page for a pSIMS Wheat Biomass under Irrigated conditions. The cell edges were smoothed using an SVG gaussian blur available in D3 library

## 4 | CONCLUSIONS

The ATLAS framework is indeed a work still in development. However, it allows the diverse community of RDCEP users to easily visualize geospatial information stored in NetCDF files, and users not experienced with geoprocessing tasks are able to perform their own simple data analysis, thereby avoiding confusion and delays. In this work the usage of a NoSQL database was also important in helping to integrate a variety of different simulation products, each with a unique data model, in the same environment, and dealing with intensive simultaneous processing workloads without losing speed.

Future work on this project will involve the development of statistical and geostatistical features, towards allowing the users to perform Exploratory Spatial Data Analysis (ESDA) in the ATLAS environment. Our intention is to incorporate some of the features available in the PySal library as defined in Rey and Anselin (2010). Further, we plan to define a more efficient compression schema, as well working on an encoding method able to perform spatial similarity

## ACKNOWLEDGMENTS

This work was funded by NSF Decision Making Under Uncertainty Program under award N<sup>o</sup>. 0951576. Ricardo Barros Lourenço also acknowledges the

financial support of CAPES Foundation/Ministry of Education of Brazil under grant 88888.075449/2013-00, between September, 2014 and June, 2016.

## REFERENCES

- BOSTOCK, M.; OGIEVETSKY, V.; HEER, J. **D3 data-driven documents**. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, IEEE Educational Activities Department, Piscataway, NJ, USA, v. 17, n. 12, p. 2301–2309, dez. 2011. ISSN 1077-2626. Available from Internet: <<http://dx.doi.org/10.1109/TVCG.2011.185>>.
- BUTLER, H. et al. **The GeoJSON Format**. [S.I.], 2016. Available from Internet: <<https://tools.ietf.org/html/rfc7946>>.
- CHODORO, W. K. **MongoDB: the definitive guide**. [S.I.]: “O'Reilly Media, Inc.”, 2013.
- ELLIOTT, J. et al. **The parallel system for integrating impact models and sectors (psims)**. *Environmental Modelling & Software*, Elsevier, v. 62, p. 509–516, 2014.
- ELLIOTT, J. et al. **The global gridded crop model intercomparison: data and modeling protocols for phase 1 (v1. 0)**. *Geoscientific Model Development*, Copernicus GmbH, v. 8, n. 2, p. 261–277, 2015.
- NATIONAL SCIENCE FOUNDATION. **Decision Making Under Uncertainty Collaborative Groups (DMUU)**. Arlington, VA, jul. 2009. Available from Internet: <<https://as102.http.sasm3.net/pubs/2009/nsf09544/nsf09544.htm>>.
- REW, R.; DAVIS, G. **Netcdf: an interface for scientific data access**. *IEEE computer graphics and applications*, IEEE, v. 10, n. 4, p. 76–82, 1990.
- REY, S. J.; ANSELIN, L. **Pysal: A python library of spatial analytical methods**. In: *Handbook of applied spatial analysis*. [S.I.]: Springer, 2010. p. 175–193.
- RUANE, A. C.; GOLDBERG, R.; CHRYSSANTHACOPOULOS, J. **Climate forcing datasets for agricultural modeling: Merged products for gap-filling and historical climate series estimation**. *Agricultural and Forest Meteorology*, Elsevier, v. 200, p. 233–248, 2015.
- SAMET, H. **Foundations of multidimensional and metric data structures**. [S.I.]: Morgan Kaufmann, 2006.
- SHANGGUAN, W. et al. **A global soil data set for earth system modeling**. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, Wiley Online Library, v. 6, n. 1, p. 249–263, 2014.

## UTILIZAÇÃO DE IMAGENS DO SATÉLITE LANDSAT PARA ESTIMATIVA DA TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE TERRESTRE

Data de aceite: 12/05/2020

**Érika Gonçalves Pires**

Instituto Federal do Tocantins, Coordenação de  
Geomática,  
Palmas - TO.

**RESUMO:** A temperatura da superfície terrestre (LST) tem um papel importante na compreensão dos processos de interação entre a superfície e a atmosfera, pois grande parte da variação espacial e temporal ocorrida na atmosfera é causada pela influência da superfície da Terra. Dessa forma, o presente estudo teve como objetivo comparar os valores das temperaturas da superfície obtidas das bandas térmicas dos satélites Landsat 7 e 8, com e sem correção atmosférica, a fim de avaliar os dados obtidos pelos mesmos. As imagens LST foram obtidas pela conversão do número digital de cada pixel em valores de radiância e temperatura da superfície. As imagens LST sem correção atmosférica apresentaram temperaturas mais baixas do que imagens LST com correção atmosférica e mostraram temperaturas mais próximas da temperatura do ar. Apesar das imagens termais do Landsat 8 apresentarem problemas de calibração devido a falha de

dispersão da luz difusa, as imagens de LST de ambos os satélites apresentaram, de maneira geral, temperaturas bem próximas. As imagens LST do Landsat 7 permitiu uma melhor distinção da temperatura da superfície nos alvos da imagem, no entanto, como as imagens apresentam ruído na borda das cenas, seu uso é restrito às áreas centrais da imagem.

**PALAVRAS-CHAVE:** Sensoriamento remoto, processamento de imagens, sensor termal.

USE OF LANDSAT SATELLITE IMAGES  
TO ESTIMATE THE LAND SURFACE  
TEMPERATURE

**ABSTRACT:** The Land Surface Temperature (LST) has an important role in understanding the processes of interaction between the surface and the atmosphere, as much of the spatial and temporal variation occurred in the atmosphere is caused by the influence of the Earth's surface. In this way, the article aim to compare the values of surface temperatures obtained from the thermal bands of Landsat 7 and 8, with and without atmospheric correction, in order to evaluate the data obtained by them. The LST images were obtained by converting the digital number of each pixel in radiance values and surface temperature. LST images without

atmospheric correction had lower temperatures than LST images with atmospheric correction and showed temperatures closer to the air temperature. The thermal images of Landsat 8 still have calibration problems due to failure of dispersion of diffused light, but the images of both satellites LST presented, in a general way, similar temperatures. LST images Landsat 7 allowed a better distinction of the surface temperature on the targets on the image, however as the images have noise on the border of scenes, their use are restricted to the central areas of the image.

**KEYWORDS:** Remote sensing, image processing, thermal sensor.

## 1 | INTRODUÇÃO

A temperatura superficial podem ser obtida a partir de dados advindos do sensoriamento remoto, tendo em vista que o calor interno de um alvo/objeto é convertido em energia radiante e para a maioria dos alvos existe uma grande correlação positiva entre a temperatura cinética verdadeira e o fluxo radiante proveniente do alvo (JENSEN, 2009). Portanto, a temperatura de superfície corresponde ao fluxo de calor dado em função da energia que chega e sai do alvo, sendo de suma importância para o entendimento das interações entre a superfície terrestre e a atmosfera.

Geralmente os dados de temperatura são obtidos na região do infravermelho termal (8,0 a 14,0  $\mu\text{m}$ ), pois esse é o melhor intervalo espectral que permite uma maior transmissão da energia emitida da Terra que alcança o sensor (STEINKE et al., 2010).

Uma das vantagens do sensoriamento remoto termal é de proporcionar em tempo-sincronizado uma densa rede de dados de temperatura de áreas sobre a superfície terrestre, além de permitir o monitoramento e avaliação das mesmas.

Os satélites Landsat 7 e 8 possuem bandas que operam na região do infravermelho termal, e permite estimar valores de temperatura de alvos sobre a superfície terrestre.

O satélite Landsat 7 foi lançado pela NASA (*National Aeronautics and Space Administration*), em 15 de abril de 1999, possui uma órbita circular heliosíncrona, e possui 8 bandas espetrais, operando nas faixas do visível, infravermelho próximo, infravermelho médio e infravermelho termal. A banda termal corresponde a banda 6 que possui intervalo espectral de 10.4 - 12.5 $\mu\text{m}$  e resolução espacial de 60 m.

Cabe ressaltar que em maio de 2003 o satélite Landsat 7 apresentou problemas no equipamento eletro-mecânico chamado SLC (*Scan Line Correction*), que compensa o deslocamento do satélite em relação ao movimento de rotação da Terra durante as aquisições das imagens, e portanto, desde então, o satélite produz imagens com vazios e/ou ruídos principalmente nas bordas das imagens.

Apesar desse problema do Landsat 7, essas imagens ainda são um dos dados

de satélites civis mais precisos geometricamente e radiometricamente existentes no mundo. Cabe ressaltar que a imagem termal não foi afetada radiometricamente pelo problema do SLC-off (USGS, 2014a).

O satélite Landsat-8 foi lançado pela NASA em 11 de fevereiro de 2013 pela NASA, operando a uma altitude de 705 km, numa órbita heliosíncrona com inclinação de 98,2°. O satélite possui o sensor OLI (*Operational Land Imager*) com 9 bandas espectrais e o sensor TIRS (*Thermal Infrared Sensor*) com 2 bandas espectrais no infravermelho termal, bandas 10 (10.6 - 11.19  $\mu\text{m}$ ) e 11 (11.5 - 12.51  $\mu\text{m}$ ), com resolução espacial de 100 m.

Cabe ressaltar que as imagens termais do Landsat 8 apresentaram anomalias devido a dispersão da luz difusa que chega ao sensor o que ocasionou problemas de calibração nas imagens do satélite (NASA, 2014).

De acordo com Schott et al (2014), estas anomalias incluem diferenças na aparência radiométrica, variações nos índices de calibração cruzadas entre detectores que se sobrepõem em matrizes adjacentes (resultando em formação de faixas) e os erros de polarização na calibração absoluta. Inúmeros algoritmos foram testados pela USGS (*United States Geological Survey*), e uma correção inicial foi aplicada nas imagens a partir de fevereiro de 2014, entretanto a USGS ainda não recomenda o uso da banda 11 em virtude das anomalias existentes na mesma. A banda 10 do Landsat 8 pode ser utilizada após a calibração através de um modelo de transferência radiativa de emissividade e parâmetros para recuperação da temperatura da superfície, e apresenta um erro de polarização residual inferior a 2 graus para a maioria dos alvos.

Nesse contexto, o presente estudo tem por objetivo utilizar dados termais dos satélites Landsat 7 e 8 para estimativa da temperatura de superfície terrestre. Além disso, visa avaliar os valores de temperaturas de superfície obtidos a partir das bandas termais dos satélites Landsat 7 e 8.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo compreende as áreas do entorno do reservatório da UHE de Luís Eduardo de Magalhães, localizada entre os municípios de Palmas-TO e Porto Nacional-TO, conforme ilustrado na Figura 1.

O reservatório da UHE de Luís Eduardo de Magalhães está localizado no bioma Cerrado, na região central do estado Tocantins. Possui uma área total de aproximadamente 630 Km<sup>2</sup>, com 170 km de extensão e profundidade média de três metros. O seu enchimento ocorreu em dezembro de 2001 com encerramento em fevereiro de 2002.

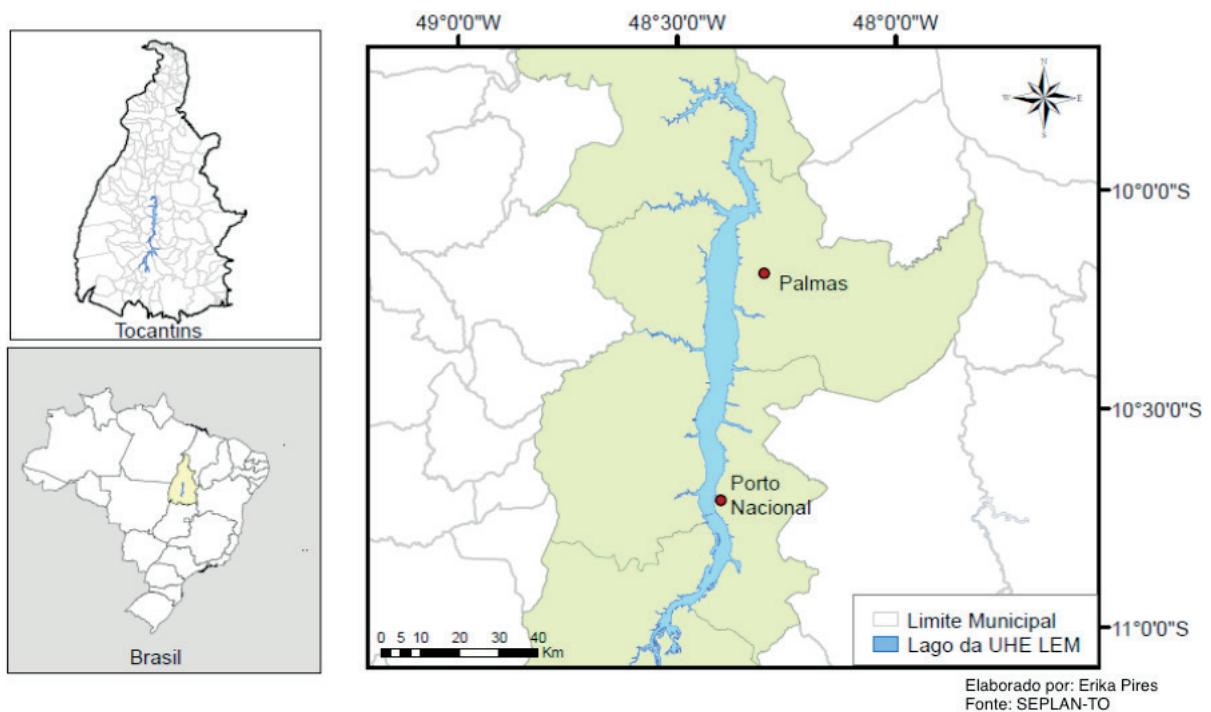


Figura 1. Mapa de localização da Área de Estudo.

A distribuição sazonal das precipitações pluviais está bem caracterizada com dois períodos bem definidos: a estação chuvosa de outubro a abril e a estação seca nos meses de maio a setembro.

Segundo a classificação climática de Koppen-Geiger, o clima nessa região é tropical úmido com estação seca (Aw), o que contribuiu para as altas temperaturas existentes nessa região. A temperatura média anual na cidade de Palmas, por exemplo, é de aproximadamente 26°C, porém no mês de setembro a temperatura mínima média é de 22°C, enquanto a temperatura máxima média atinge 36°C, e no mês de julho a temperatura mínima média é de 15°C, e a temperatura máxima média é de 33°C (INMET, 2014).

Nesse trabalho foram adquiridas imagens dos satélites Landsat 7 e Landsat 8, disponibilizada no site da USGS (<http://earthexplorer.usgs.gov/>). Foram selecionadas as imagens com condições meteorológicas semelhantes, e que correspondiam a mesma época do ano.

Foram adquiridas as imagens do satélite Landsat 7, órbita/ponto 222/067, de 16/08/2014, horário central 13:17h (UTC). As imagens do visível e infravermelho próximo/médio do sensor ETM+, com resolução espacial de 30 m, foram obtidas para a geração das composições coloridas para análise e interpretação dos tipos de alvos das imagens. Também foi utilizada a imagem do infravermelho termal (banda 6) com intervalo espectral de 10.4 - 12.5 μm e com resolução espacial de 60 m (reamostrada para 30 m).

Também foram adquiridas as imagens do satélite Landsat 8, com mesma

órbita/ponto, de 08/08/2014, horário central 13:19h (UTC). Foram utilizadas as imagens do visível e infravermelho próximo/médio do sensor OLI para a geração das composições coloridas, com resolução espacial de 30m. Com o intuito de estimar a temperatura de superfície utilizou a imagem do infravermelho termal do sensor TIRS (banda 10) com intervalo espectral de 10.6 - 11.19  $\mu\text{m}$  e resolução espacial de 100 m (reamostrada para 30m).

Em virtude das imagens dos sensores térmicos possuírem limitações devido aos efeitos de absorção e espalhamento causados pela atmosfera, no momento da passagem do sensor, a temperatura de superfície foi estimada com e sem correção atmosférica, com intuito de avaliar a diferença entre as mesmas.

