

# IMPACTO, EXCELÊNCIA E PRODUTIVIDADE DAS CIÊNCIAS AGRÁRIAS NO BRASIL 4

---

JÚLIO CÉSAR RIBEIRO  
(ORGANIZADOR)



**Atena**  
Editora  
Ano 2020

# IMPACTO, EXCELÊNCIA E PRODUTIVIDADE DAS CIÊNCIAS AGRÁRIAS NO BRASIL 4

---

JÚLIO CÉSAR RIBEIRO  
(ORGANIZADOR)



**Atena**  
Editora  
Ano 2020

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Diagramação:** Natália Sandrini de Azevedo

**Edição de Arte:** 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. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima

Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões

Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros

Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice

Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense

Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins

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

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão

Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste

Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador

Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

### **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília  
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Fernando José Guedes da Silva Júnior – Universidade Federal do Piauí  
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco  
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

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

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

Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
Prof. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Andrezza Miguel da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais  
Prof<sup>a</sup> Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar  
Prof<sup>a</sup> Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas  
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Prof<sup>a</sup> Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília  
Prof<sup>a</sup> Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás  
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases  
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí  
Prof<sup>a</sup> Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora  
Prof. Dr. Fabiano Lemos Pereira – Prefeitura Municipal de Macaé  
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo  
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina  
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro  
Prof<sup>a</sup> Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College  
Prof<sup>a</sup> 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>	
134	<p>Impacto, excelência e produtividade das ciências agrárias no Brasil 4 [recurso eletrônico] / Organizador Júlio César Ribeiro. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.</p> <p>Formato: PDF            Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader.            Modo de acesso: World Wide Web.            Inclui bibliografia            ISBN 978-65-5706-053-7            DOI 10.22533/at.ed.537202105</p> <p>1. Agricultura. 2. Ciências ambientais. 3. Pesquisa agrária – Brasil. I. Ribeiro, Júlio César.</p> <p style="text-align: right;">CDD 630</p>
<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 agrônômico 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>
ESPECIAÇÃO QUÍMICA DE METAIS PESADOS EM SEDIMENTOS DE FUNDO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO EPAMINONDAS – PELOTAS/RS	
Eliana Aparecida Cadoná Jéferson Diego Leidemer Stefan Domingues Nachtigall Tainara Vaz de Melo Beatriz Bruno do Nascimento Hueslen Domingues Munhões Rafael Junqueira Moro Adão Pagani Junior Lucas da Silva Barbosa Letícia Voigt de Oliveira Corrêa Pablo Miguel	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5372021051</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>10</b>
CORREÇÃO DA ACIDEZ DO SOLO EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO NO BRASIL: REVISÃO DE LITERATURA	
Welldy Gonçalves Teixeira Eliana Paula Fernandes Brasil Wilson Mozena Leandro	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5372021052</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>26</b>
PERSISTÊNCIA E LIBERAÇÃO DE NUTRIENTES DE DIFERENTES PALHADAS NO SISTEMA PLANTIO DIRETO ORGÂNICO DE MILHO VERDE	
Luiz Fernando Favarato Jacimar Luis de Souza Rogério Carvalho Guarçoni Maurício José Fornazier André Guarçoni Martins	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5372021053</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>42</b>
EFEITO DA ADUBAÇÃO ALTERNATIVA COM FARINHA DE OSSOS E CARNE COMO FONTE DE FÓSFORO NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE TOMATEIRO	
Álvaro Hoffmann Leandro Glaydson da Rocha Pinho Luciene Lignani Bitencourt Mércia Regina Pereira de Figueiredo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5372021054</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>52</b>
AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO EM DIFERENTES MANEJOS SOB PLANTIO DIRETO NO OESTE DO ESTADO DO PARÁ	
Bárbara Maia Miranda Arystides Resende Silva Eduardo Jorge Maklouf Carvalho Carlos Alberto Costa Veloso	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5372021055</b>	



<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>64</b>
BIOTECNOLOGIA E OCUPAÇÃO DO CERRADO	
Miguel Antonio Rodrigues	
Hercules Elísio da Rocha Nunes Rodrigues	
Tyago Henrique Alves Saraiva Cipriano	
Dayonne Soares dos Santos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5372021056</b>	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>77</b>
MODELAGEM PARA DETERMINAÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO REAL PARA O BIOMA CERRADO	
Kleber Renato da Paixão Ataíde	
Gustavo Macedo de Mello Baptista	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5372021057</b>	
<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>88</b>
CRESCIMENTO E METABOLISMO DO CARBONO EM MUDAS DE PALMA DE ÓLEO SUBMETIDAS AO ALUMÍNIO	
Ana Ecídia de Araújo Brito	
Kerolém Prícila Sousa Cardoso	
Thays Correa Costa	
Jéssica Taynara da Silva Martins	
Liliane Corrêa Machado	
Glauco André dos Santos Nogueira	
Susana Silva Conceição	
Cândido Ferreira de Oliveira Neto	
Raimundo Thiago Lima da Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5372021058</b>	
<b>CAPÍTULO 9</b> .....	<b>104</b>
DISTRIBUIÇÃO LONGITUDINAL DE SEMENTES DE SORGO COM DISCO HORIZONTAL CONVENCIONAL E TITANIUM	
Tiago Pereira da Silva Correia	
Arthur Gabriel Caldas Lopes	
Francisco Faggion	
Paulo Roberto Arbex Silva	
Leandro Augusto Felix Tavares	
Neilor Bugoni Riquetti	
Saulo Fernando Gomes de Sousa	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5372021059</b>	
<b>CAPÍTULO 10</b> .....	<b>113</b>
DESINFESTAÇÃO E INOCULAÇÃO DE EXPLANTES DE <i>Aloe Vera L</i> VISANDO O CULTIVO <i>in vitro</i>	
Bruno Yamada Danilussi	
Matheus Ferris Orvatti	
Vinicius Henrique dos Reis Carmona	
Leonardo Lopes Lorencetto	
Luiz Eduardo Manfrin Catharino	
Rafael Garbin	
Gustavo Silva Belloto	
Paulo Henrique Enz	
Luciana Alves Fogaça	
<b>DOI 10.22533/at.ed.53720210510</b>	

**CAPÍTULO 11 ..... 120**

ESTABELECIMENTO *in vitro* DE MARACUJÁ *Passiflora tenuiflora*

Luiz Henrique Silvério Junior  
Glaucia Amorim Faria  
Beatriz Garcia Lopes  
Antonio Flávio Arruda Ferreira  
Cintia Patrícia Martins de Oliveira  
Camila Kamblevicius Garcia  
Lucas Menezes Felizardo  
Paula Soares Rocha  
Beatriz Cardoso Ribeiro  
José Carlos Cavichioli  
Enes Furlani Junior

**DOI 10.22533/at.ed.53720210511**

**CAPÍTULO 12 ..... 136**

ESTUDO DA CINÉTICA DE SECAGEM DO CAPIM SANTO (*Cymbopogon citratus*)

Claudiana Queiroz Gouveia  
Joana Angélica Franco Oliveira  
Manoel Teodoro da Silva  
Quissi Alves da Silva  
Josilene de Assis Cavalcante  
Karina Soares do Bonfim  
Clóvis Queiroz Gouveia  
Amanda Silva do Carmo  
Carolina Zanini Oliveira

**DOI 10.22533/at.ed.53720210512**

**CAPÍTULO 13 ..... 144**

CINÉTICA DE SECAGEM DAS FOLHAS DO ALECRIM (*Rosmarinus officinalis*)

Lucas Ryhan Formiga Caminha  
Fagner Bruno Dias Lino  
Antonio Ferreira da Silva Netto  
Maria Bárbara Tenório de Macêdo Barbosa  
Mariana Sales Carvalho  
Josenaidy Mirelly da Mata Oliveira  
Julia Falcão de Moura  
Josilene de Assis Cavalcante

**DOI 10.22533/at.ed.53720210513**

**CAPÍTULO 14 ..... 154**

VERIFICAÇÃO DA QUALIDADE DO MEL COMERCIALIZADO EM CUIABÁ E VÁRZEA GRANDE

Thamara Larissa de Jesus Furtado  
Natalia Marjorie Lazon de Moraes  
Helen Cristine Leimann  
Marilu Lanzarin  
Daniel Oster Ritter

**DOI 10.22533/at.ed.53720210514**

**CAPÍTULO 15 ..... 160**

AValiação DO FLUÍDO RUMINAL: REVISÃO DE LITERATURA

Muriel Magda Lustosa Pimentel  
Andrezza Caroline Aragão da Silva  
Claudia Alessandra Alves de Oliveira

Julia Pedrosa Costa  
Isabella Cordeiro Fireman  
Liz de Albuquerque Cerqueira  
Luiz Eduardo de Sá Novaes Menezes  
Larissa Carla Bezerra Costa e Silva  
Fernanda Pereira da Silva Barbosa  
Regina Valéria da Cunha Dias  
Mayara Freire de Alcantara Lima  
Isabelle Vanderlei Martins Bastos

**DOI 10.22533/at.ed.53720210515**

**CAPÍTULO 16 ..... 174**

IMPORTÂNCIA DA AVALIAÇÃO ANDROLÓGICA NA SELEÇÃO DE TOUROS EM FAZENDAS DE LEITE

Jaci de Almeida  
Maria Clara Stornelli Amante  
Oswaldo Almeida Resende

**DOI 10.22533/at.ed.53720210516**

**CAPÍTULO 17 ..... 186**

OCORRÊNCIA DE *Neospora caninum* EM CAPRINOS DO SUL DO ESTADO DO PIAUÍ, BRASIL

Karina Rodrigues dos Santos  
Severino Cavalcante de Sousa Júnior  
Richard Atila de Sousa  
Marcelo Richelly Alves de Oliveira  
Carlos Syllas Monteiro Luz  
Jezlon da Fonseca Lemos  
Carla Duque Lopes

**DOI 10.22533/at.ed.53720210517**

**CAPÍTULO 18 ..... 196**

AVALIAÇÃO E PROJEÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL DO BIOMA MATA ATLÂNTICA COM AUXÍLIO DE IMAGENS AÉREAS, VISUALIZAÇÃO 3D E GEOPROCESSAMENTO

João Pedro dos Santos Verçosa  
Arthur Costa Falcão Tavares

**DOI 10.22533/at.ed.53720210518**

**CAPÍTULO 19 ..... 204**

PROPOSIÇÃO DE UM ÍNDICE DE HOMOGENEIDADE TERRITORIAL: O CASO DOS TERRITÓRIOS DE IDENTIDADE

Marcos Aurélio Santos da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.53720210519**

**CAPÍTULO 20 ..... 225**

PRODUÇÃO DE AMENDOIM SALGADO SEM PELE

Mayara Santos Scuzziatto  
Henrique Gusmão Alves Rocha  
Débora Fernandes da Luz  
Anderson Luis Fortine  
Pablo Kieling  
Gustavo Donassolo Toretta  
Joelson Adonai Czycza  
Alexsandro André Loscheider  
Marco Aurélio Rovani  
João Vítor Rodrigues dos Santos

Giacomo Lovera  
Gert Marcos Lubeck  
DOI 10.22533/at.ed.53720210520

**CAPÍTULO 21 ..... 233**

EFEITO DO MÉTODO E TEMPO DE BRANQUEAMENTO NO CONTROLE DO ESCURECIMENTO ENZIMÁTICO EM MAÇÃ (*Malus dosmentica Barkh*)

Danielly Cristiny Rodrigues Mendonça  
João Vitor da Silva Brito  
Natália Rocha Carvalho  
Arthur Silva de Jesus  
Nivandroaldo Machado Gama  
Priscilla Macedo Lima Andrade  
Marcus Andrade Wanderley Junior

DOI 10.22533/at.ed.53720210521

**CAPÍTULO 22 ..... 239**

ATUAÇÃO DA VIGILÂNCIA SANITÁRIA NOS ESTABELECIMENTOS DE ALIMENTAÇÃO PARA A SEGURANÇA DOS ALIMENTOS

Cristiani Viegas Brandão Grisi  
Thaiza Cidarta Melo Barbosa  
Cecylyana Leite Cavalcante  
Diógenes Gomes de Sousa  
Fernanda de Sousa Araújo  
Bruno Ranieri Lins de Albuquerque Meireles

DOI 10.22533/at.ed.53720210522

**SOBRE O ORGANIZADOR ..... 249**

**ÍNDICE REMISSIVO ..... 250**

# CAPÍTULO 1

## ESPECIAÇÃO QUÍMICA DE METAIS PESADOS EM SEDIMENTOS DE FUNDO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO EPAMINONDAS – PELOTAS/RS

Data de aceite: 12/05/2020

Pelotas - RS.

### **Eliana Aparecida Cadoná**

Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de  
Agronomia Eliseu Maciel,  
Departamento de Solos,  
Pelotas - RS.

### **Jéferson Diego Leidemer**

Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de  
Agronomia Eliseu Maciel,  
Departamento de Solos,  
Pelotas - RS.

### **Stefan Domingues Nachtigall**

Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de  
Agronomia Eliseu Maciel,  
Departamento de Solos,  
Pelotas - RS.

### **Tainara Vaz de Melo**

Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de  
Agronomia Eliseu Maciel,  
Departamento de Solos,  
Pelotas - RS.

### **Beatriz Bruno do Nascimento**

Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de  
Agronomia Eliseu Maciel,  
Departamento de Solos,  
Pelotas - RS.

### **Hueslen Domingues Munhões**

Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de  
Agronomia Eliseu Maciel,  
Departamento de Solos,

### **Rafael Junqueira Moro**

Universidade Federal de Pelotas, Centro de  
Engenharias,  
Programa de Educação Tutorial Engenharia  
Agrícola,  
Pelotas - RS.

### **Adão Pagani Junior**

Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de  
Agronomia Eliseu Maciel,  
Departamento de Solos,  
Pelotas - RS.

### **Lucas da Silva Barbosa**

Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de  
Agronomia Eliseu Maciel,  
Departamento de Solos,  
Pelotas - RS.

### **Letícia Voigt de Oliveira Corrêa**

Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de  
Agronomia Eliseu Maciel,  
Departamento de Solos,  
Pelotas - RS.

### **Pablo Miguel**

Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de  
Agronomia Eliseu Maciel,  
Departamento de Solos,  
Pelotas - RS.

**RESUMO:** A contaminação por metais pesados em corpos hídricos geralmente é avaliada

através de teores dissolvidos e totais destes, no entanto, as interações químicas que ocorrem entre diferentes elementos químicos na água e nos sedimentos presentes nos corpos hídricos, podem influenciar de maneira direta a disponibilidade desses elementos contaminantes. Dessa forma, o presente estudo objetiva a discussão acerca das espécies químicas dos metais pesados Cu, Fe, Mn e Zn em sedimentos de fundo em uma bacia hidrográfica. O presente estudo foi desenvolvido na bacia hidrográfica do Rio Epaminondas, a qual abastece parte do município de Pelotas-RS. Para o desenvolvimento deste, utilizou-se coletas de sedimentos de fundo em cinco pontos de coleta distribuídos na bacia hidrográfica, sendo dois na porção alta, dois porção baixa e um ponto no exutório. Nestes sedimentos procedeu-se digestão ácida nitroperclórica e a partir desta a caracterização química, após procedeu-se a especiação química, através do programa Minteq versão 3.1. Para os metais em estudo, observou-se que os mesmos apresentaram predominantemente adsorvido aos grupos OH<sup>-</sup>, sendo justificado esse fenômeno através da interação com os colóides do solo, indicando que os metais de estudo podem estar associados aos processos de intemperismo natural do material de origem. Observa-se também que os grupos ortofosfatos (HPO<sup>4-</sup>) apresentaram certa relevância nas espécies químicas encontradas, indicando que um processo de eutrofização pode estar ocorrendo nas águas da bacia em estudo. Dessa forma, ainda torna-se necessário estudo em períodos de tempo maiores, para compreensão dos processos de transferência solo/água na bacia em estudo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Contaminantes ambientais, espécies químicas, impacto ambiental.

## CHEMICAL SPECIATION OF HEAVY METALS IN BOTTOM SEDIMENTS ON EPAMINONDAS RIVER WATERSHED – PELOTAS/RS

**ABSTRACT:** The contamination by heavy metals in water bodies is usually evaluated through dissolved and total levels of these, however, the chemical interactions that occur between different chemical elements in water and sediments present in water bodies, can directly influence the availability of these elements contaminants. Thus, the present study aims to discuss the chemical species of heavy metals Cu, Fe, Mn and Zn in bottom sediments in a hydrographic basin. The present study was carried out in the Epaminondas River watershed, which supplies part of the municipality of Pelotas-RS. For the development of this, bottom sediment collections were used in five collection points distributed in the hydrographic basin, two in the high portion, two in the low portion and one point in the exutory. In these sediments, nitroperchloric acid digestion proceeded and from this chemical characterization, after proceeded to chemical speciation, through the program Minteq version 3.1. For the metals under study, it was observed that they were predominantly adsorbed to the OH<sup>-</sup> groups, this phenomenon being justified through the interaction with the soil colloids, indicating

that the study metals may be associated with the natural weathering processes of the source. It is also observed that the orthophosphate groups ( $\text{HPO}^{4-}$ ) showed some relevance in the chemical species found, indicating that a process of eutrophication may be taking place in the waters of the basin under study. Thus, it is still necessary to study in longer periods of time, to understand the processes of soil/water transfer in the basin under study.

**KEYWORDS:** Environmental contaminants, chemical species, environmental impact.

## 1 | INTRODUÇÃO

O termo metais pesados tem sido utilizado em estudos ambientais, em especial estudos de monitoramento da qualidade da água, estando os mesmos como os elementos que biologicamente são essenciais em pequenas quantidades, para os processos fisiológicos e bioquímicos (MATOS et al., 2017). Esses metais pesados, quando ultrapassam os limites da essencialidade no ambiente, acabam por comprometer a qualidade da água e do solo, bem como interferir nos processos de equilíbrio ambiental (GONÇALVES et al., 2015).

Para o ser humano, de maneira geral, os metais pesados são necessários em pequenas quantidades para o bom funcionamento do organismo (MATOS et al., 2017). Quando presentes em quantidades acima das necessárias ao organismo podem ocasionar quadros de contaminação e efeitos agudos e/ou crônicos que, em geral, ocasionam um quadro de stress oxidativo aos tecidos que são mais sensíveis e necessitam dos mesmos. Esse quadro de stress oxidativo, pode levar a diversas doenças, como inflamações em tecidos, lesões neurológicas, lesões em nível de DNA, no metabolismo da glicose, bem como a indução a processos mutagênicos e carcinogênicos (KORASHY et al., 2017).