Foi realizado o cálculo da temperatura de superfície sem correção atmosférica para o Landsat-7 a partir da conversão dos níveis de cinza da banda 6 em radiância espectral (TOA) através da equação 1 (USGS, 2014b).

$$L_{\lambda} = \left( \frac{L_{\max\lambda} - L_{\min\lambda}}{Q_{\text{cal max}} - Q_{\text{cal min}}} \right) * (Q_{\text{cal}} - Q_{\text{cal min}}) + L_{\min\lambda} \quad (1)$$

onde:

$L_{\lambda}$  = Radiância espectral ( $\text{W/ m}^2 \cdot \text{sr} \cdot \mu\text{m}$ )

$Q_{\text{cal}}$  = Valor quantizado e calibrado do pixel em nível de cinza (DN)

$Q_{\text{cal min}}$  = Valor mínimo do pixel em níveis de cinza (DN=1)

$Q_{\text{cal max}}$  = Valor mínimo do pixel em níveis de cinza (DN=255)

$L_{\min\lambda}$  = Radiância espectral mínima ( $3.2 \text{ W/ m}^2 \cdot \text{sr} \cdot \mu\text{m}$ )

$L_{\max\lambda}$  = Radiância espectral máxima ( $12.65 \text{ W/ m}^2 \cdot \text{sr} \cdot \mu\text{m}$ )

Posteriormente a radiância espectral foi convertida em temperatura a partir da equação 2. As constantes térmicas foram obtidas no arquivo de metadados obtidas no download das imagens no site da USGS.

$$T_{\text{sc}} = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_{\lambda}} + 1\right)} \quad (2)$$

onde:

$T_{\text{sc}}$  = Temperatura sem correção atmosférica (Kelvin)

$K_1$  = Constante de calibração 1 ( $666.09 \text{ W/ m}^2 \text{ sr } \mu\text{m}$ )

$K_2$  = Constante de calibração 2 ( $1282.71 \text{ K}$ )

$L_{\lambda}$  = Radiância espectral ( $\text{W/m}^2 \text{ sr } \mu\text{m}$ )

Para o cálculo da temperatura de superfície com correção atmosférica foram calculados os valores de transmissividade atmosférica, radiância emitida e recebida pela superfície através do site da NASA (<http://atmcntrr.gsfc.nasa.gov/>), conforme dados da Tabela 1. Em seguida foi efetuado o cálculo da radiância ( $LT$ ) através da

equação 3 (BARSI, 2003).

$$L_T = \frac{L_{TOA} - L_u - (1-\varepsilon)L_d}{\tau\varepsilon} \quad (3)$$

onde:

$L_T$  = Radiância de um alvo negro de temperatura cinética (W/ m<sup>2</sup>·sr·μm)

$L_{TOA}$  = Radiância espectral (W/ m<sup>2</sup>·sr·μm)

$\tau$  = Transmissividade da atmosfera

$\varepsilon$  = Emissividade da superfície

$L_u$  = Radiância emitida pela superfície (W/ m<sup>2</sup>·sr·μm)

$L_d$  = Radiância recebida pela superfície (W/ m<sup>2</sup>·sr·μm).

Dados de entrada	Landsat 7	Landsat 8
Data de passagem	16/08/2014	08/08/2014
Latitude/Longitude	-10.122/ -48.205	-10.122/ -48.205
Altitude	0.260 km	0.260 km
Pressão	985.000 mb	983.800 mb
Temperatura	29.7°C	29.9°C
Umidade Relativa	34%	33%
Dados de Saída	Landsat 7	Landsat 8
Transmissividade atmosférica	0.84	0.83
Radiância emitida pela superfície	1.40 W/ m <sup>2</sup> ·sr·μm	1.45 W/ m <sup>2</sup> ·sr·μm
Radiância recebida pela superfície	2.30 W/ m <sup>2</sup> ·sr·μm	2.43 W/ m <sup>2</sup> ·sr·μm

Tabela 1. Dados de entrada e saída para a correção atmosférica das imagens Landsat.

Posteriormente foi realizado o cálculo da temperatura superfície com correção atmosférica através da equação 2 onde o  $L_\lambda$  corresponde a radiância  $L_T$  (BARSI, 2003).

Com o intuito de comparar os dados, foi realizado o cálculo da temperatura de superfície sem correção atmosférica para o Landsat-8 a partir da conversão dos níveis de cinza da banda 10 em radiância espectral (TOA) através da equação 4 (USGS, 2014c).

$$L_\lambda = M_L Q_{cal} + A_L \quad (4)$$

onde:

$L_\lambda$  = Radiância espectral (W/ m<sup>2</sup>·sr·μm)

$M_L$  = Fator multiplicativo de redimensionamento da banda (3.3420E-04)

$Q_{cal}$  = Valor quantizado e calibrado do pixel em nível de cinza (DN)

$A_L$  = Fator aditivo de redimensionamento da banda (0.1000)

A radiância espectral foi convertida em temperatura a partir da equação 2.

As constantes térmicas da banda 10 do Landsat 8 foram obtidas no arquivo de metadados, onde  $K_1$  equivale a  $774.89 \text{ W/m}^2 \text{ sr } \mu\text{m}$  e  $K_2$  equivale a  $1321.08 \text{ K}$ .

Para o cálculo da temperatura de superfície com correção atmosférica do Landsat 8 também foram calculados os valores de transmissividade atmosférica, radiância emitida e recebida pela superfície através do site NASA (Tabela 1) e a radiância ( $L_T$ ) foi obtida através da equação 3.

Posteriormente foi realizado o cálculo da temperatura superfície com correção atmosférica através da equação 2 onde o  $L_\lambda$  corresponde a radiância  $L_T$ .

Para os dois métodos, optou-se em utilizar o valor de emissividade de 0.92, o qual corresponde ao valor médio das superfícies urbanas (NICHOL, 1994).

As temperaturas resultantes foram convertidas para graus Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ) com a subtração do valor da temperatura do ponto de congelamento da água ao nível do mar, que equivale a 273,15 K.

As imagens de temperatura de superfície foram classificadas e foi aplicada uma escala cromática de pseudocor às imagens resultantes, com o intuito de melhor identificar o comportamento da temperatura dos alvos na imagens.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

As imagens LST sem correção atmosférica apresentaram valores de temperatura bem menores do que as imagens LST com correção atmosférica, apresentando diferenças entre si de até  $8^{\circ}\text{C}$  em algumas regiões. A Figura 2 apresenta uma amostra das imagens de temperatura de superfície (LST) para os satélites Landsat 7 e 8, com e sem correção atmosférica para a região urbana de Porto Nacional-TO.

Analizando as imagens de LST (Figura 2), observa-se que as imagens LST do Landsat 7 apresentaram uma representação mais detalhada da variação de temperatura dos alvos, enquanto que as imagens LST do Landsat 8 apresentaram uma maior generalização dos valores de temperatura dos alvos. Isso possivelmente deve estar associado a banda 6 do Landsat 7 possuir uma melhor resolução espacial (60m), do que a banda 10 do Landsat 8 (100m).

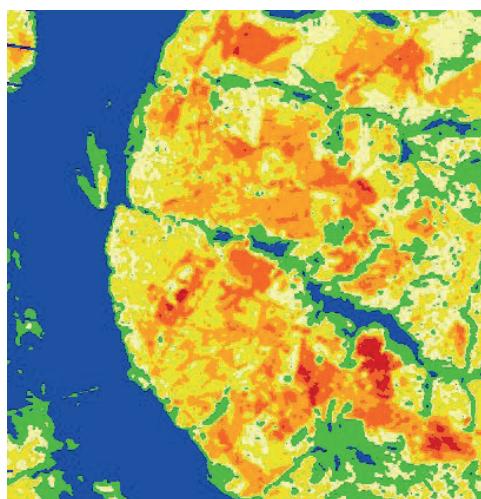
A imagem LST sem correção atmosférica do Landsat 7 apresentou temperaturas variando de  $22,4$  a  $40,0^{\circ}\text{C}$ , e um desvio padrão de 5,2, enquanto a imagem LST sem correção atmosférica do Landsat 8 apresentou temperaturas variando de  $23,6$  a  $40,0^{\circ}\text{C}$ , e um desvio padrão de 4,8, conforme Tabela 2. As imagens LST com correção atmosférica de ambos os satélites também apresentaram temperaturas mínimas e máximas bem semelhantes.



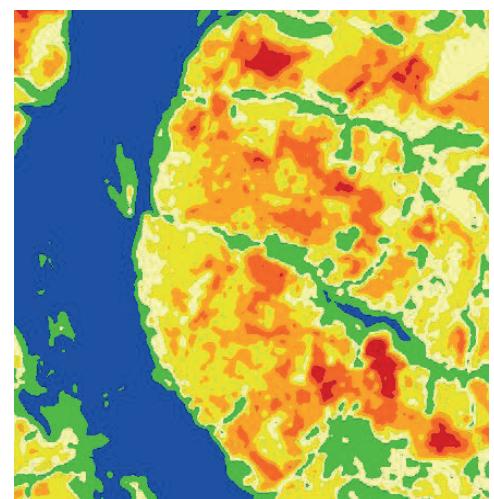
a) Composição colorida L7 (7R5G3B)



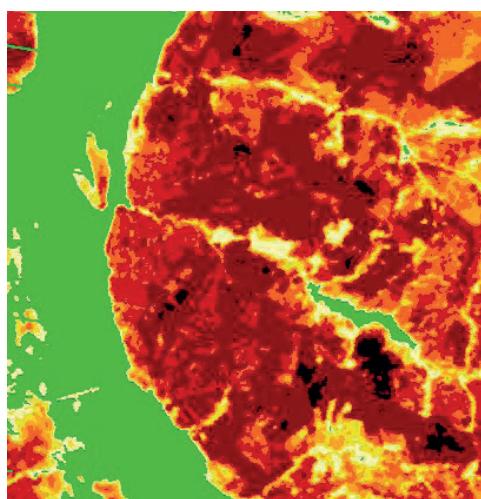
b) Composição colorida L8 (7R6G4B)



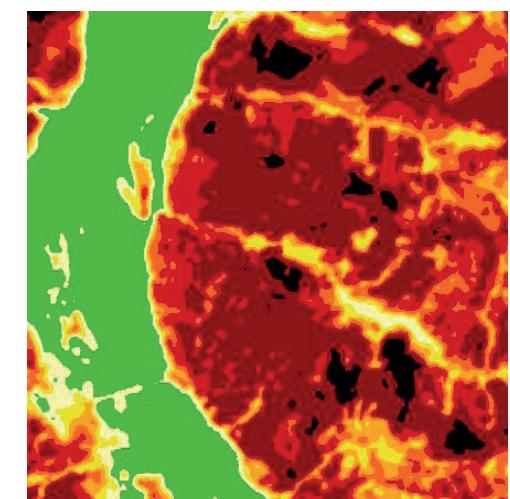
c) Landsat 7 sem correção



d) Landsat 8 sem correção



e) Landsat 7 com correção



f) Landsat 8 com correção



Figura 2. Temperatura de Superfície com e sem correção atmosférica e composição colorida para o Landsat 7 e 8.

Imagen	Temperatura (°C)			
	Mínima	Máxima	Média	Desvio Padrão
Landsat 7 sem correção	22,4	40,0	31,2	5,2
Landsat 8 sem correção	23,6	40,0	31,8	4,8
Landsat 7 com correção	26,7	48,2	37,4	6,3
Landsat 8 com correção	28,3	48,7	38,5	5,9

Tabela 2. Temperatura de Superfície - Landsat 7 e 8.

Com o intuito de analisar a variação da temperatura entre as imagens, obteve-se os valores de temperatura de pontos amostrais nas imagens LST do Landsat 7 e 8, conforme Tabela 3. Observa-se que os valores de temperatura dos alvos apresentaram pouca variação entre os dois satélites, havendo uma variação máxima de 1,5°C. Salienta-se que as menores variações de LST ocorreram nas áreas urbanas e de solo exposto.

Pontos	Descrição	L7 sem correção	L8 sem correção	L7 com correção	L8 com correção
1	Represa	23,7	25,3	28,0	29,4
2	Lago	23,4	23,9	27,7	28,9
3	Área Urbana	31,1	31,0	37,2	36,5
4	Área Urbana	32,9	33,0	39,4	39,9
5	Solo Exposto	36,5	37,1	43,9	42,6
6	Mata Ciliar	26,5	27,6	31,5	34,9
7	Vegetação Nativa	26,2	27,5	31,2	33,3
8	Solo Exposto	39,5	39,8	47,6	48,3

Tabela 3. Temperatura de Superfície de pontos amostrais do Landsat 7 e 8.

Os dados de temperatura de superfície obtidos foram comparados com os dados de temperatura do ar, medida na estação meteorológica do INMET. As imagens LST sem correção apresentaram valores mais próximos a temperatura do ar, com diferença de até 0,4°C, enquanto que as imagens LST com correção apresentaram uma diferença de até 7°C.

## 4 | CONCLUSÕES

A metodologia empregada neste trabalho permitiu avaliar o comportamento da temperatura de superfície para as imagens dos satélites Landsat 7 e 8, com e sem correção atmosférica.

As imagens LST sem correção atmosférica apresentaram temperaturas

mais baixas do que as imagens LST com correção atmosférica e apresentaram temperaturas mais próximas a temperatura do ar.

Salienta-se, que apesar das imagens termais do Landsat 8 apresentarem ainda problemas de calibração devido a falha de dispersão da luz difusa, as imagens de LST de ambos os satélites apresentaram de um modo geral temperaturas bem próximas.

As imagens LST do Landsat 7 permitiu uma melhor distinção da temperatura de superfície entre os alvos da imagem, entretanto em virtude das imagens apresentarem ruídos nas bordas das cenas, o seu uso se torna restrito para as áreas centrais da imagem.

Nesse sentido, recomenda-se o uso das imagens do Landsat 8 para áreas maiores, onde não há a necessidade de um detalhamento maior da LST entre os alvos, e para as regiões onde as imagens do Landsat 7 apresentarem ruídos.

## REFERÊNCIAS

Barsi, J.A., J.L. Barker, J.R. Schott. **An Atmospheric Correction Parameter Calculator for a Single Thermal Band Earth-Sensing Instrument**. IGARSS03, 21-25 July 2003, Centre de Congres Pierre Baudis, Toulouse, France.

Jensen, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. 2º Edição traduzida pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE. São Paulo, Parêntese, 2009. 672 p.

INMET (Instituto Nacional de Meteorologia). **Base dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa - BDMEP**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/>. Acesso em: 25/08/2014.

NASA (National Aeronautics and Space Administration). **Landsat 8 Thermal Infrared Sensor (TIRS) Update**. Disponível em: [http://landsat.usgs.gov/about\\_LU\\_Vol\\_8\\_Issue\\_2.php#2a](http://landsat.usgs.gov/about_LU_Vol_8_Issue_2.php#2a). Acesso em: 29.out.2014.

Nichol, J.E. **A GIS-Based Approach to Microclimate Monitoring in Singapore's High-Rise Housing Estates**. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, v.60, n. 10, p. 1225-1232, 1994.

Schott, J. R; Gerace, A; Raqueno, N; Lentilucci E; Raqueno, R. “**Chasing the TIRS ghosts: calibrating the Landsat 8 thermal bands**”, Proc. SPIE 9218, Earth Observing Systems XIX, 92181A (October 2, 2014); doi:10.1117/12.2063236; <http://dx.doi.org/10.1117/12.2063236>

Steinke, V. A.; Steinke, E. T.; Saito, C. H. **Estimativa da temperatura de superfície em áreas urbanas em processo de consolidação: reflexões e experimento em Planaltina-DF**. Revista Brasileira de Climatologia, ano 6, p. 37-56, 2010.

USGS (United States Geological Survey). **Using Landsat 7 Data**. Disponível em: [http://landsat.usgs.gov/using\\_Landsat\\_7\\_data.php](http://landsat.usgs.gov/using_Landsat_7_data.php). Acesso em: 29.out.2014.

USGS (United States Geological Survey). **Landsat 7 Science Data Users Handbook - NASA**. Disponível em: <http://landsathandbook.gsfc.nasa.gov/>. Acesso em: 29.out.2014.

USGS (United States Geological Survey). **Using the USGS Landsat 8 Product**. Disponível em: [https://landsat.usgs.gov/Landsat8\\_Using\\_Product.php](https://landsat.usgs.gov/Landsat8_Using_Product.php). Acesso em: 29.out.2014.