Dessa maneira, a presença de metais pesados no solo, na água ou nos sedimentos pode ocasionar riscos às populações que abastecidas, sendo necessário, o estudo da dinâmica dos mesmos no ambiente, em especial nos sedimentos, visando que os mesmos costumam ocasionar problemas ambientais. Dessa forma, a utilização da modelagem conhecida como especiação química pode indicar quais são as espécies químicas de um determinado elemento químico em um determinado meio, como por exemplo, solo, água e sedimentos. Um exemplo dessa utilização em estudos ambientais é a avaliação das espécies químicas dos metais cobre (Cu) e zinco (Zn) em áreas que recebem aplicação de dejetos líquido de suínos (DE CONTI et al., 2016; FORMENTINI et al., 2017), visando avaliar as formas disponíveis no solo dos metais em estudo e seu potencial de contaminação ao solo e as plantas nele cultivados. Também pode ser desenvolvida para espécies químicas na água (CADONÁ et al., 2019), visando como ocorre a interação de

contaminantes ambientais com os diferentes elementos dissolvidos encontrados na mesma.

O presente trabalho buscou avaliar as espécies químicas de metais pesados (Cu, Fe, Mn e Zn) e a possível contaminação dos sedimentos da Bacia Hidrográfica do Rio Epaminondas, através da avaliação dos sedimentos de fundo coletados em cinco pontos de estudo da bacia, visando que a área da bacia apresenta a problemática de elevados teores de Fe e Mn dissolvido na água, conforme observado por Kath et al. (2017), que indicou que os teores elevados estão associados a dinâmica de disponibilidade dos elementos na água, podendo estar relacionado a processos naturais de intemperismo do material de origem da bacia ou a processos de poluição e/ou contaminação de origem antrópica.

## 2 | METODOLOGIA

O presente estudo foi desenvolvido na Bacia Hidrográfica do Rio Epaminondas (BHE), a qual corresponde por 70% da área de captação da Barragem do Arroio Santa Bárbara, que abastece parte do município de Pelotas-RS, no Sul do estado do Rio Grande do Sul (Figura 1). Os sedimentos de fundo foram coletados em cinco pontos da BHE, estando distribuídos em porção alta (S1 e S2) e porção baixa (S3 e S4) e exutório (S5), conforme apresentado na Figura 2.

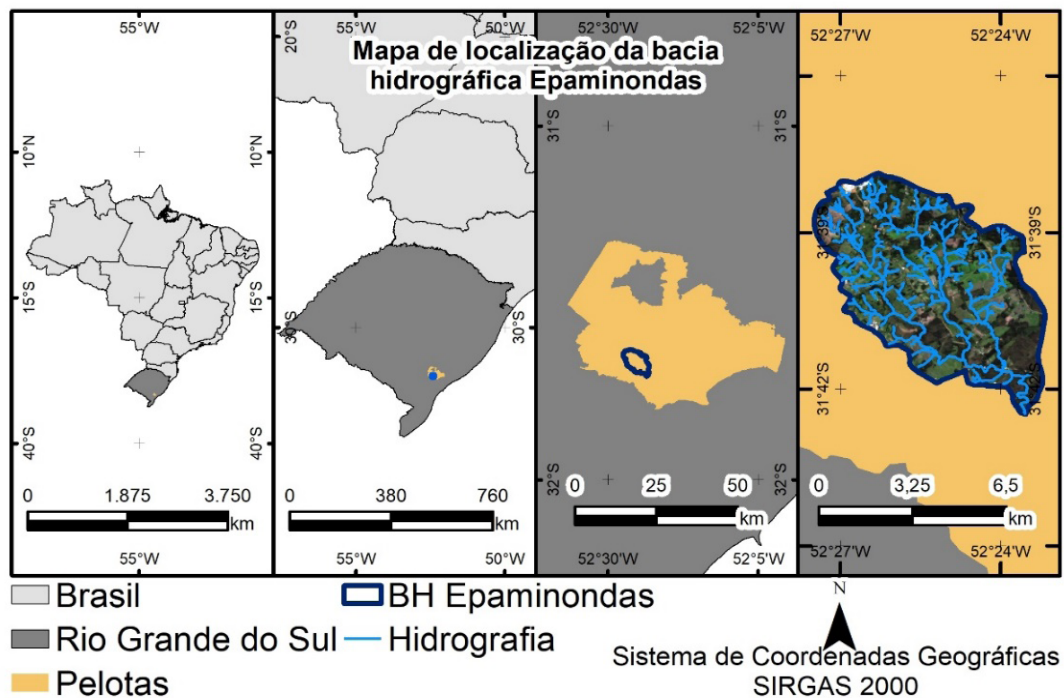


Figura 1. Localização da Bacia Hidrográfica do Epaminondas. Elaborado por Stefan Domingues Nachtigall.



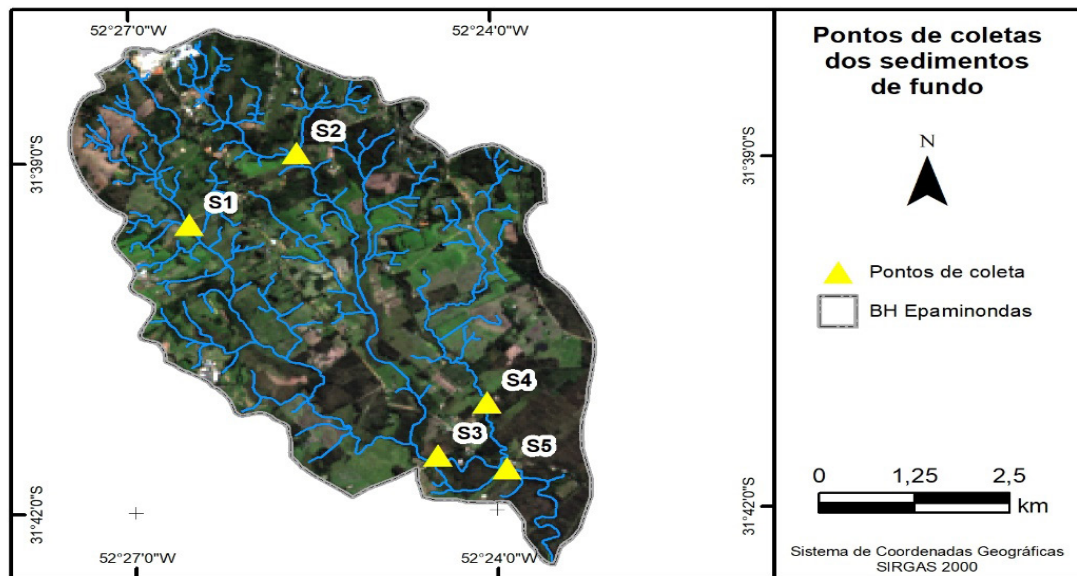


Figura 2. Pontos de coleta na Bacia Hidrográfica Epaminondas. Elaborado por Stefan Domingues Nachtigall.

O período de estudo ocorreu entre os meses de Março/2019 a Agosto/2019, sendo realizadas coletas de sedimentos de fundo nos meses de Março, Junho e Agosto. Após a coleta, as amostras de sedimentos foram encaminhadas ao Laboratório de Pedologia do Departamento de Solos da Universidade Federal de Pelotas, sendo secas a temperatura ambiente para posterior digestão ácida nitroperclórica 3:1 conforme metodologia descrita em Silva (1999). Nos extratos ácidos foram determinados os teores médios ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) de Al, Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, P e Zn e os teores médios de Carbono Orgânico Total foram determinados a partir da digestão sulfocrômica conforme metodologia descrita em Teixeira et al. (2017).

A partir dos teores médios desenvolveu-se especiação química através do programa Minteq versão 3.1. Para o presente estudo foram avaliados as espécies químicas de Cu, Fe, Mn e Zn.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após o desenvolvimento da digestão nitroperclórica, observou-se que os metais Fe e Mn apresentaram os maiores valores médios, sendo  $1,51 \text{ mg kg}^{-1}$  para o Fe e  $1,21 \text{ mg kg}^{-1}$  para o Mn para os sedimentos coletados na porção alta da bacia – S1 e S2, e no mesmo local de  $0,15 \text{ mg kg}^{-1}$  para o Cu e de  $1,11 \text{ mg kg}^{-1}$  de Zn. Para a porção baixa (S3 e S4) observou-se teores mais baixos desses elementos, sendo  $0,59 \text{ mg kg}^{-1}$  para o Fe, de  $0,84 \text{ mg kg}^{-1}$  para o Mn, de  $0,06 \text{ mg kg}^{-1}$  para o Cu e de  $1,04 \text{ mg kg}^{-1}$  de Zn. Para os sedimentos coletados próximos ao exutório da bacia, observou teores médios de  $0,70 \text{ mg kg}^{-1}$  para o Fe, de  $0,95 \text{ mg kg}^{-1}$  para o Mn,  $1,34$

mg kg<sup>-1</sup> para o Cu e de 3,46 mg kg<sup>-1</sup> para o Zn. A partir destes teores realizou-se a especiação química para melhor compreensão do potencial contaminante dos metais em estudo. Observou-se que para todos os metais ocorre predomínio dos mesmos em interação com grupos OH<sup>-</sup>, conforme apresentado nas Figuras 3 e 4.

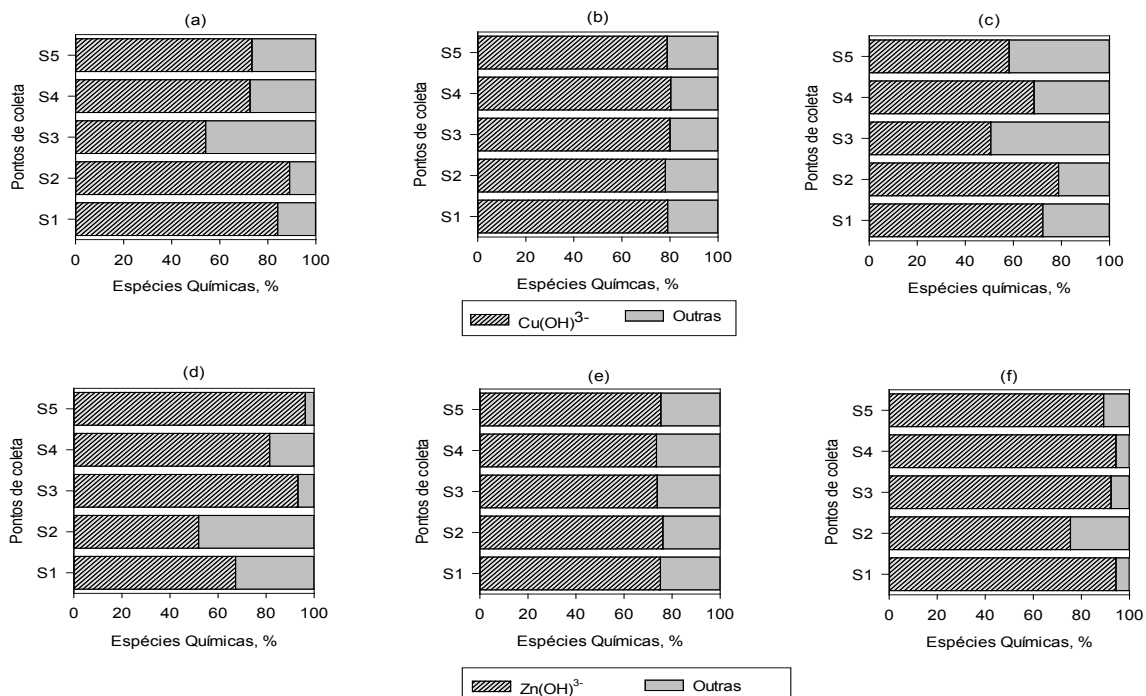


Figura 3. Espécies químicas de Cu e Zn para os pontos de coleta na Bacia Hidrográfica do Rio Epaminondas.

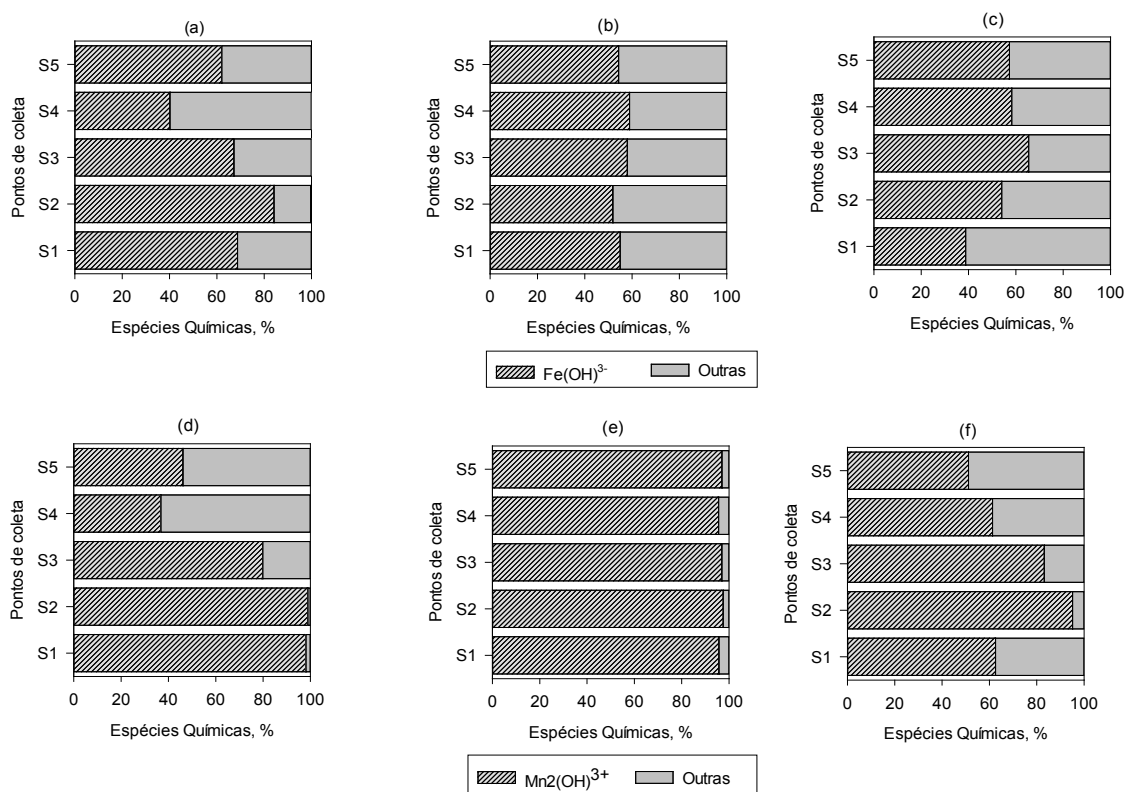


Figura 4. Espécies químicas de Fe e Mn para os pontos de coleta da Bacia Hidrográfica do Rio Epaminondas.

Conforme observado por Tiecher et al. (2013) o Cu apresenta maior interação com a fração orgânica e o Zn maior interação com a fração mineral dos solos, dessa forma, os menores teores de Cu observados podem ser atribuídos a menor quantidade de fração orgânica que os sedimentos apresentam, e atribuídos os maiores teores de Zn associados a fração mineral, onde a maior quantidade de interações com os demais constituintes dos sedimentos é devido a sua adsorção a fração mineral (FORMENTINI et al., 2017).

Para os metais Mn e Fe que na bacia em estudo apresentam a problemática com teores dissolvidos elevados na água e teores considerados normais no solo (KATH et al., 2017), buscou-se a partir da especiação verificar-se se os sedimentos oriundos da bacia podem influenciar nesse quadro. Dessa maneira, a especiação desses metais indica que a principal fonte desses elementos, é o intemperismo químico do material de origem, pois ocorre predomínio destes metais com o grupo OH-, onde esta é a principal forma em que os mesmos encontram-se adsorvidos nos coloides do solo, bem como, ocorre para os metais Cu e Zn (DE CONTI et al., 2016; FORMENTINI et al., 2017). Para o Fe já ocorre maiores interações químicas com os demais elementos presentes nos sedimentos, em especial com a forma  $\text{FeHPO}_4$ , indicando que os teores de Fe dissolvido na água da bacia podem estar atrelados a processos de eutrofização, aumentando dessa maneira o impacto ambiental de poluição que ocorre para o Fe na bacia em estudo, devido a processos de liberação gradativa de íons Fe e P (fósforo) para o ambiente conforme a disponibilidade.

Outro fator importante para a especiação química é a quantidade de matéria orgânica que é adicionada ao modelo, devido a matéria orgânica, em especial, a fração húmica apresentarem a capacidade de adsorção de metais pesados através de processos de complexação e quelação, tornando dessa forma, esses metais menos disponíveis a trocas iônicas (PÉREZ e CAMPOS, 2005; MARTINS et al., 2018). Dessa forma, como os sedimentos avaliados apresentam a característica de baixa quantidade de material orgânico presente, os metais em estudo permaneceram na forma predominante que se encontram adsorvido ao solo.

## 4 | CONCLUSÕES

De maneira geral, para a Bacia Hidrográfica do Rio Epaminondas ocorre problemas na qualidade da água, relacionados aos teores dissolvidos de Fe e Mn, comprometendo dessa forma o abastecimento da população do município de Pelotas-RS. A partir da especiação química dos metais em estudo, conclui-se que a presença dos mesmos na água e em elevadas quantidades como ocorre para os íons Fe e Mn, estão associados à fração mineral dos sedimentos, bem

como, ao material de origem do solo da bacia em estudo. Portanto, ainda são necessários estudos de períodos de tempo maiores para compreender a dinâmica desses elementos através dos processos de transferência solo/água, bem como, o desenvolvimento de um estudo detalhado da geologia da bacia.

## REFERÊNCIAS

- CADONÁ, E.A.; FERREIRA, G.W.; DOS SANTOS, M.L.; SOARES, C.R.F.S.; DE SOUZA, E.L.; LOUENZI, C.R. Cu, Zn e Mn na água e no solo em áreas com intensa atividade suinícola no Sudeste do estado de Santa Catarina. In: PACHECO, J.T.R.; KAWANISHI, J.Y. & DO NASCIMENTO, R. (Org.) **Meio ambiente e desenvolvimento sustentável 2**, Ponta Grossa: Atena Editora, 2019, pp. 258 - 270.
- DE CONTI, L.; CERETTA, C.A.; FERREIRA, P.A.A.; LOURENZI, C.R.; GIROTTTO, E.; LORENSINI, F. TIECHER, T.L.; MARCHEZAN, C.; ANCHIETA, M.G.; BRUNETTO, G. **Soil solution concentrations and chemical species of copper and zinc in a soil with a history of pig slurry application and plant cultivation**. Agriculture, Ecosystems & Environment, n.216, p. 374-386, 2016.
- FORMENTINI, T.A.; LEGROS, S.; FERNANDES, C.V.S.; PINHEIRO, A.; LE BARS, M.; LEVARD, C.; MALLMANN, F.J.K.; DA VEIGA, M.; DOELSCH, E. **Radical change of Zn speciation in pig slurry amended soil: Key role of nano-sized sulfide particles**. Environmental Pollution, v.222, p. 495-503, 2017.
- GONÇALVES, P.E.R. da S.; OLIVEIRA, A.P. de; CRUZ, I.F. de; ZEILHOFER, P.; DORES, E.F.G. de C. **Distribuição espacial de metais potencialmente tóxicos em água superficial nas bacias dos rios Cuiabá e São Lourenço – MT**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v.20, p.157-168, 2015.
- KATH, A.H.; TIMM, J.G.; MONKS, J.L.F. **Caracterização de parâmetro físico-químicos e correlações com o manganês nos afluentes da barragem do Santa Bárbara, Pelotas/RS**. Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais, v.8, n.2, p.34-48, 2017.
- KORASHY, H.M.; ATTAFI, I.M.; FAMULSKI, K.S.; BAKHEET, S.A.; HAFEZ, M.M.; ALSAAD, A.M.S.; AL-GHADEER, A.R.M. **Gene expression profiling to identify the toxicities and potentially relevant human disease outcomes associated with environmental heavy metal exposure**. Environmental Pollution, v.221, p.64-74, 2017.
- MARTINS, A.P.; TIECHER, T. & ANGHINONI, I. **Modelos de Matéria Orgânica Dissolvida para Especiação Iônica do Alumínio da Solução do Solo no Visual Minterq: existem diferenças?** In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, XII., 2018, Xanxerê. Anais...Xanxerê: UNOESC, 2018, p. 1-4.
- MATOS, L.A.; CUNHA, A.C.S.; SOUSA, A.A.; MARANHÃO, J.P.R.; SANTOS, N.R.S.; GONCALVES, M. de M.C.; DANTAS, S.M.M. de M.; SOUSA, J.M. de C. e; PERON, A.P.; SILVA, F.C. da; ALENCAR, M.V.O.B. de; ISLAM, Md. T.; AGUIAR, R.P. de S.; MELO-CAVALCANTE, A. A. de C.; BONECKER, C.C.; JUNIOR, H.F.J. **The influence of heavy metals on toxicogenetic damage in Brazilian tropical river**. Chemosphere, v.185, p.852-859, 2017.
- PÉREZ, D.V.; CAMPOS, R.C. de. **The effect of two kinds of eluents on the speciation of Al, Mn e Fe by size-exclusion chromatography of some Brazilian soil solutions**. Chemical Speciation & Bioavailability, v.17, n.3, p. 109-119, 2005.
- TEIXEIRA, P.C.; DONAGEMMA, G.K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W.G. **Manual de métodos de análise de solos**. 3ª Ed. DF: Embrapa, 2017. 573 p.
- TIECHER, T.L.; CERETTA, C.A.; COMIN, J.J.; GIROTTTO, E.; MIOTTO, A.; MORAES, M.P.;

BENEDET, L.; FERREIRA, P.A.A.; LOURENZI, C.R.; COUTO, R. da R.; BRUNETTO, G. **Forms and accumulation of copper and zinc in a Sandy Typic Hapludalf soil after long-term application of pig slurry and deep litter.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.37, p. 812-824, 2013.

## CORREÇÃO DA ACIDEZ DO SOLO EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO NO BRASIL: REVISÃO DE LITERATURA

*Data de aceite: 12/05/2020*

*Data de submissão: 16/04/2020*

### **Welldy Gonçalves Teixeira**

Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás,  
Goiânia - GO.

<http://lattes.cnpq.br/9166644492226296>

### **Eliana Paula Fernandes Brasil**

Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás,  
Goiânia - GO.

<http://lattes.cnpq.br/7324619074753727>

### **Wilson Mozena Leandro**

Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás,  
Goiânia - GO.

**RESUMO:** A acidez do solo é um dos fatores mais limitantes da produção agrícola no mundo e a calagem é a prática mais eficaz para atenuar os problemas relacionados a esse fator. A eficiência da aplicação superficial de calcário para corrigir a acidez subsuperficial em áreas sob sistema plantio direto (SPD) é controversa, uma vez que o comportamento do corretivo de acidez é complexo e variável nas diferentes camadas do solo. Os benefícios da calagem

superficial em SPD são mais pronunciados nos centímetros iniciais do solo, mas diversos fatores contribuem para a ação do corretivo nas camadas mais profundas. Em razão desses fatores, os critérios utilizados para definir a necessidade de calagem em SPD variam de acordo com a fase do sistema: implantação ou consolidação. Na fase de implantação (primeiros cinco anos), é preciso realizar a calagem da mesma forma que seria realizada em cultivo convencional, com aplicação do corretivo em área total, seguido de incorporação na camada arável do solo. Na fase estabelecida (após cinco anos de sua instalação), a calagem é realizada em superfície, sem incorporação. Apenas alguns Estados brasileiros estabelecem critérios de tomada de decisão para a prática da calagem em SPD nas suas diferentes fases, e mais estudos são necessários para estabelecer os critérios de recomendação de calagem para esse sistema. Alguns desafios para o sucesso do SPD ainda precisam ser superados, como a compactação do solo pelo uso de implementos agrícolas pesados, e a manutenção de cobertura vegetal sobre a superfície do solo nas áreas localizadas em regiões tropicais, com ocorrência de chuvas em grande intensidade e quantidade e temperaturas elevadas na maior parte do ano. Por isso a adoção do SPD deve

seguir todos os seus princípios essenciais para que os benefícios desse sistema sejam obtidos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Calagem, critérios de recomendação, rotação de culturas, matéria orgânica.

## SOIL ACIDITY AMELIORATION IN NO-TILL SYSTEM IN BRAZIL: LITERATURE REVIEW

**ABSTRACT:** Soil acidity is one of the most limiting factors of agricultural production worldwide and liming is the most effective practice to alleviate soil-acidity-related constraints. The efficiency of surface liming to correct acidity in subsurface in areas under no-tillage system (NT) is controversial, since the behavior of the liming material is complex and variable in different soil layers. The benefits of surface liming in NT are more pronounced in the first sampled layer, but several factors contribute to its action in the deeper layers. Hence, the criteria used to determine the lime requirement in NT vary according to the system phase: implantation or consolidation. In the implantation phase (first five years), it is needed to perform the liming in the same way as it would be in conventional tillage, in which the liming material is applied in total area, followed by incorporation in the arable layer of the soil. In the consolidation phase (five years after its installation), liming is carried out on the surface, with no incorporation. Only a few Brazilian states establish decision-making criteria for the practice of liming in NT in its different phases, and further studies are needed to establish the criteria for liming recommendation for this system. Some challenges for the success of the NT still need to be overcome, such as compacting the soil through the use of heavy agricultural implements, and maintaining vegetation on the soil surface in areas located in tropical regions, where rainfall is intense and temperature is high most of the year. Therefore, the adoption of NT must follow all its essential principles for achieving the benefits of this system.

**KEYWORDS:** Liming, recommendation criteria, crop rotation, organic matter.

### 1 | INTRODUÇÃO

O plantio direto surgiu como uma prática de semeadura ou de cultivo de plantas sem o preparo físico do solo, mantendo-se os resíduos da cultura anterior sobre a superfície (GASSEN e GASSEN. 1996). Essa prática era realizada em decorrência da ausência de tempo ou de recursos técnicos e financeiros para efetuar o preparo do solo em toda a área a ser cultivada. Ao longo do tempo, o plantio direto evoluiu para uma forma complexa e ordenada de manejo do solo para a produção agrícola, em que a mobilização do solo é realizada, exclusivamente, na linha de semeadura. No Brasil, essa forma de manejo é denominada sistema plantio direto (SPD), e

fundamenta-se em três princípios essenciais: i) ausência de revolvimento do solo, ii) presença de cobertura permanente e iii) rotação de culturas.

O SPD começou a ser praticado no Brasil a partir da década de 1970 como uma alternativa para controlar a erosão hídrica do solo em áreas descobertas de vegetação. A região Sul foi pioneira na adoção desse sistema no país. Em razão do desconhecimento desse sistema de manejo do solo e da resistência de técnicos agrícolas e agricultores em aceitar essa nova prática de manejo, a expansão das áreas cultivadas em SPD no país foi muito lenta durante as duas primeiras décadas subsequentes à sua implantação.

No entanto, com a verificação de vantagens proporcionadas por esse sistema de manejo do solo, como por exemplo o controle da erosão hídrica e a redução da infestação de plantas invasoras sem o controle químico por meio de herbicidas, o SPD passou a ser adotado em ampla escala no país a partir da década de 1990 (Figura 1). Desde então, a área cultivada em SPD no Brasil vem crescendo exponencialmente (FEBRAPDP, 2007), ocupando atualmente mais de 32 milhões de hectares (IBGE, 2017).

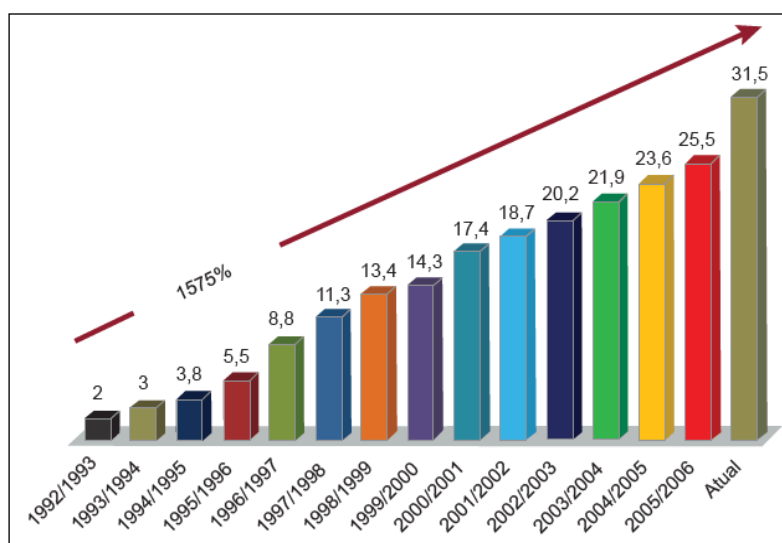


Figura 1. Crescimento do Sistema Plantio Direto (SPD) no Brasil.

Fonte: Torres et al. (2016).

A acidez do solo é um dos fatores que mais limitam a produção agrícola no mundo. Aproximadamente 30 % da superfície terrestre é constituída por solos ácidos, com valores de pH (água) inferiores a 5,5 (VON UEXKÜLL e MUTERT, 1995). Do total dos solos agricultáveis no mundo, 40 % são ácidos e esse percentual é cada vez mais crescente (BIAN et al., 2013). Na América do Sul, 85 % dos solos são ácidos, e cerca de 850 milhões de hectares são considerados sub-utilizados (COCHRANE, 1991). Quando em excesso, a acidez do solo pode restringir o crescimento das plantas, limitando a absorção de água e de nutrientes, o que resulta em menor



produtividade, principalmente quando ocorrem períodos de estiagem durante o ciclo de cultivo.

Tradicionalmente, a calagem é a prática mais comum e eficaz para atenuar os problemas relacionados à acidez do solo. Os principais objetivos da calagem consistem em corrigir a acidez do solo, diminuindo o teor de elementos tóxicos às plantas, como alumínio ( $\text{Al}^{3+}$ ) e manganês ( $\text{Mn}^{2+}$ ) (TIRITAN et al., 2016; RHEINHEIMER et al., 2018), além de aumentar a disponibilidade de nutrientes como cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) e magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ) (CRUSCIOL et al., 2016; JORIS et al., 2016). Além disso, a calagem pode ser realizada para melhorar propriedades físicas (BENNETT et al., 2014) e biológicas (HOLLAND et al., 2018) do solo. Em SPD, a correção da acidez do solo é feita por meio da aplicação de calcário na superfície, sem incorporação.

No entanto, a eficiência da aplicação superficial de calcário para corrigir a acidez subsuperficial em solo sob SPD é controversa, uma vez que há diversos relatos na literatura indicando altas produtividades das culturas, mesmo na ausência de calagem, em solos apresentando baixos valores de pH e altos teores de elementos tóxicos. Esta revisão de literatura apresenta os principais aspectos sobre calagem em SPD no Brasil, buscando-se entender a dinâmica da acidez do solo nesse complexo sistema de manejo.

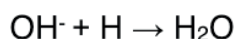
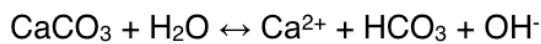
## 2 | METODOLOGIA

Para a realização desta revisão de literatura, foram selecionados artigos científicos publicados nas seguintes bases de dados: Google Scholar, Scopus, Scielo e Web of Science. Também foram utilizados livros e relatórios técnicos para a obtenção de conceitos e dados atuais relevantes sobre o tema de estudo.

## 3 | REVISÃO DE LITERATURA

### 3.1 Dinâmica da acidez do solo em sistema plantio direto

A acidez é o principal fator de degradação química dos solos, diminuindo a capacidade produtiva de extensas áreas localizadas em regiões temperadas e nos trópicos. Os problemas relacionados à acidez do solo são bem conhecidos (OLMOS e CAMARGO, 1976) e a eliminação dos seus efeitos negativos é tipicamente realizada por meio da calagem. O calcário é o material mais utilizado para corrigir a acidez do solo e, para ser efetivo, ele deve ser dissolvido em água, conforme as reações a seguir:



De acordo com essas reações, as bases ( $\text{OH}^-$ ) reagem com o  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$  e  $\text{H}^+$  presentes no solo, fazendo com que a primeira reação química se desloque para a direita, até que ocorra a neutralização da acidez do solo ou quando todo calcário aplicado seja dissolvido. Além da neutralização da acidez do solo, a calagem proporciona aumento dos teores trocáveis de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  no solo, criando condições adequadas para o crescimento normal das culturas.

Em SPD, a correção da acidez é realizada pela aplicação do corretivo de acidez na superfície do solo, sem incorporação. É inquestionável que a adoção do SPD tem sido uma estratégia eficaz para reduzir a degradação do solo causada pela erosão (MERTEN et al., 2015), além de melhorar a ciclagem de nutrientes (CALEGARI et al., 2013; TIECHER et al., 2017) em comparação com o sistema de plantio convencional (SPC). No entanto, a eficiência da calagem superficial sem incorporação para corrigir a acidez nas camadas mais profundas do solo é assunto de grande discussão e controvérsias na literatura.

Em curto prazo são observados os efeitos benéficos da calagem superficial, sobretudo nos primeiros centímetros do solo (RHEINHEIMER et al., 2000; CAIRES et al., 2008). Nas camadas mais profundas do solo, entretanto, a ação do corretivo de acidez é mais lenta (ERNANI et al., 2004), podendo ser expressa somente após longo período de tempo após a aplicação do corretivo.

Diversos fatores contribuem para esse comportamento do corretivo de acidez do solo nas áreas sob SPD, o que será discutido em detalhes a seguir.

### 3.2 Efeito da calagem em superfície

Diversos trabalhos reportados na literatura já demonstraram que os benefícios da calagem superficial em SPD são mais pronunciados nos primeiros 5 cm do solo (RHEINHEIMER et al., 2000; CAIRES et al., 2008), e são mais sutis na camada de 5-10 cm (KOCH e ESTES, 1986; CAIRES et al., 1999; PÖTTKER e BEN, 1998; SÁ, 1999) e de 10-20 cm de profundidade (RECHCIGL et al., 1985). Essa discrepância, pode ser explicada pela influência de diversos fatores sobre o efeito da calagem no solo, como a dose e o tempo decorrido da última aplicação de corretivo, incidência de chuvas, textura e estrutura do solo e condutividade hidráulica do solo, presença de fauna edáfica que realize a mistura de diferentes camadas, manejo e rotação de culturas, e quantidade de resíduos aportados (EDMEADES e RIDLEY, 2003).

Em solos onde há acúmulo de material orgânico à superfície, como em SPD, é comum ocorrer uma estratificação dos nutrientes e da matéria orgânica do solo

(DEUBEL et al., 2011, MIKHA et al., 2013). Com resultado, a acidez tende a ser menor na superfície e maior em subsuperfície em SPD, quando comparado a SPC. Houx et al. (2011) observaram que maiores concentrações de P e K na profundidade de 0 a 5 cm do solo cultivado em SPD, quando comparado à SPC. Esse acúmulo associado ao SPD, entretanto, foi menor ou semelhante ao observado em SPC abaixo de 5 cm de profundidade, indicando estratificação significativa de nutrientes. Isso se deve ao papel da matéria orgânica em neutralizar a acidez do solo. Segundo Wong e Swift (2003), os materiais vegetais sofrem decomposição em solos de regiões quentes e úmidas e uma grande proporção do elevado consumo de prótons e correspondente aumento do pH do solo podem ser atribuídos a processos associados com a sua decomposição.

Diversos mecanismos envolvidos no aumento do pH do solo em decorrência da decomposição de resíduos orgânicos já foram propostos. Esses mecanismos incluem adsorção específica de ânions orgânicos nas superfícies hidratadas de Fe e Al e a liberação correspondente de íons hidroxila, aumentando o pH (HUE, 1992). A adsorção de  $Al^{3+}$  por sítios da matéria orgânica e o subsequente isolamento da fase inorgânica para manter o equilíbrio da atividade do Al na solução do solo, além da amonificação do N orgânico lábil em adubos e esterco, também foram propostos para aumentar o pH do solo na camada superficial (WONG e SWIFT, 2003; WONG et al., 1998).

Embora todos esses mecanismos sejam possíveis, a contribuição de cada um deles, isoladamente, para a alteração do pH ainda não foi avaliada (WONG e SWIFT, 2003).

Cabe destacar a expressiva alteração na dinâmica do  $Al^{3+}$  na camada superficial do solo devido ao acúmulo de matéria orgânica em áreas com cultivo em SPD. Solos altamente intemperizados, localizados em regiões subtropicais e tropicais, normalmente possuem baixas concentrações de Al em solução (WEN et al. 2014) e na forma trocável (ABREU et al. 2003). Isso se deve à complexação do Al presente na solução do solo por ligantes orgânicos simples, de baixa massa molecular, e por ácidos fúlvicos, de alta massa molecular, tendendo a formar complexo de esfera externa (SALET, 1998), resistentes à decomposição microbiana. A ocorrência de Al complexado pela matéria orgânica geralmente é observada em condições de baixos níveis de pH e altos teores de  $Al^{3+}$  trocável (SALET, 1998). Isso explica o desenvolvimento satisfatório das plantas em solos cultivados em SPD, mesmo em condições de acidez elevada, que não recebeu aplicação de corretivo.