## AVALIAÇÃO DE COMPÓSITOS MULTITEMPORAIS DE IMAGENS PROBA-V PARA O MAPEAMENTO DE ÁREAS QUEIMADAS

Data de aceite: 12/05/2020

### Allan Arantes Pereira

Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais, *Campus Poços de Caldas, Poços de Caldas - MG.*  
Universidade Federal de Lavras, *Lavras - MG.*

### Renata Libonati

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, *Rio de Janeiro - RJ*

### Duarte Oom

Centro de Estudos Florestais, Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, *Lisboa - PT.*

### Luis Marcelo Carvalho Tavares

Universidade Federal de Lavras, *Lavras - MG.*

### José Miguel Cardoso Oliveira Pereira

Centro de Estudos Florestais, Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, *Lisboa - PT.*

composição multitemporal usando algoritmos de mapeamento de área queimada com o objetivo do satélite PROBA-V, a saber: primeiro valor mínimo da refletância no infravermelho próximo (NIR), segundo valor mínimo do NIR, critérios mínimos de combinação do NIR, critérios de mistura combinados no infravermelho NIR e SortWave (SWIR) e o valor máximo do Índice de vegetação de diferença de normalização (NDVI). Uma avaliação quantitativa do desempenho de cada técnica de composição foi realizada avaliando o potencial de cada uma em discriminar entre pixels queimados e não queimados, analisando a persistência de nuvens / sombras e a frequência de ângulos de zênite solar elevados em cada composição. Os resultados mostraram que o segundo NIR mínimo é a técnica de composição mais adequada para o mapeamento de áreas queimadas, devido à sua capacidade de reter sinais queimados e eliminar pixels fora de nadir e aqueles contaminados por nuvens/e sombras.

**PALAVRAS-CHAVE:** PROBA-V, composição multitemporal, área queimada, PROBA-V, compósitos multitemporais.

**RESUMO:** Os dados de sensoriamento óptico de resolução moderada oferecem oportunidades para monitorar e discriminar a área queimada de maneira precisa. Este estudo avalia o desempenho de quatro técnicas diferentes de

EVALUATION OF MULTITEMPORAL COMPOSITES OF PROBA-V IMAGES FOR

**ABSTRACT:** Moderate resolution optical remote sensing data provides opportunities to monitor and discriminate burned area in an accurate way. This study assesses the performance of four different multitemporal compositing techniques using PROBA-V satellite aiming burned area mapping algorithms, namely: first minimum value of Near Infrared (NIR) reflectance, second minimum value of NIR, mix criteria combined NIR and Shortwave Infrared (SWIR), and maximum Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) value. A quantitative assessment of the performance of each compositing technique was achieved by evaluating the potential of each one to discriminate between burned and unburned pixels, by analyzing the persistence of clouds/shadows and the frequency of high solar zenith angles view on each compositing. The results showed that the second minimum NIR is the most suitable compositing technique for burned areas mapping, due to its ability to retain burned signals and to eliminate off nadir pixels and those contaminated with clouds/and shadows.

**KEYWORDS:** PROBA-V, multitemporal compositing, burned area, PROBA-V, multitemporal composites.

### 1 | INTRODUÇÃO

O interesse por informações sobre a ocorrência do fogo na vegetação provenientes de sensores orbitais tem aumentado nos últimos anos por parte dos pesquisadores de diversas áreas do conhecimento (MOUILLOT et al., 2014). Os dados derivados da análise de imagens de sensores orbitais de diversas resoluções espaciais e temporais possibilitam estudos relacionando as queimadas a ciclos biogeoquímicos, doenças respiratórias, bem como setores governamentais responsáveis pelo controle do desmatamento (GONÇALVEZ et al., 2010; FREITAS, 2005; PEREIRA et al., 2014).

No entanto, algumas limitações dificultam a observação da superfície terrestre pelos sensores abordo de satélites, como por exemplo, a presença de nuvens e sombras, considerada um dos principais empecilhos no mapeamento de áreas queimadas. Estima-se que a probabilidade de ocorrência de nuvens no Hemisfério Norte é de 0,62 e no Hemisfério Sul 0,53, sendo a média global, correspondente a 0,58 (WMO, 1994).

Para minimizar o efeito das nuvens e sombras nas imagens, alguns autores sugerem o uso de compósitos multitemporais (HOLBEN 1986; SOUZA et al., 2003, CHUVIECO et al., 2005, LIBONATI et al., 2015), onde o objetivo é escolher o pixel que melhor representa o alvo de interesse, dentre um conjunto temporal de imagens. O resultado deste método é uma imagem composta por pixels de diferentes datas, dentro do período analisado.

Entre as técnicas de compósitos multitemporais, a mais comum considera o máximo valor de NDVI (*Normalize Difference Vegetation Index*) (HOLBEN, 1986). No entanto, alguns autores mostraram que esta técnica não é a mais adequada para o mapeamento de áreas queimadas (MARTIN, 1998; PEREIRA, 1999a; SOUSA et al., 2003). Para esta finalidade, a refletância do canal NIR (*Near Infrared*) tem sido utilizada como critério principal, e em alguns casos, combinado com valores dos outros canais (SOUZA et al., 2003; SILVA et al., 2005; CHUVIECO et al., 2005). Após o fogo, as cicatrizes de queimadas apresentam uma queda nos valores de refletância do canal NIR (PEREIRA, 1999), no entanto, as sombras também apresentam este comportamento e podem ser confundidas com as queimadas.

Diante deste contexto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar quatro métodos de compósitos multitemporais em imagens do sensor VEGETATION abordo do satélite PROBA-V, quanto à separabilidade entre áreas queimadas e outros alvos, qualidade visual dos compósitos e a distribuição dos ângulos zenitais de visada. A principal contribuição deste trabalho foi explorar este sensor quanto ao melhor método de compósito para o mapeamento de áreas queimadas, permitindo o aprimoramento de algoritmos automáticos de detecção de áreas afetadas pelos fogos na vegetação.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Área de estudo

A área de estudo está localizada nas latitudes entre -15°S e -25°S e longitudes entre -40°W e -50°W e corresponde ao *tile* 13Y09 do satélite PROBA-V, onde estão inseridas grandes áreas dos estados da região Sudeste do Brasil, parte do sudeste do estado de Goiás, sul da Bahia e nordeste do Paraná, perfazendo um total de 1.000.000 km<sup>2</sup>. Os Biomas compreendidos na área de estudo são o Cerrado e a Mata Atlântica, com uma pequena área de Caatinga ao norte do referido *tile* (Figura 1).

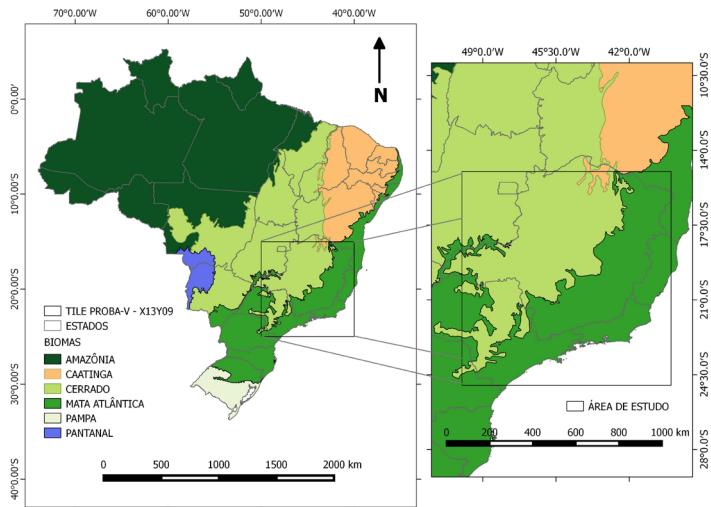


Figura 1. Área de estudo e Biomas brasileiros (Adaptado de IBGE, 2004). Em destaque o *tile* X13Y09 das imagens do satélite PROBA-V.

## 2.2 Dados PROBA-V (S1-TOC, S10-TOC e máscaras de nuvens e sombras)

O satélite PROBA-V (*Project for On-Board Autonomy – Vegetation*) foi projetado com o intuito de dar continuidade a série de imagens do satélite da série SPOT-VEGETATION. Este sensor possui quatro canais multiespectrais: azul (0,463  $\mu$ m); vermelho (0,655  $\mu$ m); infravermelho próximo – NIR (0,845  $\mu$ m), e infravermelho de ondas curtas – SWIR (1,6  $\mu$ m) (FRANCOIS et al., 2014).

As imagens utilizadas são disponibilizadas a um nível de processamento 3, com correções geométricas e atmosférica (produto S1-TOC - “Top of the canopy”), com uma resolução espacial de 330 metros. Para a construção dos compósitos, foram utilizados os dados de refletância dos canais NIR e SWIR.

Também foi utilizado o produto S10-TOC, que consiste na síntese de 10 dias de imagens com o máximo valor de NDVI (HOLBEN, 1986). Este produto é utilizado para obter imagens sem lacunas de coberturas espaciais resultantes de nuvens e a não cobertura global diárias em regiões tropicais. O produto S10-TOC tem os dias iniciais no dia 1, 11 ou 21 de cada mês. Durante meses, com 28, 29 ou 31 dias, o S10 dos últimos dez dias compreende os restantes dias do mesmo mês (WOLTERS et al., 2016). Para este artigo, foram utilizados os três compósitos S10-TOC do mês de outubro de 2015.

As imagens utilizadas correspondem ao *tile* X13Y09, e são referentes ao dia 01 a 31 de outubro de 2015. Ambos os produtos (S1-TOC e S10-TOC) contém informações sobre refletância da superfície, informações sobre os ângulos zenitais solar e de visada e máscaras de nuvens, e estão disponíveis no site <http://www.vito-eodata.be/>.

A detecção de nuvens é feita com base nas bandas BLUE e SWIR e as sombras são mapeadas por meio de um método geométrico, com base no ângulo solar, ângulo

de visada e estimativa de altura das nuvens, complementar de um limiar com base nos valores de NIR. No entanto, a diferença temporal entre a coleta de dados do canal NIR para o SWIR de 12 segundos, o que afeta diretamente nas máscaras de nuvens/sombra (WOLTERS et al., 2015). O procedimento de correção atmosférica e do algoritmo de detecção de nuvens e sombra está descrito em Dierckx et al. (2014). A Figura 2 apresenta uma defasagem das máscaras de nuvens e sombras, decorrente dessa diferença.

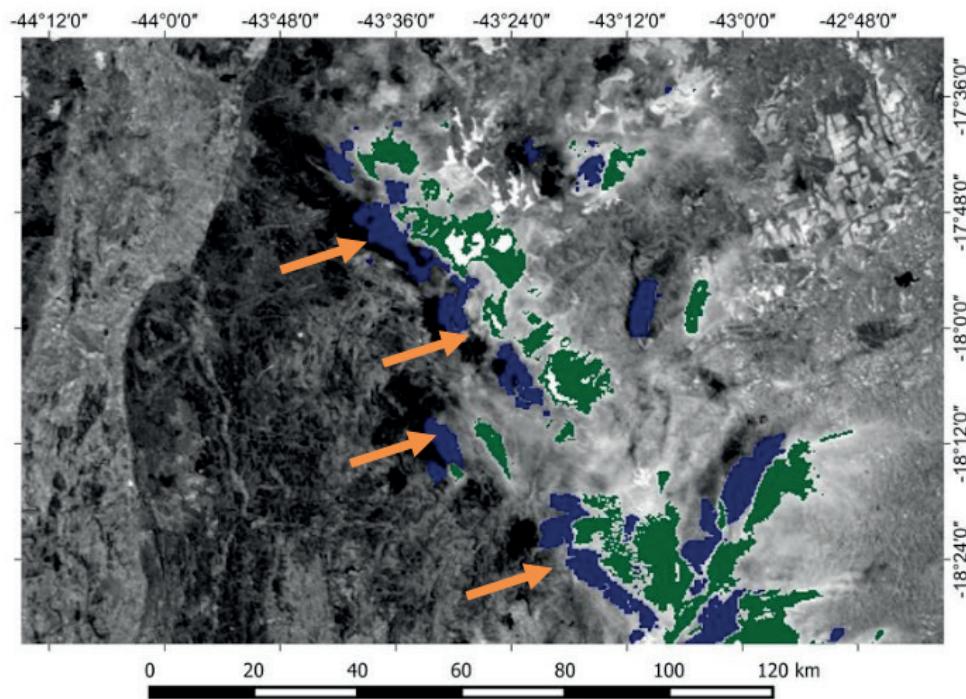


Figura 2. Recorte da imagem do canal NIR na região da serra do espinhaço Minas Gerais, de 27 de setembro de 2014. Em verde estão as máscaras de nuvens e em azul as máscaras de sombras de nuvens. As setas em laranja indicam as áreas de sombras de nuvens que não foram mascaradas.

### 2.3 Focos ativos

Foram utilizados focos ativos do sensor VIIRS (*Visible Infrared Imager Radiometer Suite*) a bordo do satélite VIIRS Suomi NPP (SCHROEDER et al., 2014) para direcionar visualmente a coleta de amostras de áreas queimadas. Este satélite possui uma resolução espacial de 375 metros e fornece informações sobre focos ativos duas vezes ao dia. Os dados utilizados são disponibilizados pelo site bdqueimadas/INPE. Ao todo, foram coletados 1.000 pixels como amostras.

### 2.4 Metodologia

Foram avaliados as seguintes técnicas para geração de compósitos:

- Compósito 1 – Menor valor de refletância do canal NIR (1 NIR);
- Compósito 2 – Segundo menor valor de refletância do canal NIR (2 NIR);
- Compósito 3 – Entre os três menores valores da refletância do NIR, o valor

na data de maior refletância do SWIR (NIR SWIR);

- Compósito 4 – Produto PROBA-V S10-TOC, com o máximo valor de NDVI em 10 dias (NDVI).

Cada uma das técnicas descritas acima geram compósitos de 15 dias, com exceção da técnica 4 que fornece compósitos de 10 dias. Dessa forma, foram construídos dois compósitos para o mês de outubro, considerando a primeira quinzena como a imagem antes das queimadas e a segunda quinzena a imagem depois das queimadas. As imagens diárias foram mascaradas com os dados de máscaras de nuvens/sombras, antes de aplicar os critérios de avaliação, excluindo estes pixels para gerar os compósitos.

A separabilidade entre os valores de refletância de áreas queimadas e não queimado, foi calculada através do índice M. Este índice foi definido por Kaufman e Remer (1994) e é utilizado para verificar o quanto uma classe difere da outra, com base na diferença da média dos valores de duas classes, dividido pela soma do desvio padrão. A equação do índice M é dada por (equação 1)

$$M = \frac{|\mu_{nq} - \mu_q|}{\sigma_{nq} + \sigma_q} \quad (1)$$

Onde,  $\mu_{nq}$  é a média dos pixels não queimados e  $\mu_q$  é a média dos pixels queimados,  $\sigma_{nq}$  é o desvio padrão da classe não queimado e  $\sigma_q$  é o desvio padrão de queimados.

Esse teste representa a sobreposição dos histogramas das classes analisadas, sendo baixa separabilidade entre as classes quando  $M < 1$  e alta separabilidade quando  $M > 1$  (PEREIRA 1999; VERAVERBEKE et al., 2011). Além do índice M, foram construídos boxplot e histogramas de sobreposição. Para estas análises, a classe não queimada é referente à imagem anterior.

A persistência de sombras de nuvens nos compósitos é uma variável difícil de quantificar. Nesta análise, foi feito uma inspeção visual em cada cena, e as principais diferenças visuais de cada compósito foram ilustradas a fim de auxiliar nas discussões.

Também foi avaliada a distribuição dos pixels nos ângulos zenitais dos compósitos. Quanto mais próximo do nadir o ângulo de visada, menor é a interferência dos efeitos atmosféricos na imagem (VAN LEEUWEN et al., 1999).

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados foram avaliados no sentido de verificar qual técnica de compósito fornece imagens com menos sombras e nuvens, e, no entanto, que preserve as informações sobre as características espectrais das queimadas. A análise da separabilidade fornece esta informação, sobre o quanto é possível distinguir áreas queimadas de não queimadas. Segundo o índice M, o compósito com maior separabilidade entre as classes queimadas e não queimadas foi primeiro mínimo de NIR, seguido do segundo mínimo de NIR, NDVI e por último a combinação NIR SWIR.

A Tabela 1 apresenta os resultados do índice M dos quatro compósitos PROBA-V avaliados.

Compósitos	Índice M
1 NIR	1,4
2 NIR	1,3
NIR SWIR	0,93
NDVI	1

Tabela 1. Índice M.

Os melhores valores de separabilidade de queimadas estão nos critérios que utilizam apenas os dados do canal NIR. Nota-se através do histograma de frequência (Figura 3) uma sobreposição menor nos compósitos primeiro mínimo de NIR, seguido do segundo mínimo de NIR, sendo estes resultados reflexos dos valores do índice M.

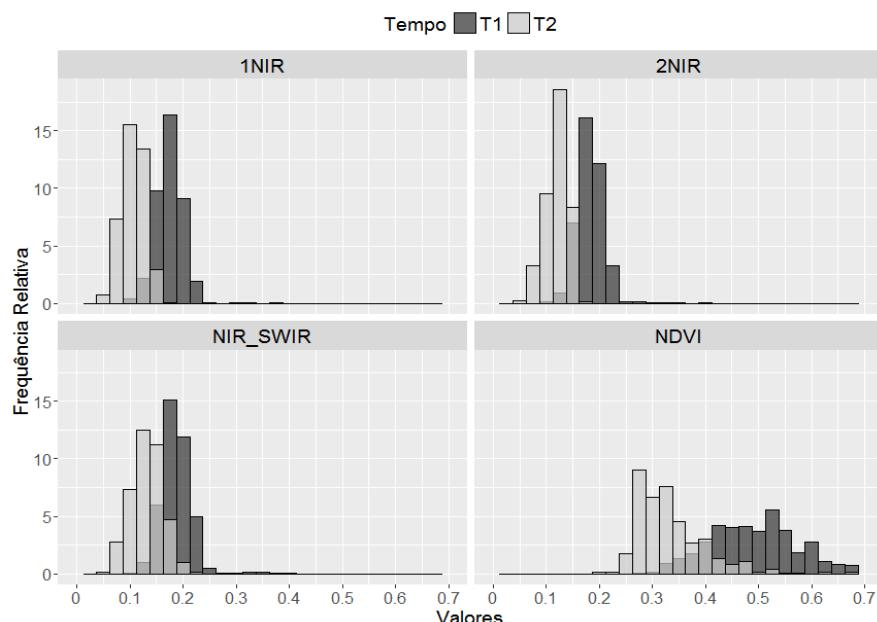


Figura 3. Histograma de sobreposição dos valores de áreas queimadas para cada técnica de compósitos.

### 3.1 Persistência de sombras de nuvens

A Figura 4 apresenta um recorte de cada compósito para a região de Belo Horizonte - MG, serra da Moeda e região de ouro Preto. As setas no recorte 1 NIR mostram áreas com persistência de sombras de nuvens.

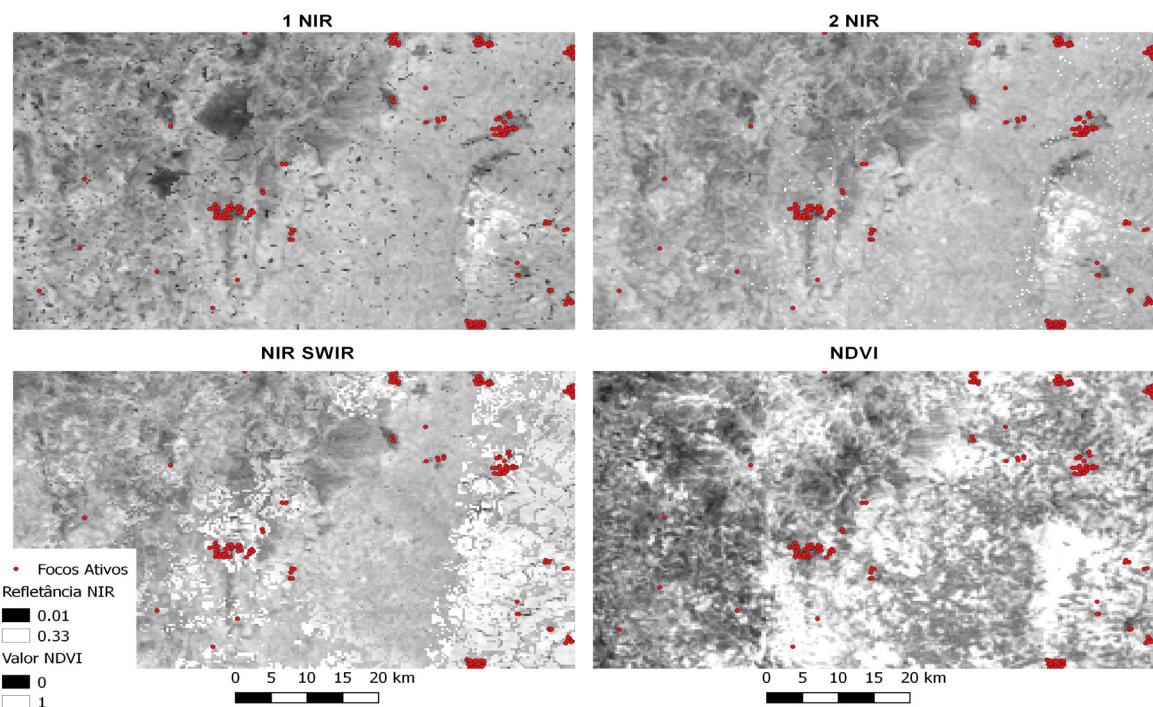


Figura 4. Recorte dos compósitos multitemporais e focos ativos. Os valores da legenda correspondem aos dados de refletância do canal NIR e os valores de NDVI, em escala de 0 a 1.

Através da inspeção visual com a ajuda de focos ativos, foi possível identificar uma grande quantidade de sombras de nuvens persistente no compósito 1 NIR. Isto porque as sombras de nuvens possuírem baixos valores neste canal, semelhante às queimadas.

Já o compósito 2 NIR apresentou uma imagem com menos sombras. Isso porque as sombras não são estáticas, diferente das cicatrizes de queimadas. Dessa forma, para o sinal da sombra persistir neste compósito, é necessário que apareça no mesmo local duas vezes, durante o intervalo de dados analisado.

O compósito que combina valores de NIR SWIR apresentou menos sombra quando comparado com o compósito 1 NIR. Porém, este critério tende a escolher pixels mais claros, como pode-se observar no recorte NIR SWIR. Isto porque assim como a refletância do canal NIR, os valores do canal SWIR ( $1.6 \mu\text{m}$ ) decrescem após o escurecimento do solo, seja por queimadas ou por sombras de nuvens.

Através da análise visual e comparação com focos ativos, pode-se concluir que o compósito 2 NIR e o compósito NDVI obtiveram os melhores resultados quanto a obtenção de imagem com baixa incidência de sombras de nuvens.

### 3.2 Distribuição dos ângulos zenitais de visada

Para a avaliação do ângulo zenital de visada (VZA) foram gerados compósitos com esta informação para cada pixel, na mesma data de cada compósito avaliado. O VZA é o ângulo entre a linha do zênite e o sensor na hora da passagem e coleta de dados. Quanto maior o ângulo zenital de visada, maior a interferência na coleta de informações sobre refletância da superfície e maior a distorção espacial do pixel. A distribuição da frequência dos ângulos zenitais de visada é apresentada abaixo através da Figura 5.

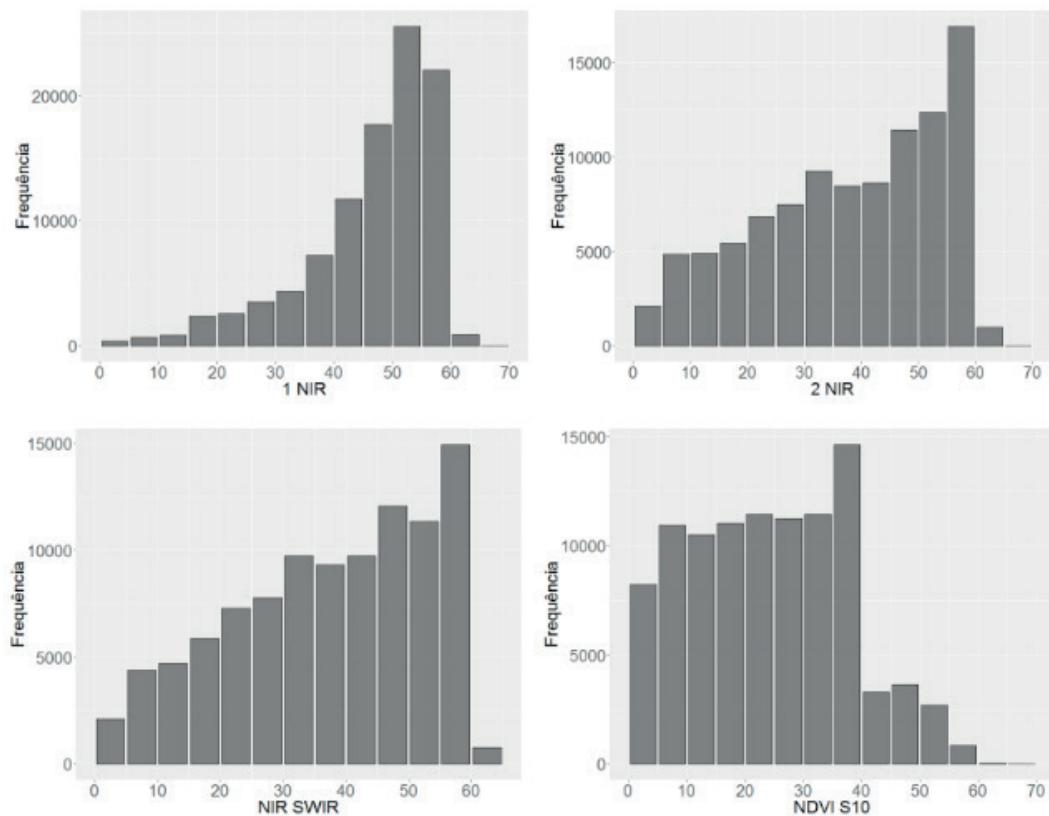


Figura 5. Histograma de frequência absoluta dos pixels nos ângulos zenitais.

A Figura 5 mostra uma maior frequência em ângulos zenitais menores nos compósitos NDV que a distribuição dos ângulos do compósito 1 NIR tem uma maior concentração entre S10, 2 NIR e NIR SWIR. Já no compósito 1 NIR, a maior frequência está entre os ângulos 50° e 60°. A escolha do menor valor de refletância do NIR pode levar a escolha de pixels coletados com um maior VZA, já que estes dados sofrem uma maior interferência atmosférica. Isto fica evidenciado na distribuição dos ângulos do compósito de máximo NDVI, onde a distribuição dos ângulos VZA com ângulos mais próximos do nadir é decorrente da escolha de pixels mais claros.

## 4 | CONCLUSÕES

Este trabalho avaliou quatro técnicas de geração de compósitos multitemporais utilizando o sensor VEGETATION a bordo do satélite PROBA-V. A maior separabilidade entre áreas queimadas e não queimadas foi obtida com os compósitos 1 NIR e 2 NIR.

Quanto a presença de sombras nos compósitos, verificou-se através da inspeção visual e comparação com focos ativos, que o compósito 2 NIR e o compósito NDVI obtiveram melhores resultados. O pior resultado foi obtido pelo compósito 1 NIR, o qual reteve um considerável número de pixels contaminados com sombras de nuvens.

Em relação à análise dos ângulos zenitais de visada, o NDVI apresentou uma melhor distribuição na frequência de dados, com ângulos mais próximos do nadir. Os compósitos 2 NIR e NIR SWIR tiveram resultados semelhantes, enquanto o compósito 1 NIR teve piores resultados.

Conclui-se então que a técnica de compósito baseada no segundo menor valor de NIR (2 NIR) apresentou os melhores resultados para o mapeamento de áreas queimadas com imagens PROBA-V na região de estudo, pois além de reter a informação de queimadas, apresentou baixa incidência de sombras de nuvens nas imagens e ângulos mais próximos do nadir. Estes resultados são subsídios para o algoritmo de áreas queimadas em desenvolvimento através do projeto “Mapeamento de áreas queimadas no Brasil utilizando dados PROBA-V”, financiado pelo CNPq.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o suporte do Programa Ciências Sem Fronteiras do CNPq (bolsa 215158/2014-8), FAPESP/FCT Project BRazilian Fire-Land-Atmosphere System (BrFLAS) 2015/01389-4.

O primeiro autor agradece também, a CAPES pela bolsa do programa de formação de doutorado do IFSULDEMINAS.

## REFERÊNCIAS

CHUVIECO E.; VENTURA, G.; MARTÍN, M.; GÓMEZ I. **Assessment of multitemporal compositing techniques of MODIS and AVHRR images for burned land mapping.** *Remote Sensing of Environment.* v.28, n.94(4), p. 450-462, 2005.

DIERCKX, W. S.; STERCKX, I.; BENHADJ, G.; SAINT, S.; LIVENS, G.; DUHOUX, T.; VAN ACHTEREN, M.; FRANCOIS, M.; K. MELLAB. **“PROBA-V Global Vegetation Satellite: Review of the Upcoming Mission.”** *International Journal of Remote Sensing.* v. 35(7), p. 2589-2614, 2014.

FRANCOIS, M.; SANTANDREA, S.; MELLAB, K.; VRANCKEN, D.; VERSLUYS, J. **The PROBA-V mission: the space segment.** *International Journal of Remote Sensing,* v. 35(7), p. 2548-2564,

- FREITAS, S. R.; LONGO, K. M.; DIAS, M. A. F.; DIAS, P. L. **Emissões de queimadas em ecossistemas da América do Sul.** Estudos Avançados, v. 19(53), pp.167-185. 2005.
- GONÇALVES, K. D.; CASTRO, H. A.; SOUZA, H. S. D. **As queimadas na região amazônica e o adoecimento respiratório.** Revista Ciência & Saúde Coletiva. v 17(9), p1523-1532. 2012.
- HOLBEN, B. N. **Characteristics of maximum-value composite images from temporal AVHRR data.** International journal of remote sensing. v. 1, n. 7(11), p. 1417-1434, 1986.
- KAUFMAN, Y. J.; REMER, L. **Remote sensing of vegetation in the mid-IR: The 3.75  $\mu$ m channels,** IEEE. Journal of Geoscience and Remote Sensing. v 32, p. 672-683, 1994.
- MOUILLOT, F.; SCHULTZ, M.G.; YUE, C., CADULE P.; TANSEY, K.; CIAIS, P.; ET AL. **Ten years of global burned area products from spaceborne remote sensing — A review: Analysis of user needs and recommendations for future developments.** International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, v. 26, p. 64–79, 2014.
- PEREIRA, A.A.; DE BARROS, D.A.; PEREIRA, J. A.; WEIMAR, F.; JÚNIOR, A.; MORELLI, F.; SCOLFORO, J. R. **Frequência espaço-temporal dos focos ativos em Minas Gerais durante o período de 1999 a 2009.** CERNE.; v. 20(3): p. 459-469. 2014.
- PEREIRA, J. M. C. **A comparative evaluation of NOAA/AVHRR vegetation indexes for burned surface detection and mapping.** IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, v.37, n. 1. p. 217–226. 1999.
- SILVA, J. M. N.; SÁ, A. C. L.; PEREIRA, J. M. **Comparison of burned area estimates derived from SPOT-VEGETATION and Landsat ETM+ data in Africa: influence of spatial pattern and vegetation type.** Remote Sensing of Environment, v. 96, p. 188–201, 2005.
- SOUZA, A. M.; PEREIRA, J. M.; SILVA, J. M. **Evaluating the performance of multitemporal image compositing algorithms for burned area analysis.** International Journal of Remote Sensing. v. 1, n. 24, p.1219-1236. 2003
- VAN LEEUWEN, W. J. D.; HUETE, A. R.; LAING, T. W. **MODIS vegetation index compositing approach: A prototype with AVHRR data.** Remote Sensing of Environment, v. 69, p.264-280, 1999.
- VERAVERBEKE, S.; HARRIS, S.; HOOK, S. **Evaluating spectral indices for burned area discrimination using MODIS/ASTER (MASTER) airborne simulator data.** Remote Sensing of Environment, v. 115, n. 10. p. 2702– 2709, 2011.
- WOLTERS E; DIERCKX W; SWINNEN E.P. **Products User Manual VITO: Mol. Belgium.** v1. 3. P.1 – 98. 2015.
- World Meteorological Organization – WMO statement on the status of the global climate in 1993. WMO Report No. 809. (WMO: Geneva) In: Pereira, J. M. C. **Remote sensing of burned areas in tropical savannas.** International Journal of Wildland Fire, v. 12 (4), p. 259-270, 2003.

## ELABORAÇÃO DE PATÊ A BASE DE PINTADO AMAZÔNICO (*Pseudoplatystoma fasciatum* X *Leiarius marmoratus*) DEFUMADO

Data de aceite: 12/05/2020

Cuiabá – MT.

Data de submissão: 06/03/2020

<http://lattes.cnpq.br/7127637833429064>

### Natalia Marjorie Lazaron de Moraes

Curso de Engenharia de Alimentos, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso, Campus Cuiabá, Bela Vista, Cuiabá – MT.

<http://lattes.cnpq.br/9888367496029988>

### Helen Cristine Leimann

Curso de Engenharia de Alimentos, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso, Campus Cuiabá, Bela Vista, Cuiabá – MT.