Um problema que pode surgir em decorrência da aplicação superficial de corretivo de acidez do solo se incorporação em áreas cultivadas em SPD consiste no aumento excessivo do pH nos primeiros 5 cm de profundidade. Solos arenosos, com menor capacidade de tamponamento da acidez, são mais susceptíveis a esse

problema. Para atenuar esse problema e evitar o aumento excessivo do pH na camada mais superficial do solo, alguns manuais de recomendação de calagem restringem a dose de corretivo a ser utilizada numa única aplicação, o que será discutido em maiores detalhes no item 3.3.

### 3.3 Efeito da calagem em profundidade

Do ponto de vista químico, não se espera correção da acidez do solo e suprimento de Ca e Mg nas camadas subsuperficiais do solo. Isso ocorre devido à menor solubilidade do calcário ( $\text{CaCO}_3$ , calcita ou  $\text{Ca}(\text{Mg})\text{CO}_3$ ), dolomita), associada à baixa estabilidade dos ânions liberados após a dissolução do material corretivo ( $\text{CO}_3^{2-}$  e  $\text{HCO}_3^-$ ) e à formação de cargas negativas variáveis, ou seja, dependentes do pH do meio (GONZALEZ-ERICO et al., 1979; RITCHEY et al., 1980; MIYAZAWA et al., 2000). Isso explica por que a calagem realizada em SPD promove a correção da acidez do solo e o suprimento de Ca e Mg apenas na camada superficial do solo.

No entanto, trabalhos passados e recentes (CAIRES et al., 2000; FONTOURA et al., 2019) têm demonstrado a eficiência da aplicação superficial de corretivo para reduzir a acidez do solo até 60 cm de profundidade, em áreas cultivadas em SPD. Fontoura et al. (2019) observaram eficiência da calagem superficial na correção da acidez em subsuperfície já no primeiro ano após a aplicação do corretivo (curto prazo). Para explicar o efeito da calagem superficial no aumento do pH, diminuição dos níveis tóxicos de  $\text{Al}^{3+}$  e  $\text{Mn}^{2+}$ , e elevação dos teores de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  nas camadas subsuperficiais do solo, diversos mecanismos já foram sugeridos.

Em SPD, os resíduos orgânicos acumulados na superfície do solo, associados à ausência de revolvimento, podem mobilizar cátions e catalisar a ação da aplicação superficial de calcário. Isso ocorre devido a substâncias orgânicas hidrossolúveis que se acumulam na superfície do solo podem complexar os íons  $\text{Ca}^{2+}$ , promovendo a sua migração em profundidade, onde ocorrerá a troca de  $\text{Ca}^{2+}$  por  $\text{Al}^{3+}$ , reduzindo o efeito fitotóxico do  $\text{Al}^{3+}$  e aumentando o teor de  $\text{Ca}^{2+}$  na solução do solo (CASSIOLATO et al., 2000; FRANCHINI et al., 2001; MIYAZAWA et al., 2002).

Também, é possível ocorrer o deslocamento em profundidade de partículas mais finas de calcário com o movimento descendente da água por meio de macroporos e, assim, reduzir a acidez do solo em camadas subsuperficiais, melhorando o ambiente radicular (PETRERE e ANGHINONI, 2001; AMARAL et al., 2004). Esse movimento descendente de partículas finas de calcário também pode ser favorecido pela presença de canais formados por raízes mortas e galerias ou fendas no solo abertas pela micro, meso ou macrofauna (SÁ, 1999). Ao avançar no perfil, essa frente de neutralização altera algumas propriedades do solo, cuja taxa de progressão depende da dose aplicada, do tempo decorrente e das próprias características físicas e químicas dos solos (AMARAL e ANGHINONI, 2001;

MOREIRA et al., 2001; GATIBONI et al., 2003).

Na literatura, há muitos relatos de que fertilizantes nitrogenados de fonte amoniacal ou amídica exercem influência sobre o efeito da calagem na camada subsuperficial do solo. A acidez gerada pelo processo de nitrificação auxilia a dissolução do corretivo e, quando esses fertilizantes são aplicados no solo corrigido, a maior parte do  $\text{NH}_4^+$  é convertido em  $\text{NO}_3^-$  (ADAMS e MARTIN, 1984). Caires et al. (1999) verificaram o movimento descendente de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  no perfil do solo após aplicação de corretivo e fertilizantes nitrogenados, atribuindo esse movimento à lixiviação de sais como  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  e  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$  para camadas mais profundas. A maior concentração de  $\text{NO}_3^-$  no subsolo promoveria maior absorção de ânions pela planta, em relação aos cátions, o que aumentaria o pH do solo. A menor acidez da camada superficial do solo em SPD também pode proporcionar maior estabilidade do íon bicarbonato, favorecendo o movimento descendente do íon  $\text{HCO}_3^-$  acompanhado dos íons  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  e, conseqüentemente, corrigir a acidez do solo e aumentar os teores desses nutrientes em profundidade (OLIVEIRA et al., 2000).

Além disso, ânions, nitratos, sulfatos, cloretos e silicatos, provenientes da decomposição de resíduos culturais ou adição de fertilizantes, podem também contribuir para o movimento descendente de íons  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  no solo, reduzindo a atividade do  $\text{Al}^{3+}$  (ZAMBROSI et al., 2008). Não obstante, doses elevadas de corretivo de acidez associadas ao curto período após a calagem também contribuem com a correção da acidez do solo em profundidade (KAMINSKI et al., 2007; RHEINHEIMER et al., 2000).

### 3.4 Critérios para correção da acidez do solo em SPD

Os critérios atualmente utilizados para definir a necessidade de calagem (NC) em SPD ainda são muito empíricos, além de terem sido baseados em recomendações de calagem para o SPC. Em razão do revolvimento do solo, a NC estimada por diferentes métodos para o SPC certamente será diferente para o SPD. De acordo com Anghinoni e Salet (1998), a utilização de critérios adotados em SPC para definir a NC em SPD pode levar à sub ou superestimativa da NC real do solo. Isso ocorre porque os critérios de recomendação de calagem utilizados em SPC são variáveis, segundo os princípios analíticos e os objetivos propostos.

O cálculo na NC em SPD torna-se ainda mais complexo ao considerar que a decomposição de resíduos orgânicos deixados na superfície do solo favorece a acidificação, mas também exerce efeitos positivos sobre a acidez (MIYAZAWA et al., 1993). Com o aumento do teor de matéria orgânica em solos cultivados em SPD, há aumento da eficiência da aplicação de calcário e gesso (SOUZA e LOBATO, 2002). Atualmente, os critérios utilizados para definir a NC em SPD variam de acordo com

a fase em que se encontra o sistema (implantação ou consolidação), conforme será discutido em detalhes abaixo.

### *3.4.1 Fase de implantação*

Antes da implantação do SPD, é preciso realizar a calagem da mesma forma que seria realizada em SPC, ou seja, com aplicação do corretivo de acidez em área total, seguido de incorporação na camada arável (0-20 cm) do solo. A NC deve ser calculada pelo método tradicionalmente utilizado no Estado onde está localizada a área de cultivo.

Uma única aplicação de calcário requer quase um ano para alcançar a sua máxima eficiência, e os benefícios dessa aplicação podem persistir por cinco anos ou mais. Portanto, é preciso considerar os efeitos residuais do calcário entre uma safra e outra ao definir a dose ideal do corretivo a ser aplicada e o momento em que se fará a correção do solo. Durante a fase de implantação do SPD, que consiste nos primeiros cinco anos de cultivo, o solo deve ser analisado anualmente, seguindo os procedimentos de amostragem de solo utilizados no sistema convencional.

NC deve ser determinada com base nas exigências nutricionais da cultura mais sensível à acidez do solo que faz parte do sistema de rotação. Alguns manuais de recomendação sugerem que, após dois ou três anos da implantação do SPD, a NC seja diminuída entre  $\frac{1}{4}$  a  $\frac{1}{2}$  da NC estimada pelo método de recomendação adotado. Nos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, recomenda-se aplicar  $\frac{1}{2}$  (metade) da NC estimada pelo índice SMP para elevar o pH do solo a 6,0 ao iniciar o SPD em solos de campo natural com baixo teor de acidez potencial (CQFSRS/SC, 2016).

### *3.4.2 Fase de consolidação*

Na fase estabelecida ou consolidada do SPD, que tem início após cinco anos de sua instalação, a calagem é realizada em superfície, sem incorporação. Nessa fase, a amostragem deve ser realizada na camada de 0-10 cm de profundidade, com monitoramento constante da camada arável (0-20 cm) do solo. Apenas alguns Estados brasileiros estabelecem critérios de tomada de decisão para a prática da calagem em SPD.

Em Minas Gerais, após a instalação do SPD, a NC deve ser diminuída em  $\frac{1}{3}$  quando a amostragem do solo for realizada na camada de 0-20 cm, e em  $\frac{1}{2}$  quando a amostragem for realizada na camada de 0-10 cm (LOPES et al., 1999). No Estado do Paraná, a calagem superficial deve ser recomendada somente quando o solo apresentar, na camada de 0-5 cm, valor de pH (em CaCl<sub>2</sub>) inferior a 5,6 ou saturação

por bases inferior a 65 % (CAIRES et al., 1999 e 2000). Em solos argilosos, deve-se aplicar entre 1/3 a 1/2 da NC estimada pelo método da saturação por bases ao valor desejado a partir de amostragem na camada de 0-20 cm, aplicando-se no máximo 2,5 t ha<sup>-1</sup> de calcário; e para solos argilo-arenosos e arenosos, deve-se aplicar 1/2 da NC estimada pelo mesmo método, aplicando-se no máximo 2,0 t ha<sup>-1</sup> de calcário (SÁ, 1999).

Nos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, considera-se o valor de pH < 5,5 na camada de 0-10 cm para a tomada de decisão sobre a realização da calagem (CQFSRS/SC, 2016). Se a saturação por bases for maior que 65 % e a saturação por Al<sup>3+</sup> for menor que 10 % na camada de 0-10 cm, pode-se considerar que o calcário não precisa ser aplicado. Nesses Estados, recomenda-se aplicar 1/4 da NC estimada pelo índice SMP para elevar o pH do solo a 6,0 quando a correção da acidez tiver sido realizada na camada abaixo de 10 cm durante a fase de implantação do sistema.

### 3.5 Desafios do sistema plantio direto no Brasil

Embora a adoção do SPD confira uma série de benefícios à qualidade química e biológica do solo, diversos estudos têm evidenciado que nesse sistema de cultivo também podem ocorrer problemas de compactação, reduzindo a qualidade física do solo. Em SPD, a compactação é causada pelo tráfego de máquinas e implementos agrícolas, principalmente em condições de baixa disponibilidade hídrica. Esses implementos, utilizados em SPD, geralmente são mais pesadas que aqueles utilizados em SPC, e isso tem causado alterações na estrutura do solo, formando uma compactação superficial que tem sido indicada como um dos principais problemas observados em áreas de SPD.

De fato, a compactação da superfície do solo em áreas cultivadas em SPD pode prejudicar o desenvolvimento das plantas (ANDRADE et al., 2018). A compactação do solo aumenta a resistência à penetração dos solos e diminui sua permeabilidade ao ar e à água, o que pode levar à concentração das raízes na camada superficial do solo, com reflexos negativos sobre o volume de solo explorado e a absorção de água e nutrientes pelas plantas (SECCO et al., 2009). No entanto, espera-se que o incremento de matéria orgânica no solo e o desenvolvimento de um sistema poroso contínuo e estável possam atenuar os impactos negativos da compactação.

A escarificação vem sendo adotada para minimizar a compactação de solos cultivados em SPD, pois ela reduz a densidade do solo e a sua resistência à penetração, e aumenta a condutividade hidráulica e a taxa de infiltração de água (CAMARA e KLEIN, 2005; COLLARES et al., 2008). Gamero (2008) destaca que, estes implementos não promovem uma inversão de camadas, obtendo-se, com isso, menor alteração da estrutura do solo. No entanto, a escarificação do solo

contrapõe-se aos preceitos do SPD, pois envolve mobilização intensa de solo, maior tráfego de máquinas e implementos agrícolas, além de maior custo de produção (BERTOLINI e GAMERO, 2010).

Algumas estratégias podem ser utilizadas para amenizar os efeitos negativos da compactação do solo em áreas cultivadas em SPD. De acordo com Andrade et al (2018), a velocidade de deslocamento dos tratores durante as operações agrícolas tem grande influência sobre os atributos físicos do solo. Esses autores destacam duas alternativas que poderiam ser utilizadas pelo produtor rural para diminuir o peso do implemento agrícola e/ou aumentar a área de contato entre o implemento e o solo. Uma delas seria a utilização de pneus mais largos e/ ou rodados duplos, ou ainda o uso de pneus de maior diâmetro. Uma alternativa seria diminuir a pressão aplicada pelos pneus no solo, o que estaria relacionada com a calibragem utilizada.

Mesmo diante dessas alternativas para amenizar a compactação do solo, é preciso considerar os efeitos do SPD em longo prazo para a obtenção de todos os benefícios proporcionados por esse sistema. A partir de indicadores para quantificar os impactos do uso e manejo na qualidade física do solo, Bertoli Júnior et al. (2012) verificaram que essa qualidade não foi limitante à produção das culturas em solo cultivado durante 30 anos em SPD. A rotação de culturas, que envolve espécies com sistema radicular vigoroso e profundo, também auxilia na redução da compactação do solo. No entanto, é preciso utilizar espécies de cobertura do solo com sistema radicular pivotante que sejam capazes de romper camadas compactadas, formando bioporos e melhorando a qualidade física do solo.

Em regiões de clima tropical e subtropical, outro desafio é a manutenção de cobertura vegetal sobre a superfície do solo nas áreas cultivadas em SPD. A manutenção de palha na superfície do solo traz uma série de benefícios: diminui o impacto da gota de chuva, protegendo o solo contra compactação e perdas pelo processo de erosão; aumenta a capacidade de infiltração da água no solo, minimizando o escoamento superficial da água e mantendo a umidade do solo ao reduzir a evaporação; assegura uma alta atividade biológica no solo; e auxilia na manutenção ou no aumento da matéria orgânica no perfil do solo.

Nessas regiões, as condições climáticas caracterizadas pela ocorrência de chuvas em grande intensidade e quantidade, associada à temperaturas elevadas durante a maior parte do ano, favorecem a decomposição acelerada da palhada proveniente da cultura anterior. Portanto, é muito difícil manter uma cobertura vegetal sobre a superfície do solo nessas regiões, o que representa outro grande desafio para o SPD no Brasil. Para superar a dificuldade de manutenção da cobertura vegetal sobre a superfície do solo, pesquisa científica tem buscado genótipos de plantas de cobertura adaptados às características edafoclimáticas de regiões tropicais, que sejam capazes de produzir alta quantidade de matéria seca com alta



relação carbono/nitrogênio (C/N). Assim, será possível manter a cobertura vegetal sobre o solo por um período maior durante o ano.

#### 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O manejo adequado da calagem proporciona a correção da acidez do solo e suprimento de nutrientes, conferindo condições favoráveis ao desenvolvimento das plantas. No entanto, mais estudos são necessários para estabelecer os critérios de recomendação de calagem para solos cultivados em sistema plantio direto. Atualmente, apenas alguns Estados brasileiros possuem critérios específicos, enquanto a maioria dos Estados utilizam critérios generalizados com base em recomendações de outras regiões.

A adoção do sistema plantio direto deve seguir todos os seus princípios essenciais para que os benefícios desse sistema sejam obtidos, principalmente em áreas localizadas em regiões de clima tropical e subtropical, onde há inúmeros desafios para o sucesso da produção agrícola. Em síntese, para que o sistema plantio direto seja sustentável e contínuo, o agricultor precisa conscientizar-se do uso dos princípios básicos, principalmente a rotação de culturas e a manutenção de uma cobertura permanente sobre a superfície do solo com resíduos de culturas diversas.

#### REFERÊNCIAS

- ABREU, J.C.H.; MURAOKA, T.; LAVORANTE, A.F. **Exchangeable aluminum evaluation in acid soils**. *Sci Agric*. 60:543–548, 2003.
- ADAMS, F.; MARTIN, J.B. Liming effects on nitrogen use and efficiency. In: HAUCK, R. D. (Ed.). **Nitrogen in crop production**. Madison: American Society of Agronomy, 1984. p. 417-426.
- AMARAL, A.S.; ANGHINONI, I. **Alterações de parâmetros químicos do solo pela reaplicação superficial de calcário no sistema plantio direto**. *Pesq. Agropec. Bras.*, 36:695-702, 2001.
- AMARAL, A.S.; ANGHINONI, I.; HINRICHS, R.; BERTOL, I. **Movimentação de partículas de calcário no perfil de um Cambissolo em plantio direto**. *Rev. Bras. Ciênc. Solo* 28, 359–367, 20047. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832004000200014>.
- ANDRADE, A.T.; TORRES, J.L.R.; PAES, J.M.V.; TEIXEIRA, C.M.; CONDÉ, A.B.T. **Desafios do Sistema Plantio Direto no Cerrado**. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, 39(302), 18-26, 2018.
- ANGHINONI, I.; SALET, R.L. **Amostragem do solo e as recomendações de adubação e calagem no sistema plantio direto. Conceitos e fundamentos do sistema plantio direto**. Lages: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 27-52, 1998.
- BENNETT, J.McL.; GREENE, R.S.B.; MURPHY, B.W.; HOCKING, P.; TONGWAY, D. **Influence of lime and gypsum on long-term rehabilitation of a Red Sodosol, in a semiarid environment of New South Wales**. *Soil Res*. 52, 120–128, 2014. <https://doi.org/10.1071/SR13118>.

BERTOLINI, E.V.; GAMERO, C.A. **Demanda energética e produtividade da cultura do milho com adubação de pré-semeadura em dois sistemas de manejo do solo.** Energia na Agricultura, 25(3), 01-23, 2010.

BETIOLI JÚNIOR, E.; MOREIRA, W.H.; TORMENA, C.A.; FERREIRA, C.J.B.; SILVA, Á.P.D.; GIAROLA, N.F.B. **Intervalo hídrico ótimo e grau de compactação de um Latossolo Vermelho após 30 anos sob plantio direto.** Rev. Bras. Ciênc. Solo, 36(3), 971-982, 2012.

BIAN, M.; ZHOU, M.; SUN, D.; LI, C. **Molecular approaches unravel the mechanism of acid soil tolerance in plants.** Crop J. 1, 91-104, 2013.

BORTOLUZZI, E.C. **Alterações de atributos do solo pela calagem superficial e incorporada a partir de pastagem natural.** Rev. Bras. Ciênc. Solo, 24:797-805, 2000.

CAIRES, E.F.; BANZATTO, D.A.; FONSECA, A.F. **Calagem na superfície em sistema plantio direto.** Rev. Bras. Ciênc. Solo, 24(1), 161-169, 2000.