<http://lattes.cnpq.br/6934137953421559>

### Thamara Larissa de Jesus Furtado

Curso de Engenharia de Alimentos, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso, Campus Cuiabá, Bela Vista, Cuiabá – MT.

<http://lattes.cnpq.br/9229068503718361>

### Marilu Lanzarin

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso, Campus Cuiabá, Bela Vista, Cuiabá – MT.

<http://lattes.cnpq.br/7896307842317524>

### Daniel Oster Ritter

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso, Campus Cuiabá, Bela Vista,

**Raphael de Castro Mourão**  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Mato Grosso, Campus Sinop, Sinop – MT.

<http://lattes.cnpq.br/6637481796428177>

**RESUMO:** A região Centro-Oeste destaca-se no cenário nacional em virtude da variedade de espécies de peixes produzidas, dentre essas espécies, o pintado amazônico vem ganhando seu espaço na piscicultura em virtude de suas características zootécnicas. Sendo assim, este trabalho teve como objetivo elaborar um patê a base de pintado amazônico defumado, verificando sua segurança higiênico-sanitária através de análises previstas na legislação vigente, além de determinar o prazo comercial do produto. Todas as amostras apresentaram ausência para *Salmonella*, para coliformes a 45°C/g e *Staphylococcus* coagulase positiva/g, o que indica que os padrões de condições higiênicas de produção foram eficientes. Quanto ao prazo comercial, determinou-se que o patê está apto ao consumo quando mantido refrigerado pelo período de dez dias.

**PALAVRAS-CHAVE:** Pintado amazônico, patê,

piscicultura.

## ELABORATION OF PATE BASED ON SMOKED AMAZONIAN PINTADO FISH

(*Pseudoplatystoma fasciatum* X *Leiarius marmoratus*)

**ABSTRACT:** The Brazilian west Central region stands out in the national scene due to the variety of fish species produced, among these species, the Amazonian Pintado fish has been gaining its space in psiculture due to its zootechnical characteristics. Therefore, this work aimed to prepare a pate based on smoked Amazonian paint, to verify its hygienic-sanitary safety through analyzes provided for in the current legislation, in addition to determining the commercial term of the product. All samples were absent for *Salmonella*, for coliforms at 45 ° C / g and positive coagulase *Staphylococcus* / g, which indicates that the standards of hygienic conditions of production were efficient. As for the commercial term, it was determined that the pate is fit for consumption when kept refrigerated for a ten days period.

**KEYWORDS:** Amazonian Pintado, pate, pisciculture.

### 1 | INTRODUÇÃO

O consumo de peixes vem sendo recomendado por profissionais da área da saúde em virtude de uma série de benefícios associados, como o fato destes serem uma excelente fonte de proteínas (compostas por todos os aminoácidos essenciais), além da alta digestibilidade de sua carne, ser fonte de ácidos graxos insaturados, dentre outros (ABABOUCH, 2005).

A região Centro-Oeste destaca-se no cenário nacional em virtude da variedade de espécies de peixes produzidas, estando entre elas alguns híbridos que vem ganhando espaço na piscicultura em virtude das suas características zootécnicas, como o tambacu, a tambatinga e o pintado amazônico.

Por mais que o consumo “*per capita*” de pescado esteja aumentando nos últimos anos no país, esse crescimento não ocorre na mesma proporção observada na produção do setor pesqueiro. Dentre os fatores observados que justificam esse fato estão a falta de hábito do consumidor brasileiro, que prefere carne de bovinos, suínos e aves, e, principalmente, a falta de diversidade e praticidade dos produtos comercializados, principalmente quando se pensa em peixes de água doce, que tendem a ser comercializados predominantemente “*in natura*” (VALENTI, 2000).

Uma das maneiras de reverter este quadro, fazendo com que o pescado se torne mais atrativo ao consumidor, bem como se torne um produto com um maior valor agregado é apresentar esta matriz alimentícia de forma diferente. Neste sentido, o desenvolvimento de um patê defumado torna-se uma alternativa

para mudar a forma de comercialização tradicional do pescado, proporcionando características sensoriais mais atrativas, bem como agregando valor ao produto (BRAGANTE, 2014).

Considerando o aumento na demanda do consumo de peixes nos últimos anos associada a necessidade de novos produtos para diversificar a comercialização de peixes dulcícolas, o presente trabalho teve como objetivo elaborar um patê a base de pintado amazônico defumado, verificando sua segurança higiênico-sanitária através de análises previstas na legislação vigente, além de determinar o prazo comercial do produto.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

No primeiro dia foi produzido o patê, sendo utilizados os seguintes ingredientes:

- 47% de filé de pintado amazônico cozido (*Pseudoplatystoma fasciatum* x *Leiarius marmoratus*);
- 23% de água;
- 0,8 de sal (NaCl);
- 0,3% de sal de cura;
- 3% de proteína isolada de soja;
- 23% de gordura hidrogenada;
- 2,0% de amido;
- 0,7% condimentos;
- 0,2% de fumaça líquida.

Todos os ingredientes foram misturados no equipamento *Cutter*. Após a elaboração, o patê foi subdividido em 20 unidades amostrais, armazenados sob refrigeração em potes esterilizados de vidro com tampa, com aproximadamente 100 gramas cada.

As análises bacteriológicas realizadas consistiram na verificação da qualidade higiênico-sanitária do produto no primeiro dia, que consistem na detecção de *Salmonella* sp., (pré-enriquecimento com Água Peptonada Tamponada, enriquecimento seletivo em caldo Rappaport Vassiliadis e em caldo Selenito Cistina, plaqueamento diferencial em Ágar XLD e BPLS, além da confirmação bioquímica em Ágar TSI e LIA) quantificação de *Staphylococcus* coagulase positiva (plaqueamento por superfície em Ágar Baird Parker suplementado com gema de ovo e telurito de potássio), quantificação de coliformes a 45°C (plaqueamento em ágar VRB e confirmação em Caldo EC), de acordo com a Resolução RDC nº 12, de 2 de janeiro de 2001, que aprova o Regulamento Técnico sobre Padrões Microbiológicos para

Alimentos (BRASIL, 2001).

Para determinar o prazo de validade comercial, a cada três dias, foram feitas as contagens de Bactérias Heterotróficas Aeróbias Mesófilas e Psicrotróficas (plaqueamento por profundidade e superfície respectivamente em ágar PCA).

Todas as análises foram feitas de acordo com as metodologias descritas no Manual de Métodos de Análise Microbiológica para alimentos e Água (SILVA et al., 2010) e na Instrução Normativa N° 62 que Oficializa os Métodos Analíticos Oficiais para Análises Microbiológicas para Controle de Produtos de Origem Animal e Água (BRASIL, 2003).

Os dados obtidos foram tabulados em planilhas, sendo posteriormente submetidos à análise de regressão para verificar sua evolução ao longo do tempo de estocagem.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A RDC 12, de 2 de janeiro de 2001 estabelece como parâmetros para determinar a segurança de patês a ausência de *Salmonella* sp. em 25g de produto, contagem máxima de *Staphylococcus* coagulase positivo de  $5 \times 10^2$  UFC/g em 3 de 5 amostras, além da contagem máxima de coliformes a 45°C de 103 UFC/g. Todas estas análises foram feitas no primeiro dia de estocagem e deram negativas, mostrando que o processo de fabricação do patê, bem como a qualidade da matéria prima utilizada estavam dentro do padrões de higiene preconizados. Sendo assim, é de extrema importância as análises de *Salmonella* sp., *Staphylococcus* coagulase positivo e coliformes a 45°C, pois indicam se a qualidade do ponto de vista higiênico-sanitária do ambiente, qualidade da água, bem como a maneira de manipulação que influenciam diretamente na qualidade microbiológica do alimento, estão satisfatórias, caso não esteja como o preconizado, podem causar algum tipo de Doenças Transmitidas por Alimentos (DTA's).

A partir do momento que o produto é fabricado, uma série de alterações bioquímicas e sensoriais, desencadeadas por fatores enzimáticos e microbiológicos, se iniciam. Em determinado momento, estas alterações fazem com que a qualidade do produto, bem como sua segurança do ponto de vista microbiológico sejam prejudicadas. Para determinar este ponto, é estipulado o prazo comercial dos alimentos, que corresponde ao período em que o mesmo está apto ao consumo humano. Na tabela 1 estão expostos os resultados das análises microbiológicas realizadas no patê.

Dia	BHAM (Log UFC/g)	BHAP (Log UFC/g)
1	2,0115	2,13
4	4,205	4,68
7	5,39	5,225
10	6,39	6,355
13	8,4	7,285
16	7,875	8
19	8,54	8,185
22	9,055	8,705

Tabela 1. Contagem média de BHAM e BHAP.

Os valores de BHAM variaram de 2,0115 Log UFC/g no primeiro dia de estocagem à 9,055 Log UFC/g no 22º dia, apresentando um comportamento linear que pode ser explicado pela equação  $y = 0,3192x + 2,8122$  ( $R^2 = 0,90$ ), conforme exposto na Figura 1.

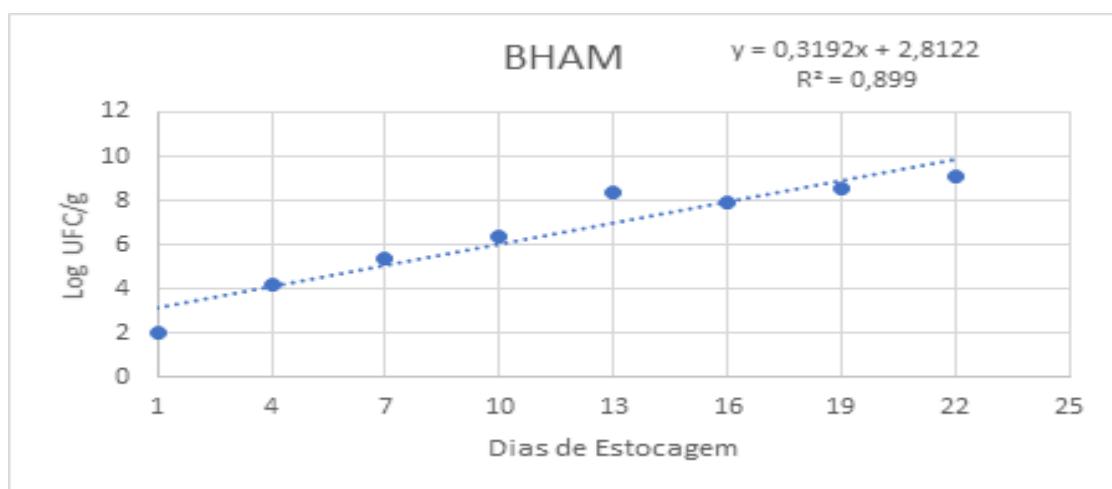


Figura 1. Regressão linear entre as BHAM e o tempo de estocagem

A contagem total de bactérias heterotróficas aeróbias mesófilas (BHAM), é o método utilizado para obter informações gerais sobre a qualidade de produtos, práticas de manufatura, matérias primas utilizadas, condições de processamento, manipulação e vida de prateleira, sendo geralmente empregada para indicar a qualidade sanitária dos alimentos, podendo indicar deficiência durante o armazenamento em relação ao binômio tempo/temperatura (COUSIN; JAY; VASAVADA, 2001). Uma alta contagem de mesófilos significa que houve condições para que estes microrganismos se multiplicassem. Tendo isso em consideração, a Comissão Internacional de Especificações Microbiológicas em Alimentos (ICMSF, 1986) determina como limite máximo a para este grupo bacteriano a contagem de 7 Log UFC/g, valor este superado no 13º dia de estocagem (8,4 Log UFC/g).

Os valores de BHAP variaram de 2,13 Log UFC/g no primeiro dia de estocagem à 8,705 Log UFC/g no 22º dia, apresentando um comportamento linear que pode

ser explicado pela equação  $y = 0,2889x + 2,9982$  ( $R^2 = 0,92$ ), conforme exposto na Figura 2.

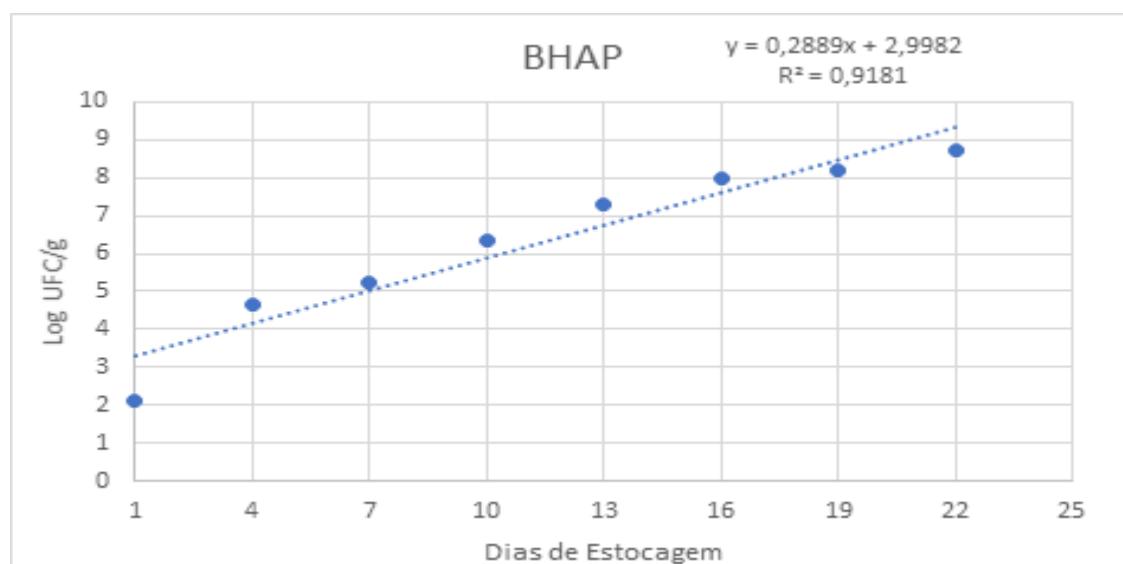


Figura 2. Regressão linear entre as BHAP e o tempo de estocagem

O grupo das bactérias heterotróficas aeróbias psicrotróficas (BHAP) está relacionado com o processo de deterioração dos alimentos mantidos sob refrigeração, tendo seu crescimento diretamente proporcional com o período de estocagem dos mesmos. Essa multiplicação acentuada de BHAP é explicada pela temperatura de armazenamento do produto, tendo em vista que este é um dos fatores extrínsecos que mais inibem ou estimulam o desenvolvimento bacteriano. Este grupo de microrganismos metaboliza a princípio os aminoácidos livres e, a partir do momento que a quantidade destas substâncias diminui, começam a atividade proteolítica, influenciando diretamente nas características sensoriais do alimento (PEDROSA-MENABRITO e REGENSTEIN, 1988).

#### 4 | CONCLUSÃO

Conclui-se que as amostras de patê não apresentaram valores acima do preconizado pela legislação para coliformes a 35°C e 45°C, e para *Staphylococcus* coagulase positiva e *Salmonella* os resultados foram negativos, assim, não oferecendo risco à saúde dos consumidores, estando as amostras aptas ao consumo humano. O prazo comercial para patê defumado de pintado é de 10 dias quando estocado sob refrigeração.

#### REFERÊNCIAS

ABABOUCH, L. Fisheries and Aquaculture topics. **Composition of fish. Topics Fact Sheets.** In: FAO

*Fisheries and Aquaculture Department.* Rome: FAO, 2005.

BRAGANTE, A. G. **Desenvolvendo Produto Alimentício – Conceitos e Metodologia.** São Paulo, Brasil, 2014.

BRASIL, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 12 de 02 de janeiro de 2001 que aprova o Regulamento Técnico sobre Padrões Microbiológicos para Alimentos**, Diário Oficial da União. Brasília – DF, 2001.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA. **Instrução Normativa 62 de 26 de agosto de 2003 que oficializa os métodos analíticos para análises microbiológicas para controle de produtos de origem animal e água**, Diário Oficial da União. Brasília-DF, p. 14-18, 2003.

COUSIN, M. A.; JAY, J. M.; VASAVADA, P.C. Psychrotrophic microorganisms. In: Dowens, F. P. & Ito, K. (Eds.), **Compendium of Methods for the Microbiological Examination of foods** (159- 164). Washington: American Public Health Association (APHA), 2001.

International Commission on Microbiological Specifications for Foods. (1986). Microorganisms in foods.2. **Sampling for microbiological analysis: Principles and specific applications** (2d ed.). Oxford: Blackwell Scientific Publications.

PEDROSA-MENABRITO, A.; REGENSTEIN, J. M. **Shelf-life extension of fresh fish – a review. Part I – Spoilage of fish.** J. Food Qual., v. 11, p. 117-127, 1988.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. A.; TANIWAKI, M. H.; SANTOS, R. F. S.; GOMES, R. A. R. **Manual de Métodos de Análise Microbiológica de Alimentos e Água**, Ed. Varela, 2010.

VALENTI, W.C.; POLI,C.R.; PEREIRA, J.A. **Aquicultura no Brasil: bases para desenvolvimento sustentável.** Ministério da Ciência e Tecnologia. Brasília, 2000, 399p.

## CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DE POLPAS DE ABACAXI COM HORTELÃ DESENVOLVIDAS PARA FINS COMERCIAIS

Data de aceite: 12/05/2020

Data de submissão: 12/02/2020

### **Kataryne Árabe Rimá de Oliveira**

Programa de Pós-graduação em Ciências da

Nutrição, Universidade Federal da Paraíba,

João Pessoa - PB.

<http://lattes.cnpq.br/4590946779425834>

### **Edlane Cassimiro Alves dos Santos**

Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias,

Universidade Federal da Paraíba - Campus III,

Bananeiras - PB.

<http://lattes.cnpq.br/4705035361939146>

### **Amanda Marília da Silva Sant'Ana**

Departamento de Gestão e Tecnologia

Agroindustrial, Centro de Ciências Humanas,

Sociais e Agrárias, Universidade Federal da

Paraíba - Campus III,

Bananeiras - PB.

<http://lattes.cnpq.br/4399682000529836>

### **Catherine Teixeira de Carvalho**

Departamento de Gestão e Tecnologia

Agroindustrial, Centro de Ciências Humanas,

Sociais e Agrárias, Universidade Federal da

Paraíba - Campus III,

Bananeiras - PB.

<http://lattes.cnpq.br/1312232655027036>

### **Isabelle de Lima Brito**

Departamento de Gestão e Tecnologia

Agroindustrial, Centro de Ciências Humanas,

Sociais e Agrárias, Universidade Federal da

Paraíba - Campus III, Bananeiras - PB.

<http://lattes.cnpq.br/1470879518904283>

### **Maiara da Costa Lima**

Programa de Pós-graduação em Ciências da Nutrição, Universidade Federal da Paraíba,

João Pessoa - PB.

<http://lattes.cnpq.br/9707292692179211>

### **Sônia Paula Alexandrino de Oliveira**

Laboratório de Microbiologia e Bioquímica dos Alimentos, Departamento de Nutrição,

Universidade Federal da Paraíba,

João Pessoa - PB.

<http://lattes.cnpq.br/8831321815766942>

**RESUMO:** Devido à demanda crescente por alimentos mais saudáveis e práticos surgiram no mercado às polpas de frutas mistas com adição de frutas e hortaliças. Nesse contexto, o objetivo do estudo foi elaborar uma polpa mista de abacaxi com hortelã, e caracterizar os parâmetros de qualidade, visando sua comercialização. Foram testadas três diferentes proporções para formulação das polpas (3%, 5% e 7% de folhas de hortelã). Em seguida foram realizadas análises físico-químicas e microbiológicas de cada formulação. Em relação aos parâmetros físico-químicos (sólidos solúveis, acidez titulável, pH, açúcares totais, açúcares redutores, atividade de água,

umidade e cinzas) todas as formulações apresentaram valores satisfatórios dentro dos estabelecidos para polpas simples de frutas (abacaxi), ou ficaram próximos aos encontrados em polpas mistas anteriormente avaliadas. Valores encontrados para os parâmetros de cor mostram uma variação de amarelo esverdeada. Para as análises microbiológicas de coliformes totais; coliformes termotolerantes; bolores e leveduras e *Salmonella* sp., os resultados obtidos apresentaram diferenças em relação aos padrões estabelecido pela legislação. Dessa forma o processamento para obtenção das polpas de abacaxi com diferentes concentrações de hortelã ocorreu de forma satisfatória, podendo-se então utilizar de níveis de hortelã com melhor aceitação sensorial.

**PALAVRAS-CHAVE:** Polpas de fruta, formulações, parâmetros de qualidade.

## PHYSICAL-CHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL CHARACTERIZATION OF PINEAPPLE PULP WITH MINT DEVELOPED FOR COMMERCE

**ABSTRACT:** In order to the growing demand for healthier and more practical foods, mixed fruit pulps with added vegetables appeared on the market. In this context, the objective of this study was to formulate a mixed pineapple and mint pulp, and to characterize the quality parameters, for at their commercialization. Three different proportions of mint leaves for pulp formulation were tested (3%, 5% and 7%). Physical-chemical and microbiological analysis were performed on each formulation. Regarding the physical-chemical parameters (soluble solids, titratable acidity, pH, total sugars, reducing sugars, water, moisture and ash activity) all formulations showed satisfactory values, within those established for simple fruit pulps (pineapple), or those previously describe in mixed pulps. Values describe for the color parameters show a variation of greenish yellow. For microbiological analyzes of total coliforms; thermotolerant coliforms; molds and yeasts and *Salmonella* sp., the results obtained showed variations in relation to the standards established by the legislation. In this way, the processing to obtain pineapple pulps with different concentrations of peppermint occurred satisfactorily, being possible to use mint levels with better sensory acceptance.

**KEYWORDS:** Fruit pulps, formulation, quality parameters.

## 1 | INTRODUÇÃO

Com o nome científico de *Ananas comosus* (L.) Merril, o abacaxi seguramente, é uma das frutas tropicais mais populares do mundo, caracterizando-se com perfume forte e sabor variado (DOSSA e FUCHS, 2017). Apresenta-se como uma das três principais frutas de produção e consumo na fruticultura nacional, ficando concentrada, principalmente na região Nordeste e Norte do país (ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2017). No Nordeste, o destaque é para o estado da Paraíba, principal produtor do território brasileiro (ANUÁRIO BRASILEIRO DE

O abacaxi é uma fruta cujo valor nutritivo se resume, praticamente, ao seu valor energético, devido a sua composição de açúcares. Quanto à composição química, apresenta sólidos solúveis totais de 13,8 °Brix e acidez total titulável de 0,58 g / 100 g (RAMOS et al., 2008). Merece destaque, o fato de que o abacaxi, pela sua atividade proteolítica, se constitui em coadjuvante da digestão dos alimentos, ao mesmo tempo em que é matéria-prima para a extração da enzima bromelina, de larga aplicação na indústria de alimentos (CRESTANI et al., 2010). Além dessa aplicação, a fruta que pode ser consumida *in natura*, aparece como ingrediente principal na formulação de variados produtos, a citar doces, compotas e as polpas de fruta.

De acordo com Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), polpas de frutas são produtos não fermentados, não concentrados, não diluídos, obtidos da parte comestível de frutos polposos, por processo tecnológico adequado, com teor mínimo de sólidos totais. Quando originadas de duas ou mais frutas são classificadas como mistas (BRASIL, 2000). Mas, tendo em vista a inovação no mercado das polpas de frutas congeladas, em 2009, o MAPA, lançou uma nova instrução normativa que permite à adição também de vegetais nas formulações de polpas mistas (SANTOS, 2017).

Com relevância as polpas mistas, tem-se buscado produzir as misturas que se tornaram populares, como abacaxi com hortelã. A hortelã da folha miúda possui nome científico *Mentha piperita* L., mas também ficou conhecida como hortelã-pimenta ou menta. É uma planta aromática, semiereta, com ramos de cor verde escura a roxa purpúrea, folhas elípticas e acuminadas (LORENZI, 2008). É explorada visando suas propriedades medicinais (antioxidantes, antimicrobianas), mas sua utilização na indústria de alimentos ocorre principalmente, como agente aromatizante para alimentos e bebidas (DIAS; SOUZA; ALSINA, 2012).

Em relação ao hábito do consumo de sucos de polpas de frutas e hortaliças processadas esse têm aumentado motivado pela praticidade, conveniência e sabor, além da conscientização da população da escolha por alimentos saudáveis. De acordo com Monteiro (2009), os produtos agrícolas como frutas e hortaliças são importantes na alimentação humana e constituem boa fonte de carboidratos, incluindo fibras, minerais e vitaminas.

Visando atingir esse crescente de mercado, indústrias de pequeno porte buscam por inovação em suas linhas de produção. No entanto, para que um produto seja lançado, esse deve ser caracterizado, para garantia do consumidor final. Com isso o objetivo do presente estudo foi elaborar uma polpa de abacaxi com hortelã, e caracterizá-la nos parâmetros físico-químicos e microbiológicos, visando sua comercialização no município de Bananeiras - Paraíba.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Processamento da polpa

O processamento para obtenção da polpa de abacaxi com hortelã foi realizado em uma pequena fábrica de polpas de frutas da cidade de Bananeiras - PB. As matérias-primas alimentícias (abacaxi pérola e folhas frescas de hortelã-pimenta) foram adquiridas na feira livre da cidade e o ponto de maturação escolhido do abacaxi foi baseado na coloração da casca/ características externas (colorido, com mais de 40% da área da casca amarela) (REINHARDT, 2004). Antes do processamento, todas as frutas e folhas foram higienizadas com água e detergente, sanitizadas por meio de imersão em solução de hipoclorito de sódio (diluição 200 ppm) durante 15 minutos, lavadas novamente com água corrente, e deixadas para secar. Ressalta-se que a água utilizada para todo processamento foi a de abastecimento da fabrica.

Os frutos higienizados foram pesados em balança semi-analítica, e em seguida tiveram as regiões do pedúnculo e do ápice removidas manualmente com auxílio de faca inox. A porção da fruta obtida foi processada com auxílio de uma despolpadora, ficando armazenada em cilo de inox até extração total. Durante esse processo foi feita a Trituração das folhas da hortelã. Seguindo o fluxo do processamento as amostras foram homogeneizados/misturadas; padronizadas (em quantidades específicas), envasadas (em sacos plásticos) e acondicionadas a 18 °C.

Após o processamento as polpas foram analisadas (físico-química e microbiológica). Destaca-se que foram testadas três diferentes proporções de hortelã para formulação das polpas, ou seja, em cada 100 g de polpa de abacaxi pérola, foram acrescentados 3%, 5% e 7% respectivamente de folhas de hortelã. Essa concentrações foram selecionadas com base nas formulações propostas por Miranda et al. (2015).

### 2.2 Avaliação dos parâmetros físico-químicos

As análises de caracterização dos parâmetros físico-químicos foram desenvolvidas no Laboratório de Físico-Química do Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, Campos III, conforme descrição a seguir:

- pH: processo eletrométrico empregando potenciômetro com eletrodo de vidro combinado (Modelo PHS-3E, marca ION), que permite a determinação direta do pH (pHmetro) (IAL, 2008).
- Acidez Titulável (AT): determinada por titulação com NaOH padronizado 0,1 M na presença de fenolftaleína como indicador de modificação de pH e os resultados expressos em gramas de ácido cítrico, por 100 g do produto final (IAL, 2008).

- Sólidos Solúveis (SS): determinados por meio da leitura em refratômetro de bancada digital Modelo digital Milwaukee MA871 e os resultados expressos como °Brix (IAL, 2008).
- Umidade: gravimetria em estufa convencional a 105 °C até peso constante com os resultados expressos em umidade (%) (IAL, 2008).
- Cinzas totais: gravimetria, mediante incineração da amostra em mufla a 550 °C até obtenção de cinzas clara (IAL, 2008).
- Açucares Redutores e totais: determinado através do método titulométrico de oxirredução de Eynon-Lane utilizando soluções de e Fehling A e B e a amostra como agente titulante (com visualização de um precipitado vermelho) (IAL, 2008).
- Cor: aferida em diferentes pontos da amostra utilizando colorímetro Delta Vista d.8 com determinação dos valores pelo sistema CIELab: L\* (0: escuro, 100: branco), a\* (valor negativo: verde, valor positivo: vermelho) e b\* (valor negativo: azul, valor positivo: amarelo), além da determinação do C\* (croma) e Ângulo de tonalidade (ângulo hue) de acordo a Comissão Internacional de Iluminação (CIE, 1986).

### 2.3 Avaliação dos parâmetros microbiológicos

As análises microbiológicas para a avaliação dos parâmetros higiênico-sanitários das polpas foram realizadas no Laboratório de Microbiologia do Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, Campos III, e consistiram de:

- Coliformes totais e termotolerantes: realizado a partir da técnica de Número Mais Provável (NMP) com séries de três tubos de Caldo lactose para análise presuntiva e em Caldo Bile Verde Brilhante, para o teste confirmatório a  $35 \pm 1^\circ \text{C}$  - 24/48 h. Também foi realizado o teste de diferenciação para coliformes a termotolerante, no qual foi utilizado o Caldo EC (Caldo *Escherichia coli*) a  $44,5\text{--}45^\circ \text{C}$  em banho-maria /24 h (ICMSF, 2002).
- *Salmonella* sp.: através do método clássico de contagem padrão em placas, determinando-se o número de Unidades Formadoras de Colônias (UFC), sendo realizado em ágar *Salmonella-Shigella* (SS), inoculados em estrias e incubados a  $35\text{--}37^\circ \text{C}$ , por 24 h (APHA, 2007).
- Bolores e Leveduras: realizado pelo método de contagem padrão em placas. O meio de cultura foi Ágar Sabouraud fundido, com período de incubação de cinco dias a  $25 \pm 1^\circ \text{C}$ .

Os resultados obtidos nas análises microbiológicas foram comparados com os limites estabelecidos pela Resolução RDC N° 12/ 2001 da ANVISA/MS (BRASIL, 2001).

### 2.4 Análises estatísticas

As análises da avaliação dos parâmetros gerais de qualidade foram realizadas em triplicata e todos os resultados foram expressos como os valores médios dos

dados obtidos. As análises estatísticas foram realizadas utilizando estatística descritiva (média e desvio padrão) e inferencial (testes ANOVA, seguido pelo teste de Tukey) para determinar diferenças ( $p \leq 0,05$ ) entre os resultados obtidos, utilizando o software Sigma Stat. 3.5.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Parâmetros físico-químicos

Na Tabela 1 estão apresentados os valores médios dos parâmetros de qualidade físico-químicos analisados para cada polpa de abacaxi elaborada com as diferentes proporções da folha de hortelã.

Formul.	Umid.	Cinzas (%)	$A_w$	pH	°Brix	AT (g/100g)	AT	ATR
Abacaxi + Hortelã (3%)	88,71 ( $\pm 0,62$ ) <sup>a</sup>	0,16 ( $\pm 0,03$ ) <sup>ab</sup>	0,97 ( $\pm 0,01$ ) <sup>a</sup>	3,92 ( $\pm 0,03$ ) <sup>a</sup>	13,4 ( $\pm 0,20$ ) <sup>a</sup>	0,63 ( $\pm 0,01$ ) <sup>a</sup>	2,72 ( $\pm 0,2$ ) <sup>b</sup>	0,94 ( $\pm 0,02$ ) <sup>a</sup>
Abacaxi + Hortelã (5%)	86,59 ( $\pm 2,05$ ) <sup>a</sup>	0,21 ( $\pm 0,03$ ) <sup>a</sup>	0,97 ( $\pm 0,01$ ) <sup>a</sup>	3,59 ( $\pm 0,01$ ) <sup>b</sup>	13,2 ( $\pm 0,20$ ) <sup>a</sup>	0,78 ( $\pm 0,04$ ) <sup>b</sup>	3,39 ( $\pm 0,15$ ) <sup>a</sup>	1,24 ( $\pm 0,14$ ) <sup>a</sup>
Abacaxi + Hortelã (7%)	88,51 ( $\pm 0,47$ ) <sup>a</sup>	0,13 ( $\pm 0,01$ ) <sup>b</sup>	0,94 ( $\pm 0,03$ ) <sup>a</sup>	4,01 ( $\pm 0,04$ ) <sup>a</sup>	13,4 ( $\pm 0,10$ ) <sup>a</sup>	0,71 ( $\pm 0,03$ ) <sup>b</sup>	3,05 ( $\pm 0,13$ ) <sup>ab</sup>	0,97 ( $\pm 0,08$ ) <sup>a</sup>

Tabela 1. Caracterização dos parâmetros físico-químicos das polpas de abacaxi elaboradas com diferentes concentrações de hortelã.

\*Formu.: Formulações; Umid.: umidade;  $A_w$ : Atividade de água; AT (g/100g): Acidez Titulável (grama ácido cítrico por 100 gramas de polpa); AT: Açúcares totais; ATR: Açúcares redutores totais.

<sup>a-b</sup>: Valores médios ( $\pm$  desvio padrão) na mesma coluna com diferentes letras minúsculas subscritas são significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ ), com base no teste de Tukey.