CAIRES, E.F.; FONSECA, A.F.; MENDES, J.; CHUEIRI, W.A.; MADRUGA, E.F. **Produção de milho, trigo e soja em função das alterações das características químicas do solo pela aplicação de calcário e gesso na superfície, em sistema de plantio direto.** Rev. Bras. Ciênc. Solo, 23(2), 315-327, 1999.

CAIRES, E.F.; GARBUIO, F.J.; CHURKA, G. CORREA, J.C.L. **Effects of soil acidity amelioration by surface liming on no-till corn, soybean, and wheat root growth and yield.** European Journal of Agronomy, 28:57-64, 2008.

CAIRES, E.F.; PEREIRA FILHO, P.R.S.; ZARDO FILHO, R.; FELDHAUS, I.C. **Soil acidity and aluminum toxicity as affected by surface liming and cover oat residues under a no-till system.** Soil Use Manage., 24:302-309, 2008.

CALEGARI, A.; TIECHER, T.; HARGROVE, W.L.; RALISCH, R.; TESSIER, D.; de TOURDONNET, S.; GUIMARÃES, M.D.F.; dos SANTOS, D.R. **Long-term effect of different soil management systems and winter crops on soil acidity and vertical distribution of nutrients in a Brazilian Oxisol.** Soil Till. Res. 133, 32-39, 2013. <http://dx.doi.org/10.1016/j.still>.

CAMARA, R.K.; KLEIN, V.A. **Escarificação em plantio direto como técnica de conservação do solo e da água.** Rev. Bras. Ciênc. Solo, v.29, p.789-796, 2005. DOI: 10.1590/S0100-06832005000500014.

CASSIOLATO, M.E.; MEDA, A.R.; PAVAN, M.A.; MIYAZAWA, M.; de OLIVEIRA, J.C. **Evaluation of oat extracts on the efficiency of lime in soil.** Braz. Arch. Biol. Technol. 43, p. 533-536, 2000. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-89132000000500014>

COCHRANE, T.T. **Understanding and managing acid soils of tropical South America.** In: DETRUCK, P., PONNAMPERUMA, F.N. (eds.), Rice Production on Acid Soils of the Tropics. Institute of Fundamental Studies, Kandy, Sri Lanka, pp. 113-122, 1991.

COLLARES, G.L.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M.; KAISER, D.R. **Compactação de um Latossolo induzida pelo tráfego de máquinas e sua relação com o crescimento e produtividade de feijão e trigo.** Rev. Bras. Ciênc. Solo, v.32, p.933942, 2008. DOI: 10.1590/S0100-06832008000300003.

CQFSRS/SC, Comissão de Química e Fertilidade do Solo. **Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina.** 11º e. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Núcleo Regional Sul. 376 p., 2016.

CRUSCIOL, C.A.C.; ARTIGIANI, A.C.C.A.; ARF, O.; CARMEIS FILHO, A.C.A.; SORATTO, R.P.;

- NASCENTE, A.S.; ALVAREZ, R.C.F. **Soil fertility, plant nutrition, and grain yield of upland rice affected by surface application of lime, silicate, and phosphogypsum in a tropical no-till system.** *Catena* 137, 87-99, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2015.09.009>.
- DEUBEL, A.; HOFMANN, B.; ORZESSEK, D. **Long-term effects of tillage on stratification and plant availability of phosphate and potassium in a loess chernozem.** *Soil Tillage Res.* 117, 85–92, 2011.
- EDMEADES, D.C.; RIDLEY, A.M. **Using Lime to Ameliorate Topsoil and Subsoil Acidity.** In: RENGEL, Z. ed. *Handbook of Soil Acidity.* New York, Marcel Dekker Inc., 2003. p. 297-336.
- ERNANI, P.R.; BAYER, C. & RIBEIRO, M.F.S. **Chemical modifications caused by liming below the limed layer in a predominantly variable charge acidsoil.** *Comm. Soil Sci. Plant Anal.*, 35:889-901, 2004.
- FEBRAPDP - Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha** (2007). Disponível em: <http://www.febrapdp.org.br>.
- FRANCHINI, J.C.; MEDA, A.R.; CASSIOLATO, M.E.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A. **Potencial de extratos de resíduos vegetais na mobilização do calcário no solo por método biológico.** *Sci. Agric.* 58, 357–360, 2001. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162001000200020>.
- FONTOURA, S.M.V.; DE CASTRO PIAS, O.H.; TIECHER, T.; CHERUBIN, M.R.; DE MORAES, R. P.; BAYER, C. **Effect of gypsum rates and lime with different reactivity on soil acidity and crop grain yields in a subtropical Oxisol under no-tillage.** *Soil and Tillage Research*, 193, 27-41, 2019.
- GAMERO, A.C. **Desempenho operacional de um subsolador de hastes com curva-tura lateral (“paraplow”), em função de diferentes velocidades de deslocamento e profundidades de trabalho.** 2008. 72f. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricul-tura) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita filho”, Botucatu, 2008.
- GASSEN, D.; GASSEN, F. **Plantio direto: o caminho do futuro.** Brasil. A Idea Sul Editora, 1996.
- GATIBONI, L.C.; SAGGIN, A.; BRUNETTO, G.; HORN, D.; FLORES, J.P.C.; KAMINSKI, J. & RHEINHEIMER, D.S. **Alterações nos atributos químicos de solo arenoso pela calagem superficial no sistema plantio direto consolidado.** *Ci. Rural*, 33:282-290, 2003.
- GONZALEZ-ERICO, E.; KAMPRATH, E.J.; NADERMAN, G. C.; SOARES, W.V. **Effect of Depth of Lime Incorporation on the Growth of Corn on an Oxisol of Central Brazil 1.** *Soil Science Society of America Journal*, 43(6), 1155-1158, 1979.
- HOLLAND, J.E.; BENNETT, A.E.; NEWTON, A.C.; WHITE, P.J.; MC KENZIE, B.M.; GEORGE, T.S.; PAKEMAN, R.J.; BAILEY, J.S.; FORNARA, D.A.; HAYES, R.C. **Liming impacts on soils, crops and biodiversity in the UK: a review.** *Sci. Total Environ.* 610–11, 316–332, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.08.020>.
- HOUX III, J.H.; WIEBOLD, W.J.; FRITSCHI, F.B. **Long-term tillage and crop rotation determines the mineral nutrient distributions of some elements in a Vertic Epiaqualf.** *Soil and Tillage Research*, 112(1), 27-35, 2011.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola.** Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: [ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao\\_Agricola/Levantamento\\_Sistematico\\_da\\_Producao\\_Agricola\\_\[mensal\]/Fasciculo/lspa\\_201704.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_[mensal]/Fasciculo/lspa_201704.pdf).
- JORIS, H.A.W.; CAIRES, E.F.; SCHARR, D.A.; BINI, A.R.; HALISKI, A. **Liming in the conversion from degraded pastureland to a no-till cropping system in Southern Brazil.** *Soil Till Res.* 162, 68–77, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.still.2016.04.009>.

KAMINSKI, J.; SILVA, L.S.; CERETTA, C.A.; RHEINHEIMER, D.S. **Acidez e calagem no sul do Brasil: Aspectos históricos e perspectivas futuras**. Tópicos em ciência do solo. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 5, 307-332, 2007.

KOCH, D.W.; ESTES, G.O. **Liming Rate and Method in Relation to Forage Establishment - Crop and Soil Chemical Responses**<sup>1</sup>. Agronomy journal, 78(4), 567-571, 1986.

MERTEN, G.H.; ARAÚJO, A.G.; BISCAIA, R.C.M.; BARBOSA, G.M.C.; Conte, O. **No-till surface runoff and soil losses in southern Brazil**. Soil Till. Res. 152, 85-93, 2015. [http://dx. doi. org/10.1016/j.still.2015.03.014](http://dx.doi.org/10.1016/j.still.2015.03.014).

MIKHA, M.M.; VIGIL, M.F.; BENJAMIN, J.G. **Long-term tillage impacts on soil aggregation and carbon dynamics under wheat-fallow in the central Great Plains**. Soil Sci. Soc. Am. J. 77, 594–605, 2013.

MIYAZAWA, M. et al. Neutralização da acidez do perfil do solo por resíduos vegetais. **Informações Agrônomicas**., 92:1-8, 2000. (Encarte Técnico Potafos).

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A.; CALEGARI, A. **Efeito de material vegetal na acidez do solo**. Rev. Bras. Ciênc. Solo, 17:411-416, 1993.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A.; FRANCHINI, J.C. **Evaluation of plant residues on the mobility of surface applied lime**. Braz. Arch. Biol. Technol 45, 251-256, 2002. [http://dx. doi.org/10.1590/S1516-89132002000300001](http://dx.doi.org/10.1590/S1516-89132002000300001).

MOREIRA, S.G.; KIEHL, J.C.; PROCHNOW, L.I.; PAULETTI, V. **Calagem em sistema de semeadura direta e efeitos sobre a acidez do solo, disponibilidade de nutrientes e produtividade de milho e soja**. Rev. Bras. Ciênc. Solo, 25:71-81, 2001.

OLIVEIRA, F. H. T.; NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V, V. H.; CANTARUTTI, R.B.; BARROS, N.F. **Fertilidade do solo no sistema plantio direto**. Tópicos em ciência do solo. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2, 393-486, 2002.

OLMOS, J.I.L.; CAMARGO, M.N. **Ocorrência de alumínio tóxico nos solos do Brasil, sua caracterização e distribuição**. Ciência e Cultura, 28(2), 1976.

PETRERE, C.; ANGHINONI, I. **Alteração de atributos químicos no perfil do solo pela calagem superficial em campo nativo**. Rev. Bras. Ciênc. Solo 25, 885-895, 2001. [http://dx. doi.org/10.1590/S0100-06832001000400011](http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832001000400011).

PÖTTKER, D.; BEN, J.R. **Calagem para uma rotação de culturas no sistema plantio direto**. Rev. Bras. Ciênc. Solo, 22(4), 675-684, 1998.

RECHCIGL, J.E.; WOLF, D.D.; RENEAU Jr., R.B.; KROONTJE, W. **Influence of surface liming on the yield and nutrient concentration of alfalfa established using no-tillage techniques**. Agron. J., 77:956-959, 1985.

RHEINHEIMER, D.D.S.; SANTOS, E.J.D.S.; KAMINSKI, J.; XAVIER, F.M. **Aplicação superficial de calcário no sistema plantio direto consolidado em solo arenoso**. Ciência Rural, 30(2), 263-268, 2000.

RHEINHEIMER, D.S.; TIECHER, T.; GONZATTO, R.; ZAFAR, M.; BRUNETTO, G. **Residual effect of surface-applied lime on soil acidity properties in a long-term experiment under no-till in a Southern Brazilian sandy Ultisol**. Geoderma 313, 7-16, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2017.10.024>.

SÁ, J.C.M. **Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto**. In: SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA,

F.M.S.; LOPES, A.S.; GUILHERME, L.R.G.; FAQUIM, V.; FURTINI NETO, A.E.; CARVALHO, J.G. (eds.). Interrelações fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas. Lavras, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo / Universidade Federal de Lavras, 1999. p. 267-319.

SALET, R.L. **Toxidez de alumínio no sistema plantio direto**. 1998. 109 p. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998.

SECCO, D.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M.; SILVA, V.R. da. **Atributos físicos e rendimento de grãos de trigo, soja e milho em dois Latossolos compactados e escarificados**. Ciência Rural, v.39, p.58-64, 2009. DOI: 10.1590/S0103-84782009000100010.

SOUZA, D. M. G. de; LOBATO, E. **Correção da acidez do solo**. In: \_\_\_\_\_. Cerrado: correção do solo e adubação. Planaltina: EMBRAPA Cerrados, 2002. p. 81-96.

TIECHER, T.; CALEGARI, A.; CANER, L.; RHEINHEIMER, D.S. Soil fertility and nutrient budget after 23-years of different soil tillage systems and winter cover crops in a subtropical Oxisol. Geoderma 308, 78–85, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.geoderma.2017.08.028>.

TIRITAN, C.S.; BULL, L.T.; CRUSCIOL, C.A.C.; CARMEIS FILHO, A.C.A.; FERNANDES, D.M., NASCENTE, A.S. **Tillage system and lime application in a tropical region: soil chemical fertility and corn yield in succession to degraded pastures**. Soil Till Res. 155, 437–447, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.still.2015.06.012>.

TORRES, J.L.R.; PEREIRA, M.G.; LOSS, A. **Produção, decomposição e ciclagem de nutrientes das coberturas de solo utilizadas no sistema de semeadura direta no Cerrado**. In: AMARAL SOBRINHO, N.M.B. do; CHA-GAS, C.I.; ZONTA, E. (org.). Impactos ambientais provenientes da produção agrí-cola: experiências argentinas e brasileiras. São Paulo: Rio de Janeiro: Livre Expressão, 2016. part.2, p.305-338.

VON UEXKÜLL, H.R.; MUTERT, E. **Global extent, development and economic impact of acid soils**. Plant and soil, 171(1), 1-15, 1995.

WONG, M.T.F.; SWIFT, R.S. **Role of organic matter in alleviating soil acidity**. Handbook of soil acidity. Marcel Dekker, New York, 337-358, 2003.

ZAMBROSI, F.C.B.; ALLEONI, L.R.F.; CAIRES, E.F. **Liming and ionic speciation of an Oxisol under no-till system**. Sci. Agric., 65:190-203, 2008.

## PERSISTÊNCIA E LIBERAÇÃO DE NUTRIENTES DE DIFERENTES PALHADAS NO SISTEMA PLANTIO DIRETO ORGÂNICO DE MILHO VERDE

Data de aceite: 12/05/2020

### **Luiz Fernando Favarato**

Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência  
Técnica e Extensão Rural,  
Venda Nova do Imigrante - ES.

### **Jacimar Luis de Souza**

Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência  
Técnica e Extensão Rural,  
Venda Nova do Imigrante - ES.

### **Rogério Carvalho Guarçoni**

Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência  
Técnica e Extensão Rural,  
Venda Nova do Imigrante - ES.

### **Maurício José Fornazier**

Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência  
Técnica e Extensão Rural,  
Venda Nova do Imigrante - ES.

### **André Guarçoni Martins**

Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência  
Técnica e Extensão Rural,  
Venda Nova do Imigrante - ES.

**RESUMO:** O tempo de permanência dos resíduos vegetais sobre o solo e a dinâmica de liberação dos nutrientes são requisitos imprescindíveis para o sucesso do Sistema Plantio Direto. Objetivou-se avaliar a produção de matéria seca, o acúmulo de macronutrientes, a persistência e a liberação de macronutrientes

das palhadas de aveia-preta, tremoço-branco e seu consórcio, durante o ciclo da cultura do milho-verde, no sistema plantio direto orgânico. O trabalho foi disposto no delineamento experimental de blocos casualizados, com seis repetições, seguindo um esquema de parcelas subdivididas 3x5, com três palhadas nas parcelas, aveia-preta, tremoço-branco e consórcio de ambas as espécies e cinco épocas de avaliação nas subparcelas, aos 0, 30, 60, 90 e 120 dias após o manejo. Foram realizadas avaliações de massa da matéria seca e conteúdo de macronutrientes remanescentes em cada época de coleta. As palhadas de tremoço solteiro e do consórcio aveia/tremoço liberaram maior quantidade de todos os macronutrientes aos 120 dias após a roçada. A palhada de tremoço apresentou maior velocidade de liberação de nutrientes e menor persistência. O potássio e o magnésio foram os macronutrientes mais rapidamente liberados dos resíduos das plantas de cobertura em relação aos demais macronutrientes.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Zea mays*, *Avena strigosa*, *Lupinus albus*, decomposição, meia vida.

## PERSISTENCE AND NUTRIENT RELEASE FROM DIFFERENT STRAWING IN ORGANIC NO-TILLAGE SYSTEM OF GREEN CORN

**ABSTRACT:** The residence time of crop residues on the soil and the dynamics of release of nutrients are essential requirements for the success of the no-tillage system. The objective of this work was to evaluate the dry matter production, the macronutrients accumulation, persistence and nutrient release of the black oat straw, lupine white and his intercropping, during the cycle of green corn crop in an organic no-tillage system. This work was arranged in a randomized block design with six replications, following a split plot 3x5, three covers in the plots, black oats, white lupine and intercropping of both species and five evaluation times in the subplots, at 0, 30, 60, 90 and 120 days after the management. It were realized evaluations of dry matter mass and content of remaining macronutrients in each collection time were performed. The lupine straw and the oat/lupine intercropping release greater amounts of all macronutrients in 120 days after mowing. The lupine straw presented a faster nutrients release and lower persistence. The potassium and magnesium were the macronutrients released more quickly of cover crops residue in relation to the others macronutrients.

**KEYWORDS:** *Zea mays*, *Avena strigosa*, *Lupinus albus*, decomposition, half life

### 1 | INTRODUÇÃO

O tempo de permanência dos resíduos vegetais sobre o solo e a dinâmica de liberação dos nutrientes são requisitos imprescindíveis para o sucesso do Sistema Plantio Direto (SPD), uma vez que o mesmo depende da capacidade de gerar matéria seca suficiente para manter o solo coberto durante todo o ano (KLIEMANN et al., 2006).

A palha na superfície do solo constitui reserva de nutrientes, com disponibilização rápida ou lenta, dependendo de fatores como espécie utilizada, manejo, clima, da atividade de macro e microrganismos, composição química da palha e tempo de permanência dos resíduos sobre o solo (MENDONÇA et al., 2015). Neste sentido, quanto menor a persistência da palhada mais rápida será a liberação de nutrientes, consequentemente menor a proteção do solo (CALONEGO et al., 2012).

A taxa de decomposição dos resíduos vegetais é controlada pelas características qualitativas do material vegetal, como a relação C/N e o teor de lignina, além do manejo da palha e do tamanho dos fragmentos (ROSSI et al., 2013). Esses fatores, em conjunto com a ação do clima, influenciam na atividade dos organismos decompositores (CARVALHO et al., 2015).

A velocidade na disponibilização do N proveniente dos restos vegetais de cultivos de plantas de cobertura depende de vários fatores, dos quais os mais

importantes são a quantidade de N acumulada na matéria seca e a relação C/N da palha (KAPPES e ZANCANARO, 2015). Materiais com maior relação C/N, como as gramíneas, permanecem por maior tempo no solo, porém, no início da decomposição, há tendência de maior imobilização de nutrientes, já que a quantidade destes, principalmente de N, disponíveis na palha, não é adequada para a microbiota decompositora, o que implica na imobilização e diminuição da disponibilidade de alguns nutrientes para as culturas.

Por outro lado, a utilização de leguminosas para a produção de palha constitui um manejo favorável ao aumento do teor e disponibilidade de N nos solos, com o inconveniente da sua rápida decomposição, o que propicia pouca cobertura ao solo.