Essas polpas (formulações mistas) não possuem legislação específica com Padrões de Identidade e Qualidade fixadas pelo Ministério da Agricultura e do Abastecimento (MAPA). Na Instrução Normativa nº 01, de 7 de janeiro de 2000 encontra-se os valores fixados para polpas simples, obtidas a partir de uma única fruta, como a polpa de abacaxi. Dessa forma esses valores foram utilizados para nortear a discussão desses resultados obtidos.

A umidade (%) foi semelhante para todas as formulações, apresentando-se dentro dos valores permitidos para polpa de frutas que é de mínimo 86,5% (BRASIL, 2000). Isso corroborou com os valores de atividade de água das polpas (*in natura*) que também não diferiram ( $p < 0,05$ ) e se enquadram na faixa de 0,93-

0,98 estabelecida por Ferreira (2012) para suco de frutas em geral.

Para conteúdo de cinzas, foi observada uma variação de 0,13 a 0,21%, não sendo verificado valor máximo ou mínimo para esse parâmetro em polpas de frutas conforme legislação (BRASIL, 2000). Ressalta-se que as cinzas obtidas não têm necessariamente a mesma composição que a matéria mineral presente originalmente no alimento, pois pode haver perda por volatilização ou alguma interação entre os constituintes da amostra (CECCHI, 2003).

Em relação à acidez titulável, as polpas com proporção de 3% apresentaram os menores valores (0,63g/100g) e as polpas com proporção de 5% os mais elevados (0,78g/100g). Tais resultados foram maiores do que os encontrados por Moises et al. (2016) para polpas de abacaxi com hortelã (0,42g/100g). Essas diferenças nos teores de acidez podem estar relacionadas, possivelmente, com o estado de maturação dos frutos utilizados, que interferem no quantitativo de ácidos orgânicos disponibilizados como substratos para metabolismo (FONSECA, 2012).

Em estudos que avaliaram aspectos físico-químicos de polpas de frutas, o valor de pH da polpa de abacaxi variou entre de 3,50 – 3,73 (FONSECA, 2012). Tais valores se assemelham aos resultados de pH das polpas de abacaxi com hortelã obtidos neste trabalho. Dessa forma é perceptível que ervas aromáticas como hortelã não são capazes de alterar gradualmente os valores de pH das polpas, que assemelham-se aos obtidos em formulações simples de abacaxi.

Os resultados obtidos para teor de sólidos solúveis não diferiram estatisticamente e de acordo com o mínimo estabelecido pela legislação para polpa de abacaxi (11 °Brix) encontram-se adequados (BRASIL, 2000). Honorato et al. (2015) também avaliaram o teor de sólidos solúveis, mas apenas de polpas de abacaxi de duas marcas comercializadas em Petrolina, obtendo valores semelhantes aos encontrados nesse trabalho (13,66 e 11,74 °Brix). Ressalta-se que não foram encontrados estudos com análise desse parâmetro em polpa de abacaxi com hortelã.

Quanto aos açúcares totais todos os valores ficaram abaixo dos valores máximos (15g/100g) fixados pela legislação brasileira (BRASIL, 2000) para polpas simples de abacaxi. Para açúcares redutores os valores ficaram próximos aos encontrado por Lima et al. (2015), que observaram que em polpas de abacaxi com hortelã, a quantidade de 1,50g/100 g. Além dos parâmetros gerais de qualidade físico-química, também foram analisados parâmetros de cor que estão apresentados na Tabela 2.

Formulações	L	a*	b*	C*	H°
Abacaxi + Hortelã (3%)	25,27 (±0,04) <sup>a</sup>	5,82 (±0,12) <sup>a</sup>	15,14 (±0,06) <sup>a</sup>	16,22 (±0,09) <sup>a</sup>	111,03 (±0,36) <sup>a</sup>
Abacaxi + Hortelã (5%)	24,28 (±0,06) <sup>b</sup>	5,77 (±0,13) <sup>a</sup>	13,45 (±0,03) <sup>b</sup>	14,63 (±0,06) <sup>a</sup>	113,21 (±0,47) <sup>a</sup>
Abacaxi + Hortelã (7%)	22,26 (±0,03) <sup>c</sup>	5,83 (±0,05) <sup>a</sup>	12,76 (±0,03) <sup>c</sup>	14,03 (±0,06) <sup>a</sup>	114,56 (±0,16) <sup>a</sup>

Tabela 2. Parâmetros de cor das polpas de abacaxi elaboradas com diferentes concentrações de hortelã.

<sup>a-c</sup>: Os valores médios na mesma coluna com diferentes letras minúsculas são significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ ), com base no de Tukey).

Considerando que a legislação regulamenta apenas os aspectos visuais da cor da polpa da fruta, as amostras avaliadas apresentaram-se de acordo com o estabelecido pela Instrução Normativa nº 1/ 2000 (BRASIL, 2000). Os valores de b\* positivos e maiores que os de a\* (que representam coloração avermelhada) indicam presença do componente de cor amarela, sendo observados os maiores valores nas polpas com menor concentração de hortelã. A característica mais amarelada dessa formulação (3%), também elevaram os valores de C\* (parâmetro relativo a intensidade da cor). °Hue indica a tonalidade da cor, variando de 0° (vermelho), 90° (amarelo), 180° (verde) e 360° (azul), dessa forma os valores encontrados mostram a variação encontrada de amarelo esverdeada (aumentadas de acordo com a concentração de hortelã – pigmento clorofila).

### 3.2 Parâmetros microbiológicos

Os resultados obtidos após a avaliação dos diferentes microrganismos indicadores de qualidade nas amostras de polpas de abacaxi com hortelã em diferentes proporções estão demonstrados na Tabela 3. Resolução existente para o controle de qualidade das polpas de frutas aborda limites microbiológicos para bolores e leveduras, coliformes fecais e *Salmonela*, que foram investigados nesse estudo (BRASIL, 2001).

Formulações	Coliformes totais	Coliformes termotolerantes	Bolores e leveduras	<i>Salmonella</i> sp.
Abacaxi + Hortelã (3%)	6,1 NMP/g	<3,0 NMP/g	$3,54 \times 10^4$ UFC/g	Ausente
Abacaxi + Hortelã (5%)	20,0 NMP/g	11,0 NMP/g	$4,93 \times 10^3$ UFC/g	Ausente
Abacaxi + Hortelã (7%)	93,0NMP/g	<3,0 NMP/g	$2,66 \times 10^4$ UFC/g	Ausente

Tabela 3. Características microbiológicas de polpas de abacaxi elaboradas com diferentes concentrações de hortelã.

\* UFC: Unidades Formadoras de Colônias; NMP: Número Mais Provável.

Entre os valores médios de bolores e leveduras encontrados, duas das formulações (3 e 7%) apresentaram-se acima do padrão de 5 x 103 UFC/g estabelecido pela legislação para polpas de frutas, e apenas a com proporção 5% (4,93 x 103) ficou dentro dos parâmetros. Em outro estudo que avaliou a qualidade microbiológica de variadas marcas de polpas simples de abacaxi, foram também observados valores que divergiram da legislação nesse parâmetro (SANTOS; FIGUEIREDO NETO; DONZELI, 2016). Esses microrganismos, quando em superfícies de equipamentos como os utilizados no processamento de polpas, podem apresentar resistência aos agentes de sanitização, sendo necessária uma assepsia mais rigorosa (PENTEADO; CASTRO; REZENDE, 2014).

Todas as amostras analisadas apresentaram valores positivos de coliformes totais, no entanto na diferenciação para coliformes termotolerantes, apenas a amostra com proporção de 5% foi positivo, mas com números que não ultrapassaram o padrão estabelecido pela RDC nº 12/2001 (BRASIL, 2001). No entanto, quando comparados aos valores referenciados pela Instrução Normativa nº 1/2000, esses foram superiores, ao limite estabelecido de 1 NMP/g (BRASIL, 2000). É importante ressaltar que NMP de coliformes termotolerantes foi analisado através da tabela de BLODGETT (2006) e o não crescimento desse microrganismo é apresentado como “menor que 3”, por isso considerou-se que as formulações 3% e 7% estavam dentro do padrão tolerado. Esse tipo de contaminação pode ocorrer devido a condições higiênico-sanitárias inadequadas da água ou matéria-prima utilizada (SCHERER et al., 2016). Sendo aconselhada a adoção das práticas estabelecidas pelo regulamento técnico de boas práticas para serviços de alimentação da ANVISA - RDC nº 216 (BRASIL, 2004).

Quanto a análise de *Salmonella* sp., esta apresentou-se conforme a legislação que estabelece Ausência para cada 25 g de amostra avaliada. Os valores baixos de pH, podem contribuir sensivelmente para a ausência de bactérias como a *Salmonella* sp., uma vez que sua metabolismo acontece apenas em pH próximo a neutralidade (CASTRO et al, 2015).

## 4 | CONCLUSÕES

O processamento para obtenção das polpas de abacaxi com diferentes concentrações de hortelã ocorreu de forma adequada com características físico-químicas satisfatórias que não sofreram influência com a modificação das proporções, podendo-se então utilizar de níveis de hortelã com melhor aceitação sensorial.

Quanto aos parâmetros microbiológicos, embora algumas formulações apresentarem divergido dos limites adequados, essas análises serviram para

demonstrar a necessidade de um controle higiênico-sanitário mais rigoroso. Nota-se, ainda, a carência de padronização de valores para polpas mistas.

## REFERÊNCIAS

**ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA.** Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2017. 88 p.

APHA, Método da American Public Health Association. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água.** 3<sup>a</sup>. ed. São Paulo: Logomarca Varela, 2007.

BLODGETT, R. **Appendix 2 – Most Probable Number from Serial Dilutions.** In: US food and drug administration (FDA). Bacteriological Analytical Manual Online, 2006.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária- ANVISA. Resolução Anvisa/ MS RDC N° 216, de 15 setembro de 2004. Dispõe sobre o regulamento técnico de procedimentos de boas Práticas para serviço de alimentação, garantindo as condições higiênico-sanitárias do alimento preparado. **Diário Oficial da União, Brasília**, 17 setembro de 2004.

BRASIL. Instrução Normativa nº 1, de 7 jan. 2000, do Ministério da Agricultura. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, n. 6, 10 jan. 2000. Seção I, p. 54-58. Aprova os Regulamentos Técnicos para fixação dos padrões de identidade e qualidade para polpas e sucos de frutas,

BRASIL. Ministério da Saúde. Resolução RDC nº 12, de 02 de Janeiro de 2001. Regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 02 de jan. 2001. Seção 1, p. 45-53.

CASTRO, T. M. N. et al. **Parâmetros de qualidade de polpas de frutas congeladas.** Revista do Instituto Adolfo Lutz, v. 74, p. 426-36, dez. 2015.

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos.** 2<sup>º</sup> Ed. rev., Campinas - SP, Editora da UNICAMP, 2003. p. 202.

CIE - Commission Internationale de l'Éclairage. **Colourimetry, second ed. CIE Publication**, Vienna, 1986.

CRESTANI, M. et al. **Das Américas para o Mundo- Origem, Domesticação e Dispersão do Abacaxizeiro.** Ciência Rural, v.40, p. 1473-1483, jun. 2010.

DIAS, R.A.L.; SOUZA, P.S.S.; ALSINA, O.L.S. **Efeito da temperatura de secagem sobre o rendimento na extração de taninos totais e óleos essenciais da hortelã (*Mentha x vilosa* Hudson).** Revista Brasileira de farmácia, v. 93, p. 431-438, jun. 2012.

DOSSA, D.; FUCHS, F. **Abacaxi: Produção, Mercado e Preços na CEASA-PR.** Informe Técnico 01, set. 2017.

FERREIRA, C. L. P. **Tecnologia de alimentos de origem animal.** Centro Federal de Educação Tecnológica de Mato Grosso. Cuiabá, - MT: Editora, 2012. 62 p.

IAL - INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos.** 4a Ed. Brasília, Ministério da Saúde, 2005. 1018 p,

FONSECA, P. A. Q. **Analises físico-químicas de polpas de frutas e avaliação dos seus padrões**

**de identidade e qualidade.** Dissertação (Mestrado em Química), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal - RN, 2012. 62 p.

HONORATO, A. C. et al. **Physico chemical parameters of fruit pulps produced in Petrolina - PE.** Revista Verde, v. 10, p. 1-5, out./dez. 2015.

International Commission on Microbiological Specifications for Foods (ICMSF). Microorganisms in Foods 7. Microbiological Testing in Food Safety. Management Toronto: University of Toronto Press, 2002.

LIMA, T.L.S. et al. **Avaliação da composição físico-química de polpas de frutas comercializadas em cinco cidades do Alto Sertão paraibano.** Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, v.10, p. 49-55, abr./jun. 2015.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: Manual de Identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas Nativas do Brasil.** Nova Odessa, SP: Editora Plantarum, 2008. v 1. Ed.: 5, 98p.

MIRANDA, D.S.A. et al. **Elaboração e caracterização de néctar de abacaxi pérola adoçado com glucose de milho.** Revista Agropecuária Técnica, v. 36, p. 82 -87, mar. 2015.

MONTEIRO, B.A. **Valor nutricional de partes convencionais e não convencionais de frutas e hortaliças.** Dissertação (Mestrado em Ciências Agronômicas), Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio De Mesquita Filho”, Botucatu - SP, 2009. 68 p.

PENTEADO, A.L.; CASTRO, M.F.P.M.; REZENDE, A.C.B. **Salmonella entérica serovar Enteritidis and Listeria monocytogenes in mango (*Mangifera indica* L.) pulp: growth, survival and crosscontamination.** Journal of the Science of Food and Agriculture, v. 94, p. 2746-2751, mar. 2014.

RAMOS, A.M. et al. **Efeito do Tipo de Embalagem e do Tempo de Armazenamento nas Qualidades físico-química e Microbiológica de Abacaxi Desidratado.** Alimentos e Nutrição Araraquara, v. 19, p. 259-269, jul./set. 2008.

REINHARDT, D.H. et al. **Gradientes de Qualidade em Abacaxi Pérola em Função do Tamanho e do Estádio de Maturação do Fruto.** Revista Brasileira de Fruticultura; Jaboticabal-SP, v. 26, p. 544-546, dez. 2004.

SANTOS, B. N. M. **Avaliação da qualidade físico-química de polpas de frutas mistas congeladas.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Nutrição), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN, 2017. 46 p.

SANTOS, E. H. F.; FIGUEIREDO NETO, A.; DONZELI, V. P. **Aspectos Físico-Químico e Microbiológicos de Polpas de Fruta Comercializadas em Petrolina (PE) e Juazeiro (BA).** Brazilian Journal of Food Technology, v. 19, p. e2015089, ago. 2016.

SCHERER, K. et al. **Avaliação bacteriológica e físico-química de águas de irrigação, solo e alface (*Lactuca sativa* L.).** Revista Ambiente & Água [online]. v. 11, p. 665-675, jul./set. 2016.

## MÉTODOS DE CONTROLE DE ESCURECIMENTO ENZIMÁTICO EM BATATA (*Solanum tuberosum*)

Data de aceite: 12/05/2020

Data de submissão: 24/01/2020

### **Anderson Sena**

Instituto Federal de educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, Curso Superior de Tecnologia em Agroindústria, Porto Seguro – BA.

<http://lattes.cnpq.br/0249443446234429>

**Aretthuzza Caiado Fraga Giacomin**  
Instituto Federal de educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, Curso Superior de Tecnologia em Agroindústria, Porto Seguro – BA.

<http://lattes.cnpq.br/3428265706205507>

### **Douglas Martins Menezes**

Instituto Federal de educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, Curso Superior de Tecnologia em Agroindústria, Porto Seguro – BA.

<http://lattes.cnpq.br/4593530896093433>

### **Iure Tavares Rezende**

Instituto Federal de educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, Curso Superior de Tecnologia em Agroindústria, Porto Seguro – BA.

### **Marcos Vinicius Ferreira Neves**

Instituto Federal de educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, Curso Superior de Tecnologia em Agroindústria, Porto Seguro – BA.

### **Marcus Andrade Wanderley Junior**

Instituto Federal de educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, Departamento de Ensino – DEPEN, Porto Seguro – BA.

<http://lattes.cnpq.br/3985707901946040>

### **Priscilla Macedo Lima Andrade**

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia da Bahia, Departamento de Ensino - DEPEN, Porto Seguro – BA.

<http://lattes.cnpq.br/3428265706205507>

**RESUMO:** Objetivou-se com o presente trabalho verificar o efeito de métodos físicos e químicos no controle do escurecimento enzimático e nas características físico-químicas de batatas. Batatas da variedade inglesa (*Solanum tuberosum*), descascadas e com formato retangular (1,5x1,5x4,0 cm) foram aleatoriamente submetidas a quatro tratamentos: controle (C), branqueamento por imersão em água fervente por 2 minutos (B), revestimento com solução de amido de milho a 2% (R) e imersão em solução de ácido cítrico a 1% (A) por 1 minuto. Após, congeladas por 6 dias e analisadas quanto ao pH, acidez total (%), sólidos solúveis totais - SST (°Brix) e análise visual da cor. Dos métodos avaliados, o

branqueamento (B) e a imersão em ácido cítrico (A) foram os mais eficientes no controle do escurecimento enzimático. Não houve variações expressivas nos parâmetros físico-químicos entre os tratamentos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Batata, peroxidase, branqueamento, revestimento, ácido cítrico.

## METHODS FOR THE CONTROL OF ENZYMATIC DARKNESS IN POTATO (*Solanum tuberosum*)

**ABSTRACT:** The objective of this study was to verify the effect of physical and chemical methods in the control of enzymatic browning and in the physicochemical characteristics of potatoes. Potatoes of the English variety (*Solanum tuberosum*), peeled and rectangular (1.5x1.5x4.0 cm) were randomly subjected to four treatments: control (C), bleaching by immersion in boiling water for 2 minutes (B), coating with 2% corn starch solution (R) and immersion in 1% citric acid solution (A) for 1 minute. Afterwards, frozen for 6 days and analyzed for pH, total acidity (%), total soluble solids - SST (° Brix) and visual color analysis. Of the methods evaluated, bleaching (B) and immersion in citric acid (A) were the most efficient in controlling enzymatic browning. There were no significant variations in physical-chemical parameters between treatments.

**KEYWORDS:** Potato, peroxidase, bleaching, coating, citric acid.

### 1 | INTRODUÇÃO

A vida útil de frutas e vegetais pode ser restringida pelas injúrias fisiológicas decorrentes das operações de processamento mínimo, incluindo descascamento e corte, que prejudica a qualidade e consequentemente a comercialização desses alimentos. Um dos principais desafios ao processamento de batatas é a suscetibilidade dos tubérculos ao escurecimento enzimático (ERAT et al., 2006; PINELI et al., 2005).

O escurecimento enzimático ocorre devido à presença da enzima polifenoloxidase (PPO), um termo genérico utilizado para designar um grupo de enzimas que catalisam a oxidação de compostos fenólicos, produzindo pigmentos escuros em cortes ou superfícies danificadas de frutas e hortaliças (ARAÚJO, 2011). Os fatores mais importantes que influenciam o escurecimento enzimático são a concentração de PPO ativa e de compostos fenólicos, o pH, a temperatura e o oxigênio disponível no tecido vegetal (PINELI et al., 2005).

Alguns compostos antioxidantes naturais, como ácidos cítrico e ascórbico, têm a capacidade de reduzir as quinonas formadas pela ação das oxidases, desta forma, impedindo a formação dos produtos escurecidos, além de agirem como inibidores das enzimas oxidativas, através do abaixamento do pH (BEZERRA et al.,

2002). Outras possibilidades para o controle do escurecimento enzimático são o uso de películas comestíveis, como o amido, que atua como barreira ao contato do oxigênio com a enzima PPO (FRÁGUAS et al., 2015) e o branqueamento que causa a inativação térmica da enzima.

Apesar da existência de estudos sobre o controle de escurecimento enzimático em vegetais, poucos trabalhos trazem uma comparação de métodos distintos na conservação e manutenção da qualidade de batatas.

Nesse sentido, o presente trabalho tem por objetivo avaliar o efeito de métodos físicos e químicos no controle do escurecimento enzimático e nas características físico-químicas de batatas.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado nos Laboratórios de Processamento de Alimentos e Análises físico-químicas do Instituto Federal de Ciência e Tecnologia da Bahia - IFBA, Campus Porto Seguro.

Batatas da variedade inglesa (*Solanum tuberosum*) após lavagem, sanitização em água clorada a 150 ppm e enxágue, foram descascadas e cortadas em um fatiador de legumes, apresentando formato final retangular com dimensões aproximadas de 1,5x1,5x4,0 cm (Figura 1).

As amostras obtidas foram aleatoriamente distribuídas entre 4 tratamentos experimentais: controle (C), branqueamento por imersão em água fervente por 2 minutos (B), revestimento com solução de amido de milho a 2% (R) e imersão em solução de ácido cítrico a 1% (A) por 1 minuto; As amostras branqueadas foram de imediato analisadas quanto a eficiência do branqueamento pela análise qualitativa da presença da peroxidase, fazendo-se uso do guaiacol e peróxido de hidrogênio (ARAÚJO, 2011).



Figura 1. Formato retangular das amostras de batata após fatiamento.

Logo em seguida, as amostras foram acondicionadas em embalagens de polietileno, seladas, e submetidas a congelamento por 6 dias. Após, as amostras foram retiradas da embalagem e analisadas quanto ao pH, acidez total e sólidos solúveis totais (SST), de acordo com as normas do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008) e qualitativamente quanto a cor.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

O branqueamento (B) foi eficiente em inibir a peroxidase, uma vez que, quando comparada a amostra controle (C), não apresentou reação de coloração na presença do guaiacol e peróxido de hidrogênio (Figura 2). A coloração acastanhada é um indicativo de atividade da peroxidase (Araújo, 2011).

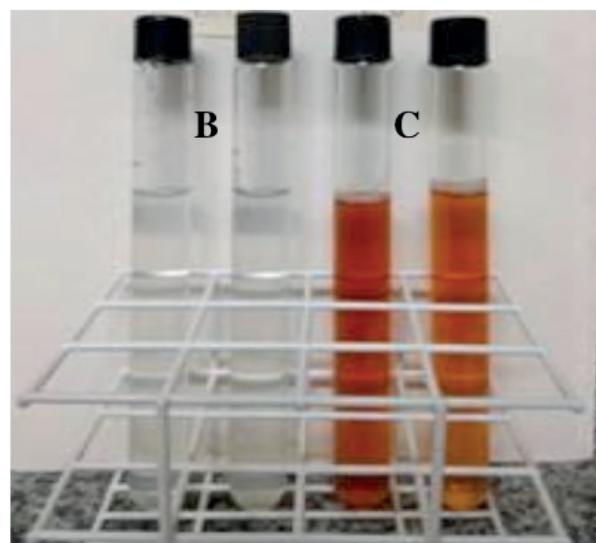


Figura 2. Análise qualitativa de indicação da presença da peroxidase nas amostras de batata controle (C) e branqueada (B).

Por ser uma das enzimas mais termoresistentes, a peroxidase, quando inativada, é um indicativo da inativação da polifenoloxidase. Tais enzimas são estando associadas ao escurecimento em tecidos vegetais (ARAÚJO, 2011).

Dos métodos avaliados, o branqueamento (B) e a imersão em ácido cítrico (A) foram os mais eficientes no controle do escurecimento enzimático. O revestimento de amido (R), apesar de minimizar o efeito do escurecimento enzimático, quando comparado ao controle (C), ainda assim, promoveu acentuado escurecimento enzimático (Figura 3).

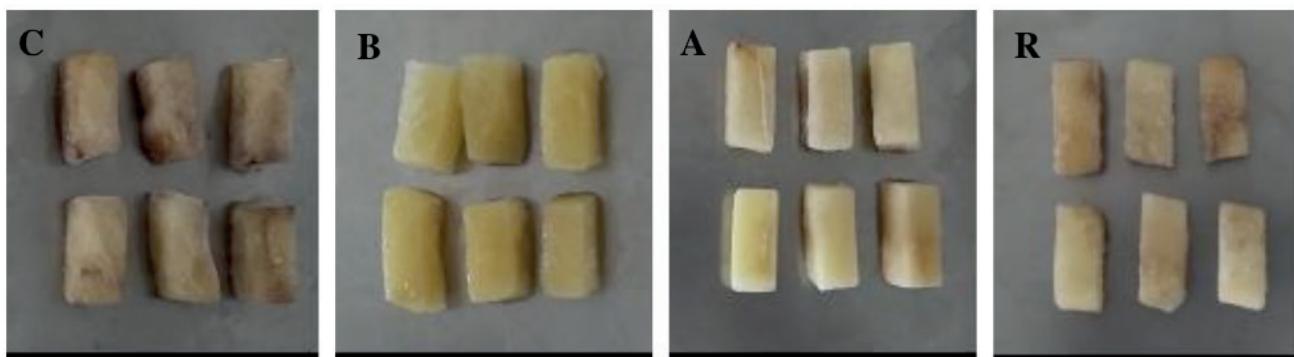


Figura 3. Análise visual das amostras de batatas controle (C) branqueadas (B), após imersão em ácido cítrico (A) e revestidas de amido (R), após 6 dias de estocagem sob congelamento.

O não escurecimento das amostras branqueadas já era esperado, tendo em vista a inativação da peroxidase (Figura 2) pelo tratamento térmico.

Por outro lado, o retardamento no escurecimento promovido pelo ácido cítrico deve-se, provavelmente, pelo abaixamento do pH do tecido, o que diminui a velocidade da reação do escurecimento. Todavia, comparado a outros ácidos, como o ascórbico e o mágico, o uso isolado do ácido cítrico não é muito efetivo no controle do escurecimento (ARAÚJO 2011; JUNQUEIRA et al., 2011), o que pode ser verificado pelo início do escurecimento das extremidades das batatas (Figura 3).

Os revestimentos atuam no controle do escurecimento enzimático por inibir a migração de oxigênio atmosférico aos tecidos (BOTREL et al. 2010). Todavia, o revestimento aplicado neste experimento parece não ter desenvolvido a camada necessária para o controle da troca gasosa.

Não houve variações expressivas nos parâmetros físico-químicos entre os tratamentos (Tabela 1). Todavia, uma pequena redução dos valores de pH foi observada nas amostras A e R, o que pode ter contribuído para retardar o escurecimento, quando comparado ao controle.

De acordo com Araújo (2011), o pH ótimo para atuação da Polifenoloxidase encontra-se entre 6 e 7, sendo a enzima inativada em valores abaixo de 4.

Tratamentos	Parâmetros Físico-Químicos		
	Ph	Acidez (%)	SST (°Brix)
C	6,3	3,1	3,1
B	6,1	3,5	3,3
A	5,7	3,3	3,3
R	5,7	3,2	2,8

Tabela 1. Parâmetros físico-químicos de amostras de batata submetidas a diferentes técnicas de controle do escurecimento enzimático, após 6 dias de congelamento.

C=controle; B=branqueamento; A=ácido cítrico; R=revestimento; SST=sólidos solúveis totais.

## 4 | CONCLUSÕES

O método físico de branqueamento por imersão foi o mais eficiente no controle do escurecimento enzimático de batatas, seguido pelo uso do ácido cítrico. Não foram observadas variações expressivas nos parâmetros físico-químicos entre os tratamentos.

## REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, J. M. A. **Química de Alimentos: teoria e prática**. 5. ed. Viçosa: UFV, 2011. 601p.
- BEZERRA, V. S.; PEREIRA, R. G. F. A.; CARVALHO, V. D.; VILELA, E. R. **Raízes de mandioca minimamente processadas: efeito do branqueamento na qualidade e na conservação**. Ciência Agropecuária, Lavras, v. 26, n. 3, p. 564-575, 2002.
- BOTREL, D. A.; SOARES, N. F. F.; CAMILLOTO, G. P.; FERNANDES, R. V. B. **Revestimento ativo de amido na conservação pós-colheita de pera Williams minimamente processada**. Ciência Rural, v.40, n.8, p.1814-1820, 2010.
- ERAT, M.; SAKIROGLU, H.; KUFREVIOGLU, O. I. **Purification and characterization of polyphenol oxidase from Ferula sp.** Food Chemistry, v. 95, n. 03, p. 503-508, 2006.
- FRAGUAS, R. M. et al. **Preparo e caracterização de filmes comestíveis de quitosana**. Polímeros [online]. 2015, vol.25, n.spe, pp.48-53.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ - IAL. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: IAL, 2008. 1020 p.
- JUNQUEIRA, M. S.; SOARES, N. F. F.; REIS, R. C.; CARNEIRO, J. D. S.; BENICIO, R. T.; YOKOTA, S. R. C. **Efeito de embalagens ativas no escurecimento enzimático de batatas (solanum tuberosum) fatiadas e minimamente processadas**. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 30, n. 3, p. 613-618, jul./set. 2009.
- PINELI, L.L.O.; MORETTI,C.L.; ALMEIDA, G.C.; NASCIMENTO, A.B.G.; ONUKI, A.C.A. **Associação de atmosfera modificada e antioxidantes reduz o escurecimento de batatas ‘Ágata’ minimamente processadas**. Horticultura Brasileira, Brasília, v.23, n.4, p.993-999, out-dez 2005.

## SOBRE O ORGANIZADOR

**JÚLIO CÉSAR RIBEIRO** - Doutor em Agronomia (Ciência do Solo) pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ); Mestre em Tecnologia Ambiental pela Universidade Federal Fluminense (UFF); Engenheiro-Agrônomo pela Universidade de Taubaté-SP (UNITAU); Técnico Agrícola pela Fundação ROGE-MG. Possui experiência na área de Agronomia com ênfase em ciclagem de nutrientes, nutrição mineral de plantas, cultivo em sistemas hidropônicos, fertilidade e poluição do solo, e tecnologia ambiental voltada para o aproveitamento de resíduos da indústria de energia na agricultura. E-mail para contato: [jcragronomo@gmail.com](mailto:jcragronomo@gmail.com)

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

- Abacaxi 96, 199, 200, 201, 202, 204, 205, 206, 207, 208, 209  
Agricultura familiar 126, 127, 128, 131, 132, 134  
Assistência técnica 129, 132, 135  
Atividade de água 90, 92, 93, 95, 96, 199, 204  
Atributos edáficos 27  
Atributos químicos 1, 5, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 20, 21, 24, 27, 29, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 38, 69, 72

### B

- Balanço hídrico 42  
Batata 31, 55, 129, 210, 211, 212, 213, 214  
Branqueamento 210, 211, 212, 213, 214, 215

### C

- Café 41, 109, 129, 132, 133, 142  
Cavalo 138, 141, 142, 147, 149, 153  
Cinética 15, 96, 98, 99, 102, 103, 104, 105, 106, 172, 176  
Comercialização Agrícola 126  
Composição multitemporal 181  
Comunidades rurais 132, 135

### D

- Desempenho agronômico 7, 67  
Distribuição espacial 77, 79

### E

- Equinos 136, 137, 138, 140, 141, 142, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153  
Escurecimento enzimático 210, 211, 212, 213, 214, 215  
Estabilização de fratura 154, 156, 159

### F

- Fauna 27, 28, 29, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 114  
Fertilidade natural 1, 2, 11  
Fertirrigação 51, 53, 54, 64, 65

## H

Hortaliças 65, 66, 67, 69, 72, 75, 76, 91, 96, 120, 121, 199, 201, 209, 211  
Hortelã 96, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 199, 200, 201, 202, 204, 205, 206, 207, 208

## I

Impactos Sociais 136  
Insetos 32, 83, 91, 109, 110, 113

## L

Lagarta do cartucho 77, 78, 79, 80, 81

## M

Mamão 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125  
Mata Atlântica 29, 30, 40, 107, 108, 110, 113, 114, 133, 183  
Material de origem 1  
Modelagem climática 162

## N

Nim 117, 119, 120, 121, 122, 123  
Nutrientes 2, 3, 6, 14, 15, 16, 17, 18, 22, 24, 25, 26, 28, 33, 34, 37, 40, 53, 54, 57, 60, 61, 64, 65, 66, 69, 71, 72, 216

## P

Pepineiro 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75  
Pimentão 51, 52, 53, 54, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65  
Plantas Espontâneas 67, 69, 70, 72, 74, 75  
Plantio Direto 11, 12, 29, 38, 67, 69, 72, 75  
Pólen 107, 108, 110, 111, 112, 113, 115  
Pós-colheita 7, 100, 117, 118, 119, 124, 125, 215  
Psicultura 192

## Q

Queimadas 181, 182, 183, 185, 186, 187, 188, 190, 191  
Quilombolas 126, 127, 128, 131

## R

Rochagem 14, 15, 16, 25, 26

## S

- Secagem 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 208  
Sensoriamento Remoto 171, 172, 180  
Sistemas de manejo 1, 12, 27  
Solos do cerrado 1, 6, 7, 8  
Superfície terrestre 171, 172, 173, 182

## T

- Teor Nutricional 51  
Textura do solo 2

Atena  
Editora  
**2 0 2 0**