Com ênfase na dinâmica do N e manutenção da palha no SPD, o ideal seria uma palha com C/N intermediária do resíduo vegetal, para ocorrer um equilíbrio entre a manutenção da cobertura do solo e a disponibilização de N para as lavouras subsequentes (PERIN et al., 2010).

Neste sentido, isso seria possível com o consórcio entre gramíneas e leguminosas, pois, geralmente, as gramíneas contribuem com quantidades relativamente elevadas de fitomassa, caracterizada pela elevada relação C/N, já as leguminosas comumente apresentam altos teores de N na matéria vegetal e produzem, em geral, palhas de baixa relação C/N, cuja decomposição é relativamente rápida, com expressiva disponibilização de N para as lavouras subsequentes (PERIN et al., 2006).

Entretanto, para a utilização dos consórcios em regiões tropicais, é necessária a adaptação da tecnologia, por meio da identificação de combinações entre espécies mais adaptadas, além do entendimento da dinâmica de decomposição do material e da imobilização/mineralização de nutrientes no solo.

Diante do exposto, objetivou-se determinar a produção de matéria seca, o acúmulo de macronutrientes, a persistência e a liberação de macronutrientes das palhadas de aveia-preta, tremoço-branco e seu consórcio, durante o ciclo da cultura do milho-verde, no sistema plantio direto orgânico.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido na Unidade de Referência em Agroecologia do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural - INCAPER, localizada no município de Domingos Martins-ES, a uma altitude de 950 m, na qual foram observados picos de precipitação no mês de dezembro, considerando o período de condução do Experimento (Figura 1).



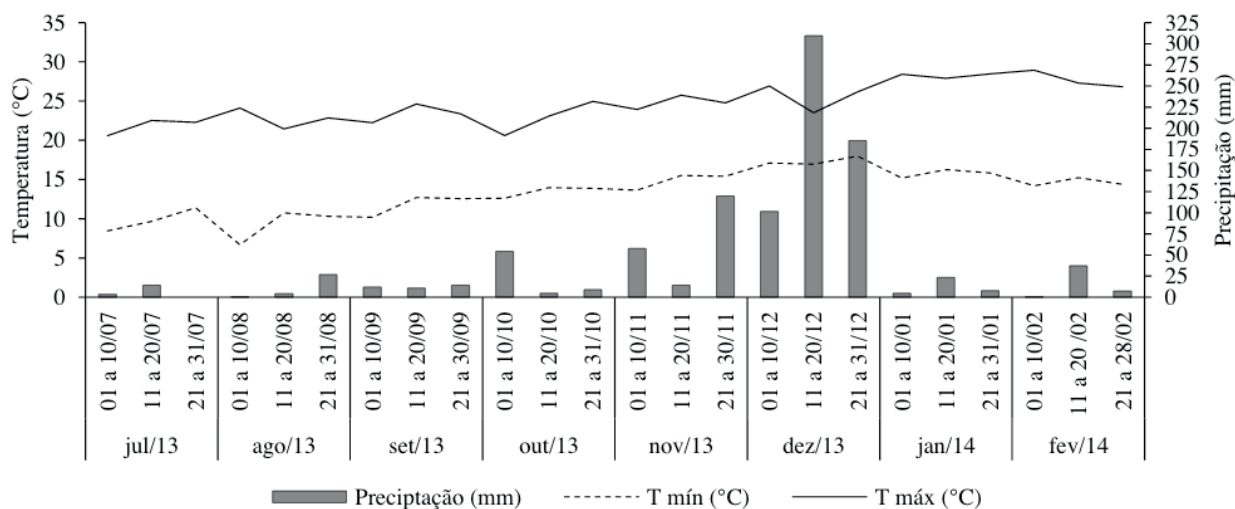


Figura 1. Precipitação (mm) acumulada em dez dias e temperaturas mínima e máxima (°C) durante a realização do experimento, julho de 2013 a fevereiro de 2014.

Toda área da Unidade de Referência é cultivada sob manejo orgânico desde 1990, possuindo 2,5 ha, subdivididos em 15 talhões experimentais, onde se realizam os trabalhos científicos. A presente pesquisa foi desenvolvida no talhão 05, em um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico argiloso (Embrapa, 1999), área que encontra-se sob manejo em SPD orgânico desde 2009, sendo dividida em faixas isoladas fisicamente por placas de concreto enterradas a 0,40 m de profundidade, nas quais se realizaram os cultivos sucessivos de repolho sobre plantas de cobertura de verão (crotalária, milho e consócio de ambas as espécies) e de berinjela sobre plantas de cobertura de inverno (tremoço-branco, aveia-preta e consócio de ambas as espécies).

O experimento ora apresentado foi realizado no período de julho de 2013 a fevereiro de 2014, tendo sido feita a caracterização química do solo, na profundidade 0-20 cm: pH (6,5), P (606,6 mg dm<sup>-3</sup>), K<sup>+</sup> (290,2 mg dm<sup>-3</sup>), Ca<sup>2+</sup> (6,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>), Mg<sup>2+</sup> (1,2 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) Al (0,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>), H<sup>+</sup>Al (2,3 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>), SB (8,1 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>), t (8,1 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>), T (10,4 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>), V (77,5 %) e MO (4,5 dag kg<sup>-1</sup>).

Os tratamentos foram dispostos em um esquema de parcelas subdivididas, sendo três palhadas nas parcelas e cinco épocas de avaliação nas subparcelas, totalizando 15 tratamentos. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com seis repetições, gerando um total de 90 unidades experimentais.

As diferentes palhadas foram compostas por uma espécie gramínea (G), representada pela aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb.), uma espécie leguminosa (L), representada pelo tremoço-branco (*Lupinus albus* L.) e o consócio com as duas espécies (G + L). A persistência das palhadas sobre a superfície do solo foi avaliada aos 0, 30, 60, 90 e 120 dias após o início da decomposição no campo.

As plantas de cobertura foram semeadas no dia 10/07/2013 espaçadas de 0,33 m nas entrelinhas, em parcelas de quatro metros de largura e seis metros

de comprimento, tanto nos cultivos solteiros quanto no consórcio. A densidade de sementes nos sistemas solteiros foi de: 144 gramas por parcela para a aveia-preta ( $60 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e 204 gramas por parcela para o tremoço ( $85 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Nos consórcios, as densidades de semeadura e os gastos de sementes foram reduzidos pela metade, devido aos plantios serem realizados em linhas alternadas. Foram realizadas irrigações e capinas nas entrelinhas das plantas de cobertura conforme a necessidade.

Aos 98 dias após a semeadura, foi feita a roçada das plantas de cobertura com roçadora costal motorizada. Após a roçada foi realizada a coleta de material com um quadrado de 1,0 m de lado, lançado aleatoriamente em cada parcela. Todo o material na área do quadrado, em cada parcela, foi coletado, determinando-se a massa de matéria fresca (MMF) e posteriormente levado para a estufa de circulação forçada de ar a  $65^{\circ}\text{C}$ , até atingir peso constante, para a determinação da massa de matéria seca (MMS). Após a secagem e determinação da matéria seca, o material foi moído em moinho tipo willey, sendo as amostras dos tratamentos enviadas para o Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas do INCAPER para determinação de N, P, K, Ca, Mg e S. Foi realizada mineralização por via úmida com digestão sulfúrica para o N e nítrico-perclória para os demais macronutrientes (TEDESCO et al., 1995).

A avaliação da persistência das palhadas no campo foi realizada em sacolas de decomposição “litter bags” com malha de 2 mm e dimensões de 0,25 x 0,25 m (AMADO et al., 2002). Em cada “litter bag” foram colocados 30 g de matéria seca de fragmentos do material de cada palhada roçada.

No dia 17/10/2013 os “litter bags” foram levados a campo para as respectivas parcelas das quais as palhadas foram originadas. Aos 30, 60, 90 e 120 dias após o início da decomposição no campo, os “litter bags” foram coletados e levados para estufa de circulação forçada de ar a  $65^{\circ}\text{C}$ , até atingirem peso constante, para a determinação da matéria seca remanescente e teores de macronutrientes.

Após a roçada dos materiais foi feita a aplicação de composto orgânico (Tabela 1) na dose de  $1,5 \text{ kg m}^{-2}$  (peso seco) distribuído uniformemente, a lanço, sobre todas as parcelas experimentais precedendo a semeadura da cultura do milho-verde, a qual foi realizada no dia 18/10/2013, com o auxílio de semeadora manual apropriada para o SPD, utilizando o híbrido comercial AG 1051, no espaçamento de 1,0 m entre linhas e 0,20 m entre plantas, preconizando um estande final de  $50.000 \text{ plantas ha}^{-1}$ .

Produto	M.O	C/N	pH	Macronutrientes (dag kg <sup>-1</sup> )					Micronutrientes (mg kg <sup>-1</sup> )				
	(dag kg <sup>-1</sup> )			N	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn	B
Composto	33	13/1	7,8	1,5	0,7	1,7	1,8	0,3	92	100	15.100	281	32

Tabela 1. Composição do composto orgânico usado nas adubações. INCAPER, Domingos Martins-ES, 2014.

Os dados de matéria seca e o conteúdo de macronutrientes remanescentes em cada período de decomposição foram submetidos à análise de variância com aplicação do teste F a 5 % entre os tratamentos; havendo significância, os valores médios, para os tratamentos, foram comparados entre si pelo teste de Tukey a 5 %.

Para descrever a decomposição dos resíduos vegetais e a liberação dos macronutrientes estudados, foi utilizado o modelo matemático exponencial descrito por Thomas e Asakawa (1993), do tipo  $X = X_0 e^{-kt}$ , em que X é a quantidade de matéria seca remanescente após um período de tempo t, em dias;  $X_0$  é a quantidade inicial de matéria seca ou de nutriente; e k é a constante de decomposição do resíduo. Com o valor de k, foi calculado a meia-vida, que expressa o período de tempo necessário para que metade dos resíduos se decomponham ou para que metade dos nutrientes contidos nos resíduos seja liberada.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na avaliação de produtividade de matéria seca das plantas de cobertura, observou-se que o consórcio aveia/tremoço se sobressaiu, produzindo 7.134 kg ha<sup>-1</sup>, valor significativamente superior em 13,58 e 26,26 %, respectivamente, às produtividades de palha de tremoço e aveia em cultivo solteiro (Tabela 2).

Tratamento	Dias após a roçada									
	0		30		60		90		120	
	-----kg ha <sup>-1</sup> -----									
G	5.695,02	b	3.651,04	a	2.212,84	a	1.814,65	a	1.559,80	a
L	6.280,83	b	3.241,88	a	1.886,08	a	1.001,52	a	475,76	b
G + L	7.133,85	a	3.857,75	a	2.001,63	a	1.513,33	a	1.040,26	ab

Tabela 2. Médias de massa da matéria seca de palhada das plantas de cobertura (kg ha<sup>-1</sup>) avaliadas em relação aos diferentes períodos de manutenção no “litter bags” após a roçada. INCAPER, Domingos Martins-ES, 2014.

1Médias seguidas de uma mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.  
G – SPD orgânico com palha de gramínea; L – SPD orgânico com palha de leguminosa; G + L – SPD orgânico com palha de gramínea + leguminosa.

De forma similar, Souza e Guimarães (2013) trabalhando na mesma área de cultivo, obtiveram produtividades semelhantes às observadas no presente trabalho,

obtendo 7.600 kg ha<sup>-1</sup> de matéria seca de palha no consórcio aveia/tremoço no ano de 2011.

Os valores iniciais de produtividade de matéria seca de palha em todos tratamentos podem ser considerados suficiente para se obter boa cobertura do solo e, conseqüentemente manutenção do plantio direto, pois apresentam-se próximos aos 6.000 kg ha<sup>-1</sup> propostos por Nunes et al. (2006) para uma eficiente cobertura.

Considerando a quantidade de palha remanescente nas diferentes épocas avaliadas, estimada a partir da decomposição ocorrida nos "litter bags", foi observado que aos 120 dias após a roçada das plantas de cobertura, ocorreu redução de 72,7, 92,4 e 85,4 %, respectivamente para as palhadas de aveia-preta, tremoço-branco e consórcio (Tabela 2). Crusciol et al. (2008) verificaram redução de, aproximadamente, 66% da massa da matéria seca da palhada de aveia-preta, com apenas 53 dias após o manejo das plantas de cobertura com rolo faca, valor superior ao verificado neste trabalho com 44,1 % aos 53 dias após a roçada.

De acordo com o experimento conduzido por Ceretta et al. (2002), a taxa de decomposição do resíduo da parte aérea da aveia-preta foi mais influenciada pela quantidade produzida do que pelo teor de N mineral do solo. Ainda, segundo os mesmos autores, os percentuais de decomposição de matéria seca de aveia-preta após 115 dias do manejo variaram entre 77 a 81%, quando foi aplicado N no perfilhamento, e entre 83% e 87% quando não foi aplicado N na aveia.

Com base nestes resultados, evidencia-se a maior persistência da palhada de aveia-preta em cultivo solteiro e do consórcio aos 120 dias após o início da decomposição, superando a quantidade de palha produzida pelo tremoço-branco em 227,8 % e 118,7 %, respectivamente. Este fato também pode ser confirmado pela meia vida (tempo para redução de 50% da matéria seca inicial) com valores de 63, 33 e 43 dias, respectivamente, para palhadas de aveia, tremoço e do consórcio de ambos. Esses valores decorrem da maior relação C/N da aveia-preta (na ordem de 30), comparativamente ao tremoço-branco, o que a caracteriza como planta de alta persistência e durabilidade, com menor taxa de decomposição.

Crusciol et al. (2008), estudando as taxas de decomposição e de liberação de macronutrientes da palhada de aveia-preta em plantio direto, verificaram que a relação C/N da palhada de aveia-preta elevou-se de forma linear com o tempo após o manejo, passando, inicialmente, de 35 para 50, aos 53 dias após o manejo com rolo faca.

O modelo exponencial foi o que melhor explicou a taxa de decomposição dos resíduos vegetais (Figura 2). Com base nas equações selecionadas, determinaram-se os índices invariantes de decomposição (k), com valores de -0,011, -0,021 e -0,016, respectivamente para palhada de aveia, tremoço e consórcio, que evidenciam maior decomposição da palhada de tremoço, uma decomposição intermediária para

palhada do consórcio e menor para palhada de aveia.

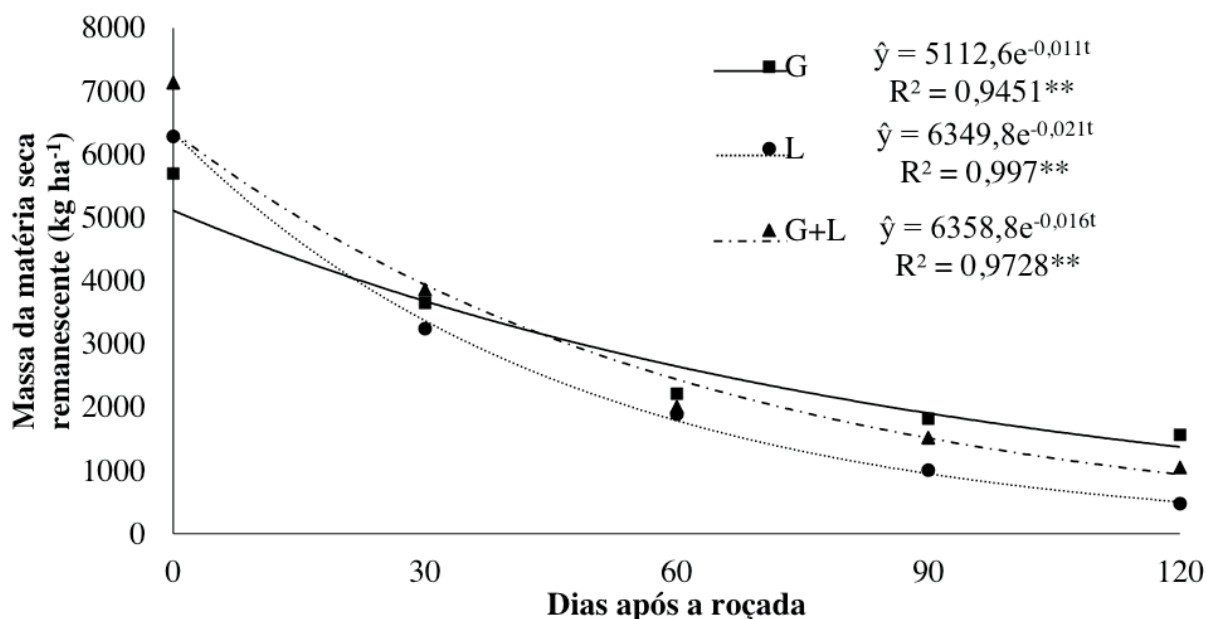


Figura 2. Estimativa da massa de matéria seca remanescente das plantas de cobertura em função do tempo (t) após a roçada. \*\* = significativo a 1%, pelo teste F. G – SPD orgânico com palha de gramínea; L – SPD orgânico com palha de leguminosa; G + L – SPD orgânico com palha de gramínea + leguminosa.

Aita e Giacomini (2003) observaram que a presença da aveia em consórcios com ervilhaca ocasionou aumento na relação C/N da fitomassa e contribuiu para diminuir a velocidade de decomposição dos resíduos culturais, em relação à ervilhaca solteira. Este fato também foi observado no presente trabalho, com relação C/N de 18, 30 e 21 para palhadas de tremoço, aveia e consórcio. A redução na taxa de decomposição é vantajosa, uma vez que, preserva maior quantidade de resíduos culturais sobre o solo, contribuindo para a manutenção da sua umidade e para proteção contra um possível efeito erosivo da chuva. Entretanto este maior valor da relação C/N pode proporcionar maior competição entre os microrganismos e a cultura em questão pelo N.

A quantidade de macronutrientes acumulados nas diferentes palhadas, no dia da roçada (Tabela 3) indica que, no geral, as palhadas de tremoço-branco solteiro e em consórcio com aveia-preta acumularam maiores quantidades de macronutrientes, com exceção do enxofre, que esteve em maior quantidade apenas nas palhadas do consórcio. Essas diferenças do acúmulo de nutrientes estão relacionadas à produção de matéria seca e ao teor de nutrientes contido na matéria seca, intrínseco a cada material. Essas observações corroboram os resultados de Souza & Guimarães (2013), que também observaram tendência muito semelhante, trabalhando com as mesmas espécies de plantas de cobertura.

Tratamento	Dias após a roçada									
	0		30		60		90		120	
-----kg ha <sup>-1</sup> -----										
Nitrogênio										
G	158,25	b	87,24	a	32,99	a	26,42	a	20,99	a
L	176,19	ab	69,03	a	34,84	a	14,02	a	6,15	a
G + L	180,06	a	80,61	a	33,00	a	26,59	a	17,25	a
Fósforo										
G	18,48	b	13,53	ab	6,78	a	5,11	a	3,76	a
L	20,88	ab	11,63	b	5,87	a	2,78	a	1,03	a
G + L	23,69	a	15,48	a	6,96	a	4,37	a	2,71	a
Potássio										
G	112,11	b	37,82	a	0,61	a	0,52	a	0,46	a
L	175,37	a	32,73	a	0,72	a	0,37	a	0,13	a
G + L	162,23	a	41,53	a	0,57	a	0,46	a	0,34	a
Cálcio										
G	28,79	b	13,59	b	6,50	a	4,95	a	3,58	a
L	53,20	a	23,47	a	11,70	a	5,67	a	2,23	a
G + L	51,44	a	21,08	ab	8,42	a	5,51	a	2,86	a
Magnésio										
G	6,53	b	4,47	a	0,65	a	0,59	a	0,48	a
L	9,96	a	5,51	a	0,72	a	0,30	a	0,17	a
G + L	12,18	a	5,39	a	0,74	a	0,48	a	0,35	a
Enxofre										
G	6,15	b	3,55	a	1,24	a	0,97	a	0,82	a
L	6,49	b	3,27	a	0,98	a	0,55	a	0,19	a
G + L	9,02	a	4,29	a	1,19	a	0,81	a	0,56	a

Tabela 3. Conteúdo de macronutrientes remanescentes na matéria seca das plantas de cobertura em função do tempo após a roçada. INCAPER, Domingos Martins-ES, 2014.

1Médias seguidas de uma mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. G – SPD orgânico com palha de gramínea; L – SPD orgânico com palha de leguminosa; G + L – SPD orgânico com palha de gramínea + leguminosa.

O modelo exponencial foi selecionado para explicar o conteúdo de nutrientes retido nas palhadas, de acordo com o período decorrido após o corte (Figura 3).

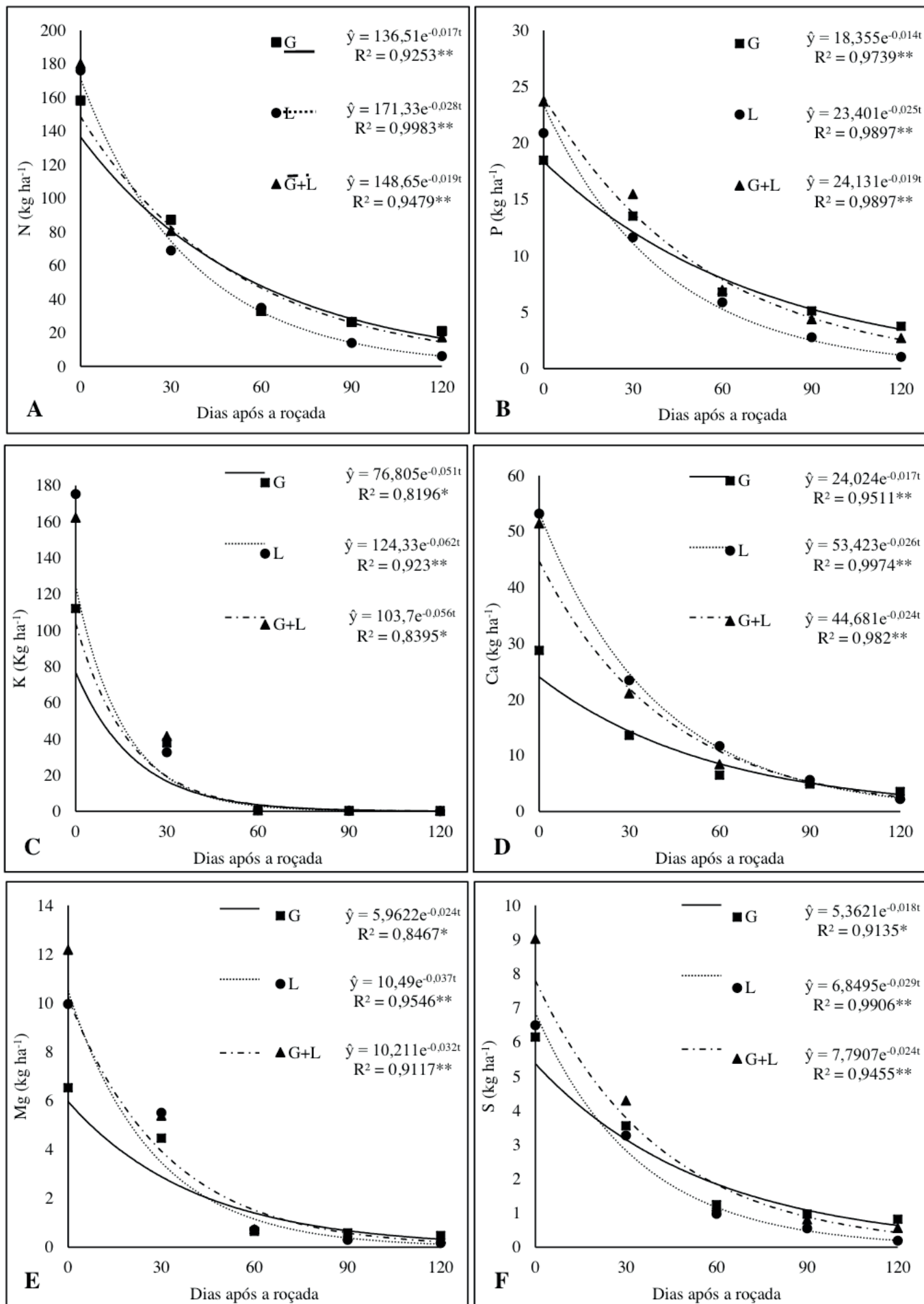


Figura 3. Estimativas das quantidades de nitrogênio (A), fósforo (B), potássio (C), cálcio (D), magnésio (E) e enxofre (F) na matéria seca das plantas de cobertura em função do tempo após a roçada. \* = significativo a 5%; \*\* = significativo a 1%, pelo teste F. G – SPD orgânico com

palha de gramínea; L – SPD orgânico com palha de leguminosa; G + L – SPD orgânico com palha de gramínea + leguminosa.

O nitrogênio foi liberado com maior intensidade até os 60 dias após o corte das plantas de cobertura, época na qual, em média, 80 % do conteúdo total havia sido liberado.

No entanto, nota-se que a constante de liberação deste nutriente foi maior para a palha de tremoço-branco (0,028), intermediária para a palha do consórcio (0,019) e menor para a palha de aveia-preta (0,017), proporcionando, respectivamente, meia vida ( $t_{1/2}$ ) de 25, 36 e 41 dias (Tabela 4).

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S
	-----dias-----					
G	41	52	14	41	29	39
L	25	28	11	27	19	24
G+L	36	36	12	29	22	29

Tabela 4. Tempo de meia vida ( $t_{1/2}$ ) de liberação de macronutrientes nos tratamentos G, L e G+L. INCAPER, Domingos Martins-ES, 2014.

Com a utilização de consórcio entre gramíneas e leguminosas, existe menor competição pelo N presente no solo, pois a leguminosa se sustenta com o N que advém da atmosfera. Conforme Cherubin et al. (2014), a aveia possui grande capacidade em extrair N mineral do solo, proveniente da mineralização da matéria orgânica ou adubação, sendo esse um dos motivos da alta quantidade de acúmulo de N na MS da parte aérea.

O acúmulo de N proporcionado pela aveia-preta, verificado no presente estudo, é superior ao encontrado por Doneda (2012), com 54,1 kg ha<sup>-1</sup> de N na matéria seca. No trabalho de Ceretta et al. (2002) foram observados para a aveia-preta média de 61,5 kg ha<sup>-1</sup> para o N acumulado na matéria seca da parte aérea (5,7 t ha<sup>-1</sup>). Souza e Guimarães (2013), obtiveram um acúmulo de N correspondente a 147, 204 e 219 kg ha<sup>-1</sup> na média de dois anos de cultivo, para aveia preta, tremoço e consórcio, respectivamente.

No tempo de decomposição de 25 dias, época em que as plantas de milho encontravam-se no estágio V4, as palhadas de tremoço, aveia e consórcio foram capazes de fornecer à cultura, respectivamente, 85,6; 47,3 e 56,2 kg ha<sup>-1</sup> de N. Neste estágio ocorre a diferenciação das espigas e definição do número de fileiras (SANGOI et al., 2010), de forma que, o fornecimento do N pode garantir às plantas a possibilidade de expressar seu potencial produtivo.

Para fósforo, observou-se maior  $t_{1/2}$  para palhada de aveia-preta (52 dias) e menor para palhada de tremoço (28 dias), com valor intermediário para palhada



do consórcio (36 dias) (Tabela 4). Esse padrão demonstra que os fatores e mecanismos responsáveis pela decomposição dos resíduos vegetais interferem diretamente na liberação de P (ligados estruturalmente a moléculas protéicas e em compostos relacionados ao transporte de energia). Ou seja, a maior relação C/N e maior proporção de colmos da aveia acarretam diminuição da velocidade de decomposição da matéria seca, quando comparado ao tremoço. Em contrapartida, a menor relação C/N e a maior proporção de folhas do tremoço, além de aumentarem a velocidade de decomposição da matéria seca, propiciam maior contato entre as folhas e o solo, culminando em maior área exposta para ação dos organismos decompositores. Esta condição favorece maior taxa de decomposição e, por sua vez, maior liberação de P dos resíduos culturais (COSTA et al., 2014).

Na Figura 3B, observa-se que a maior proporção do P (em média 70%) foi liberada até os 60 dias após a roçada das palhadas, o que corresponde a 10,43; 18,18 e 16,42 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente para as palhadas de aveia, tremoço e consórcio. Crusciol et al. (2008) caracterizou a aveia-preta como excelente recicladora desse elemento pouco solúvel, obtendo, aos 53 dias após o manejo, 12,7 kg ha<sup>-1</sup>.

Quanto ao K, o ajuste dos dados à função exponencial ocorreu pela acentuada liberação inicial (em média 75 % do total) deste elemento até o 30º dia após o manejo das palhadas (Figura 3C), com posterior redução em função da baixa quantidade do K remanescente no tecido vegetal.

A rápida liberação de K ocorre em função do elemento não estar associado a componentes estruturais do tecido vegetal (MARSCHNER, 2012). Esse nutriente não é metabolizado na planta e forma ligações com complexos orgânicos de fácil reversibilidade (MATEUS et al., 2017). Assim, à medida que a parte aérea das plantas de cobertura inicia o processo de secagem e se decompõe, a concentração de K no tecido vegetal diminui drasticamente, pois é facilmente lavado pela água das chuvas, após o rompimento das membranas plasmáticas (CALONEGO et al., 2012). Desta forma, a pluviosidade observada no período da decomposição das palhadas (Figura 1) pode ter contribuído para uma maior lixiviação do K dos resíduos vegetais.

Giacomini et al. (2004) também observaram rápida liberação de K do tecido da aveia, da ervilhaca e do nabo forrageiro, com taxa de liberação do K em torno de 4,5 vezes maior do que a do P. Alguns estudos mostram a rápida velocidade de liberação do K, independente da espécie envolvida e da época do corte, fato observado no presente trabalho e evidenciado pelos valores de  $t_{1/2}$  para o K, que se apresentaram semelhantes para todas as plantas de coberturas. Este fato provavelmente está associado à natureza do nutriente ocorrer de forma iônica nas plantas, não participando de nenhuma estrutura orgânica (TAIZ e ZEIGER, 2016). Sorato e Crusciol (2007) relatam que o K é o nutriente mais solúvel nos extratos dos

resíduos vegetais.

Para o Ca, verificou-se que as palhadas de tremoço e do consórcio acumularam, respectivamente, 53,2 e 51,4 kg ha<sup>-1</sup>, superando em 84,7 e 78,6 % o acúmulo de Ca na palhada de aveia-preta, na época do corte (Tabela 3). Viola et al. (2013) avaliando o acúmulo e a liberação de nutrientes de plantas de cobertura de solo (nabo forrageiro, ervilhaca comum, ervilha forrageira e tremoço) verificaram que o tremoço foi uma das espécies que tiveram os maiores acúmulos de cálcio, obtendo valores próximos a 80 kg ha<sup>-1</sup>.

Este maior acúmulo, provavelmente, deve-se a presença da espécie leguminosa na composição da palhada, uma vez que as leguminosas são normalmente mais ricas em cálcio que as gramíneas (Moreira et al., 2013). Isso acontece devido às gramíneas apresentarem baixa capacidade de troca de cátions na raiz (CTC de raiz), e os solos, principalmente os que apresentam maior CTC no manejo orgânico, como o solo do presente trabalho, adsorvem mais fortemente nos sítios de troca cátions de maior valência ( $Al^{3+} > Ca^{2+} > K^+$ ) (OLIVEIRA et al. 2009). Portanto, as gramíneas seriam mais eficientes na remoção de cátions monovalentes ( $K^+$ ) do solo, por competição dos sítios de ligação, que poderiam interferir negativamente na absorção de cálcio, caracterizando o antagonismo entre os nutrientes (MARSCHNER, 2012).

Observou-se liberação gradativa de cálcio a partir da palhada de aveia, com  $t_{1/2}$  de 41 dias, e liberação mais rápida para palhada de tremoço e consórcio, com  $t_{1/2}$  de 27 e 29 dias, respectivamente (Tabela 4). O Ca é um elemento que faz parte da composição estrutural das células (como parede celular); além disso, é cofator de algumas enzimas envolvidas na hidrólise de ATP e de fosfolipídios e mensageiro secundário na regulação metabólica (TAIZ e ZEIGER, 2016). Estas características conferem ao Ca maior dificuldade de ser mineralizado das palhadas e liberado para o solo. Como consequência, tem-se um grande acúmulo deste nutriente em plantas que apresentam um colmo mais lignificado na maturação, como a aveia-preta (BOER et al., 2007).

Para o Mg, verifica-se a mesma tendência observada para o Ca, com liberação gradativa para palhada de aveia-preta ( $t_{1/2}$  de 29 dias) e mais rápida para palhadas de tremoço ( $t_{1/2}$  de 19 dias) e consórcio ( $t_{1/2}$  de 22 dias). Aos 60 dias, observa-se que quase todo o Mg foi liberado (Figura 3E), chegando aos 76, 89 e 85 % da quantidade inicial, respectivamente, para as palhadas de aveia, tremoço e consórcio. Segundo Marschner (2012), 70% do Mg atua no vacúolo, sendo rapidamente liberada, uma vez que esta porção não faz parte de constituintes celulares. O restante do Mg (30%) é liberado posteriormente de forma gradual, pois faz parte de compostos estruturais das plantas.

Para o S, verifica-se maior acúmulo na palhada do consórcio, superando em 46,6 e 38,9 % a quantidade acumulada nas palhadas de aveia e tremoço solteiros,

respectivamente. Quanto à liberação do S, nota-se comportamento semelhante ao observado para Ca e Mg (Figura 3F), com liberação gradativa para palhada de aveia e mais rápida para as palhadas de tremoço e consórcio, confirmado também pelos valores de  $t_{1/2}$  (39, 24 e 29 dias). Ao final do estudo, as palhadas de aveia, tremoço e consórcio havia ciclado, respectivamente, 88,4; 96,9 e 94,4 % do total acumulado, o que corresponde a 4,74; 6,63 e 7,73 kg ha<sup>-1</sup> de S.

De modo geral, a palhada do consórcio proporcionou maior produção de matéria seca, e acúmulo de nutrientes, com taxa de decomposição e liberação intermediárias às palhadas de aveia e tremoço solteiras, garantindo boa cobertura do solo e liberação sincronizada de nutrientes durante o crescimento e desenvolvimento da cultura do milho. Como observado por Perin et al. (2006), avaliando a decomposição e liberação de nitrogênio de palhadas de milheto, crotalária e consórcio, observou que o cultivo prévio de crotalária+milheto resultou em maior produtividade do milho que a crotalária e milheto solteiras, atribuindo esse resultado ao efeito da liberação de N mais sincronizada com o requerimento do milho.

#### 4 | CONCLUSÕES

O consórcio aveia-preta e tremoço-branco produziu maior quantidade de matéria seca. Os maiores acúmulos de macronutrientes, com exceção do enxofre, foram verificados na palhada de tremoço e do consórcio. As palhadas de tremoço solteiro e do consórcio aveia/tremoço liberaram maior quantidade de todos os macronutrientes aos 120 dias após a roçada. A palhada de tremoço apresentou maior velocidade de liberação de nutrientes e menor persistência. O potássio e o magnésio foram os macronutrientes mais rapidamente liberados dos resíduos das plantas de cobertura em relação aos demais macronutrientes.

#### AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo pelo apoio financeiro. Ao Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural pelo apoio técnico. À Universidade Federal de Viçosa pelo apoio técnico.

#### REFERÊNCIAS

AITA, C.; GIACOMINI, S. J. **Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.27, n.4, p.601-612, 2003.

AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. **Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob plantio direto.** Revista

Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.26, n.1, p.241-248, 2002.

BOER, C. A.; ASSIS, R. L.; SILVA, G. P.; BRAZ, A. J. B. P.; BARROSO, A. L. L.; CARGNELUTTI FILHO, A.; PIRES, F. R. **Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.42, n.9, p.1269-1276, 2007.

CALONEGO, J. C.; GIL, F. C.; ROCCO, V. F.; SANTOS, E. A. **Persistência e liberação de nutrientes da palha de milho, braquiária e labe-labe**. Bioscience Journal, v.28, n.5, p.770-781, 2012.

CERETTA, C. A.; BASSO, C. J.; HERBES, M. G.; POLETTI, N.; SILVEIRA, M. J. da. **Produção e decomposição de fitomassa de plantas invernais de cobertura de solo e milho, sob diferentes manejos da adubação nitrogenada**. Ciência Rural, Santa Maria, v.32, n.1, p.49-54, 2002.

CARVALHO, A. M.; COSER, T. R.; REIN, T. A.; DANTAS, R. A.; SILVA, R. R.; SOUZA, K. W. **Manejo de plantas de cobertura na floração e na maturação fisiológica e seu efeito na produtividade do milho**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.50, n.7, p.551-561, 2015.

CHERUBIN, M. R.; FABRIS, C.; WEIRICH, S. W.; ROCHA, E. M. T.; BASSO, C. J.; SANTI, A. L.; LAMEGO, F. P. **Desempenho agrônomo do milho em sucessão a espécies de cobertura do solo sob sistema plantio direto no Sul do Brasil**. Global Science and Technology, v.7, n.1, p.76-85, 2014.

CRUSCIOL, C. A. C.; MORO, E.; LIMA, E. V.; ANDREOTTI, M. **Taxas de decomposição e de liberação de macronutrientes da palhada de aveia-preta em plantio direto**. Bragantia, Campinas, v.67, n.2, p.481-489, 2008.

DONEDA, A.; AITA, C.; GIACOMINI, S. J.; MIOLA, E. C. C.; GIACOMINI, D. A.; SCHIRMANN, J.; GONZATTO, R. **Fitomassa e decomposição de resíduos de plantas de cobertura puras e consorciadas**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.36, p.1714-1723, 2012.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.

GIACOMINI, S. J.; AITA, C.; CHIAPINOTTO, I. C.; HÜBNER, A.P.; MARQUES, M. G.; CADORE, F. **Consortiação de plantas de cobertura antecedendo o milho em plantio direto**. II - Nitrogênio acumulado pelo milho e produtividade de grãos. Revista Brasileira de Ciências do Solo, Viçosa, v.28, p.751-762, 2004.

KAPPES, C.; ZANCANARO, L. **Sistemas de consórcios de braquiária e de crotalárias com a cultura do milho**. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.14, n.2, p. 219-234, 2015

KLIEMANN, H. J.; BRAZ, A. J. P. B.; SILVEIRA, P. M. **Taxas de decomposição de resíduos de espécies de cobertura em latossolo vermelho distroférico**. Pesquisa Agropecuária Tropical, Goiânia, v.36, n.1, p.21-28, 2006.

MARSCHNER P. **Marschner's mineral nutrition of higher plants**. 3rd.ed. New York: Academic Press; 2012.

MATEUS, G. P.; ARAÚJO, H. S.; CRUSCIOL, C. A. C.; BORGES, W. L. B. **Decomposição e teor de macronutrientes da palhada em função do manejo do solo e rotação de culturas em áreas de reforma de canal**. Nucleus, Edição Especial, p.93-102, 2017.

MENDONÇA, V. Z.; MELLO, L. M. M.; ANDREOTTI, M.; PARIZ, C. M.; YANO, E. H.; PEREIRA, F. C. B. L. **Liberação de nutrientes pela palhada de forrageiras consorciadas com milho e sucessão com soja**. Revista Brasileira de Ciência do solo, Viçosa, v.39, p.183-193, 2015.

MOREIRA, J. F. M.; COSTA, K. A. P.; SEVERIANO, E. C.; SIMON, G. A.; CRUVINEL, W. S.; BENTO,

- J. C. **Nutrientes em cultivares de *Brachiaria brizantha* e estilosantes em cultivo solteiro e consorciado.** Archivos de Zootecnia, v.62, n.240, p.513-523, 2013.
- NUNES, U. R.; ANDRADE JÚNIOR, V. C.; SILVA, E. B.; SANTOS, N. F.; COSTA, H. A. O.; FERREIRA, C. A. **Covering crops straw production and common bean productivity in no-tillage system.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.41, n.6, p.43-948, 2006.
- OLIVEIRA, I. P. de., COSTA, K. A. de. P., FAQUIN, V., MACIEL, G. A., NEVES, B. P. de., MACHADO, E. L. **Efeitos de fontes de cálcio no desenvolvimento de gramíneas solteiras e consorciadas.** Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v.33, n.2, p.592-598, 2009.
- PERIN, A.; SANTOS, R. H. S.; CABALLERO, S. S. U.; GUERRA, J. G. M.; GUSMÃO, L. A. **Acúmulo e liberação de P, K, Ca e Mg em crotalária e milheto solteiros e consorciados.** Revista Ceres, v.57, n.2, p.274-281, 2010.
- PERIN, A.; SANTOS, R. H. S.; URQUIAGA, S. S.; CECON, P. R.; GUERRA, J. G. M.; FREITAS, G. B. de. **Sunnhemp and millet as green manure for tropical maize production.** Scientia Agricola, Piracicaba, v.63, n.5, p.453-459, 2006.
- ROSSI, C. Q.; PEREIRA, M. G.; GIÁCOMO, S. G.; BETTA, M.; POLIDORO, J. C. **Decomposição e liberação de nutrientes pela palhada de braquiária, sorgo e soja em áreas de plantio direto no cerrado goiano.** Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v.34, n.4, p.1523 - 1534, 2013.
- SANGOI, L.; SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G.; RAMBO, L. **Ecofisiologia da cultura do milho para altos rendimentos.** Lages: Graphel, 2010.
- SOUZA, J. L.; GUIMARÃES, G. P. **Rendimento de massa de adubos verdes e o impacto na fertilidade do solo em sucessão de cultivos orgânicos.** Bioscience Journal, Uberlândia, v.29, n.6, p.1796-1805, 2013.
- SORATO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. C. **Cátions hidrossolúveis na parte aérea de culturas anuais mediante aplicação de calcário e gesso na superfície.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.31, n.1, p.81-90, 2007.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal.** 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2016. 888 p.
- TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. **Análise de solo, plantas e outros materiais.** 2.ed. Porto Alegre, Departamento de Solos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1995. 174p. (Boletim Técnico de Solos, 5).
- THOMAS, R. J.; ASAKAWA, N. M. **Decomposition of leaf litter from tropical forage grasses and legumes.** Soil Biology and Biochemistry, Elmsford, v.23, n.10, p.1351-1361, 1993.
- VIOLA, R.; BENIN, G.; CASSOL, L. C.; PINNOW, C.; FLORES, M. F.; BORNHOFEN, E. **Adubação verde e nitrogenada na cultura do trigo em plantio direto.** Bragantia, Campinas, v.72, n.1, p.90-100, 2013.

## EFEITO DA ADUBAÇÃO ALTERNATIVA COM FARINHA DE OSSOS E CARNE COMO FONTE DE FÓSFORO NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE TOMATEIRO

Data de aceite: 12/05/2020

### Álvaro Hoffmann

Instituto Federal do Espírito Santo *Campus*  
Itapina,  
Colatina – ES.

### Leandro Glaydson da Rocha Pinho

Instituto Federal do Espírito Santo *Campus*  
Itapina,  
Colatina – ES.

### Luciene Lignani Bitencourt

Instituto Federal do Espírito Santo *Campus*  
Itapina,  
Colatina – ES.

### Mércia Regina Pereira de Figueiredo

Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência  
Técnica e Extensão Rural – CPDI Norte,  
Linhares – ES.

**RESUMO:** O enriquecimento do substrato usado para produção de mudas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) é uma das formas de se obter mudas de melhor qualidade e a utilização da farinha de ossos e carne é uma alternativa à adubação mineral fosfatada tradicional. Objetivou-se avaliar o efeito da adubação alternativa com farinha de ossos e carne como fonte de fósforo no desempenho de mudas de tomateiro. Mudas da cultivar Santa

Cruz Kada foram implantadas em bandejas de isopor preenchidas com o substrato comercial Bioplant®, em um delineamento em blocos casualizados, com seis tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram 0; 5; 10; 15; 20 kg.m<sup>-3</sup> de farinha de ossos e carne no substrato e um tratamento com adubação tradicional (12,5 kg.m<sup>-3</sup> de superfosfato simples). Houve redução da altura da parte aérea, diâmetro do coleto, massas secas da parte aérea, de raiz e total e índice de qualidade de Dickson com o aumento dos teores de farinha de ossos e carne no substrato. Os tratamentos com substrato sem adubação e com 5 kg de farinha de ossos e carne por m<sup>3</sup> de substrato apresentaram os melhores resultados no desenvolvimento de mudas de tomateiro em bandeja.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Solanum lycopersicum*, qualidade de mudas, resíduo animal, adubo orgânico.

### EFFECT OF ALTERNATIVE MANURE WITH BONE AND MEAL AS SOURCE OF PHOSPHORUS FOR TOMATOES SEEDLINGS PRODUCTION

**ABSTRACT:** The enrichment of the substrate used to produce tomato seedlings (*Solanum*

*lycopersicum* L.) is one of the ways to obtain better quality seedlings and utilization of bone meal and meat is an alternative to the traditional phosphate mineral fertilization. The objective of this study was to evaluate the effect of alternative fertilization with bone meal and meat as a source of phosphorus on the performance of tomato plants. Seedlings of the cultivar Santa Cruz Kada were implanted in styrofoam trays filled with the commercial substrate Bioplant®, using a randomized block design, with six treatments and four replications. The treatments were 0, 5, 10, 15, 20 kg.m<sup>-3</sup> of bone meal and meat in the substrate and a treatment with traditional fertilization (12,5 kg.m<sup>-3</sup> of single superphosphate). There was a reduction on the shoot height, shoot diameter, dry shoot, root and total mass and Dickson quality index with the increase of the contents of bone meal and meat in the substrate. The treatments with substrate without fertilization and with 5 kg of bone meal and meat per m<sup>3</sup> of substrate presented the best results in the development of tomato seedlings in tray.

**KEYWORDS:** *Solanum lycopersicum*, quality of seedlings, animal waste, organic fertilizer.

## 1 | INTRODUÇÃO

Juntamente com a China, Estados Unidos, Turquia, Espanha, México, Portugal, Marrocos, Tunísia e Grécia, o Brasil é um dos maiores produtores mundiais de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) (AGRIANUAL, 2016). Em 2017 o país produziu 3,8 milhões de toneladas de tomate (IBGE, 2018). De acordo com Oliveira et al. (2010), o tomate é uma hortaliça consumida principalmente na forma *in natura* e é de grande utilidade na indústria de processamento alimentar.

O cultivo de tomate envolve uma série de etapas e a produção de mudas constitui-se numa das mais importantes do sistema de produção, uma vez que o desempenho da cultura no campo depende da qualidade agronômica da muda (SOUZA et al., 2006). Segundo Nunes e Santos (2007), um dos princípios básicos do aumento de produtividade é a utilização de mudas com máximo vigor e sanidade. Na obtenção de mudas de qualidade faz-se necessário o desenvolvimento e a formação do sistema radicular, com melhor capacidade de adaptação ao novo local após o transplante (PEREIRA et al., 2010).

Para a obtenção de mudas de qualidade, faz-se necessário a utilização de substratos, os quais devem apresentar propriedades físicas e químicas, além de fornecer os nutrientes necessários para o desenvolvimento da planta. Entre os fatores que favorecem a produção de mudas de qualidade, destaca-se a adubação, pois este item refletirá no estado nutricional da planta sendo de extrema importância na produção de mudas (DIAS et al., 2005). Dentre os nutrientes, o fósforo destaca-se como elemento essencial primário.

A disponibilidade de fósforo necessita de cuidados, tanto em relação à pobreza dos solos das regiões tropicais quanto a sua característica de rápida adsorção pelos colóides do solo. O fornecimento adequado de fósforo às mudas proporciona respostas, tanto em crescimento radicular como da parte aérea. Um substrato deficiente em fósforo ocasiona crescimento reduzido das raízes e da parte aérea, sendo necessária a suplementação com fertilizantes fosfatados (SARAIVA et al., 2011).

A utilização de insumos na propriedade, considerados subprodutos oriundos de outras atividades agropecuárias, é de extrema importância na busca de uma maior sustentabilidade dos sistemas produtivos, reduzindo a dependência de insumos externos à propriedade e contribuindo para uma utilização mais racional dos recursos naturais esgotáveis.

Mattar (2014) descreveu a utilização da farinha de ossos e carne como uma alternativa de baixo custo, fácil execução e que pode ser realizada na ausência de infraestrutura para graxaria a partir de carcaças de bovinos provenientes de abatedouros e açougues. Sendo assim, é uma tecnologia barata e acessível para produtores rurais, que poderia diminuir o desperdício de materiais, com potencial reaproveitamento agrícola.

Dentre os tipos de adubação alternativa, o uso da farinha de ossos e carne é preferível no fornecimento de fósforo, pois segundo Mattar (2014) em análise este resíduo apresentou teores médios de cálcio total de 33,07%, de fósforo total de 15,64% e de fósforo solúvel em ácido cítrico de 10,44%. Comparativamente, o superfosfato simples, fonte de fósforo de uso rotineiro na agricultura, apresenta de 16 a 18% de  $P_2O_5$  e de 18 a 20% de cálcio (PREZOTTI, 2007).

No entanto, são poucos os estudos que tratam do uso do fósforo na produção de mudas de tomateiro, em relação à utilização de resíduos agroindustriais de origem animal, como a farinha de ossos e carne.

Deste modo, objetivou com o presente trabalho avaliar o efeito da adubação alternativa com farinha de ossos e carne como fonte de fósforo no desempenho de mudas de tomateiro.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no município de Itaguaçu (latitude: 19° 49' 18"S; longitude: 40° 52' 30"W; altitude: 144 metros; temperatura média anual varia de 15 a 33 °C), situado na região noroeste do Estado do Espírito Santo, onde a produção das mudas de tomateiro foi realizada em um viveiro com cobertura plástica e irrigação por aspersão, no período de 16 de junho a 16 de julho de 2018. A avaliação das características morfológicas das mudas foi realizada no Laboratório de Solos do



IFES – *campus* Itapina.

As sementes utilizadas para a produção das mudas de tomateiro foram provenientes da cultivar Santa Cruz Kada. As mudas foram produzidas em bandejas de isopor de 200 células (67,5 cm de comprimento; 34,5 cm de largura; 4,8 cm de altura), preenchidas com o substrato comercial Bioplant® que apresenta em sua composição casca de pinus, agentes agregantes, Vermiculita®, fibra de coco e complementos minerais. No semeio foram depositadas duas sementes por célula e após oito dias procedeu-se o desbaste deixando uma planta por célula.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com seis tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos consistiram de: T1 – substrato sem adubação; T2 – 5 kg de farinha de ossos e carne (FOC) por m<sup>3</sup> de substrato; T3 – 10 kg de FOC por m<sup>3</sup> de substrato; T4 – 15 kg de FOC por m<sup>3</sup> de substrato; T5 – 20 kg de FOC por m<sup>3</sup> de substrato; T6 – adubação tradicional (12,5 kg.m<sup>-3</sup> de superfosfato simples no substrato) conforme recomendação de Hoffman (2017).

A farinha de ossos e carne e o superfosfato simples foram adquiridos no mercado agropecuário. Em cada bandeja, as unidades experimentais foram compostas por 16 plantas úteis, sendo separadas pelas plantas da bordadura.

Aos 30 dias após a semeadura, aleatoriamente, foram escolhidas oito plantas em cada unidade experimental e levadas ao laboratório, onde foram avaliadas as seguintes variáveis:

- Altura da parte aérea (cm): utilizando uma régua graduada mediu-se o comprimento da parte aérea desde o coleto até o meristema apical da muda.
- Diâmetro do coleto (mm): medido na região do coleto das mudas, com auxílio de um paquímetro.
- Massa seca da parte aérea e de raiz (g) por planta: as mudas tiveram suas raízes lavadas para retirar o substrato e cortou-se, utilizando uma faca, na região do coleto para fazer a separação da parte aérea com raiz. Em seguida, a parte aérea e as raízes das mudas foram separadas, colocadas em sacos de papel e postas para secar em estufa de circulação contínua de ar a 65°C durante 72 horas. Após esse período foi realizada a pesagem até a estabilização do peso para obtenção da matéria seca.

Para avaliação das variáveis acima, foram consideradas as médias para representar cada unidade experimental. Com os dados encontrados nas variáveis avaliadas, foi calculado o índice de qualidade de Dickson (IQD), determinado em função da altura da parte aérea (H), do diâmetro do coleto (D), da massa seca da parte aérea (MSPA) e da massa seca das raízes (MSR), além da massa seca total (MST), por meio da fórmula (DICKSON et al., 1960):

$$IQD = \frac{MST}{H/D + MSPA/MSR}$$

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, ao teste de normalidade e de homogeneidade e à comparação das médias pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Também as variáveis com efeito significativo, exceto o tratamento com adubação química convencional, procedeu-se a análise de regressão linear considerando-se o nível de significância de 5%.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

O tratamento 1 (T1) com substrato sem adubação não diferenciou estatisticamente do tratamento 2 (T2) contendo 5 kg de farinha de ossos e carne por m<sup>3</sup> de substrato em nenhuma variável avaliada, sendo superiores em sua maioria aos demais tratamentos (Tabela 1). Inclusive, os tratamentos T1 e T2 apresentaram resultados satisfatórios, até mesmo superior ao tratamento 6 (T6) com adubação mineral tradicional, para a maior parte das variáveis avaliadas na produção de mudas de tomateiro.

Tratamentos	H (cm)	D (mm)	MSPA (g)	MSR (g)	MST (g)	IQD
T1	10,13 ab	2,74 a	0,08 a	0,08 a	0,16 a	0,03 a
T2	10,48 a	2,95 a	0,09 a	0,08 ab	0,17 a	0,03 a
T3	7,11 c	2,07 b	0,04 b	0,02 c	0,06 b	0,01 b
T4	3,57 d	1,22 c	0,01 bc	0,01 c	0,01 b	0,01 b
T5	2,54 d	1,05 c	0,01 c	0,01 c	0,01 b	0,01 b
T6	7,57 bc	2,13 b	0,03 bc	0,03 bc	0,06 b	0,01 b
Média	6,90	2,03	0,04	0,04	0,08	0,02
CV (%)	16,92	9,37	40,20	63,29	46,18	53,68

T1: substrato sem adubação; T2: 5 kg de farinha de ossos e carne (FOC) por m<sup>3</sup> de substrato; T3: 10 kg de FOC por m<sup>3</sup> de substrato; T4: 15 kg de FOC por m<sup>3</sup> de substrato; T5: 20 kg de FOC por m<sup>3</sup> de substrato; T6: adubação tradicional (12,5 kg.m<sup>-3</sup> de superfosfato simples no substrato); H: altura de planta; D: diâmetro do coleto; MSPA: massa seca da parte aérea; MSR: massa seca de raiz; MST: massa seca total; IQD: índice de qualidade de Dickson.

Tabela 1. Médias de altura de planta (H), diâmetro do coleto (D), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR), massa seca total (MST) e índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de tomate (*Solanum lycopersicum*) cv. Santa Cruz Kada, em função dos diferentes tratamentos utilizados no substrato para produção de mudas aos 30 dias após semeadura.

Em cada coluna, médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

O incremento nas doses de farinha de ossos e carne provocou decréscimo linear em todas as variáveis: altura da parte aérea (Figura 1), diâmetro do coleto (Figura 2), massa seca da parte aérea (Figura 3), massa seca de raiz (Figura 4), massa seca total (Figura 5) e índice de qualidade de Dickson (Figura 6).

A adição crescente da farinha de ossos e carne influenciou negativamente o

desenvolvimento das mudas de tomateiro até os 30 dias após a semeadura, sendo que a composição nutricional do substrato comercial Bioplant® apresentou-se suficientemente adequada até a fase de transplântio das mudas, aos 30 dias após semeadura. A adição de 5 kg de farinha de ossos e carne por m<sup>3</sup> de substrato seria uma opção benéfica de adubação alternativa na produção de mudas de tomateiro em locais de disponibilidade deste resíduo a baixo custo.

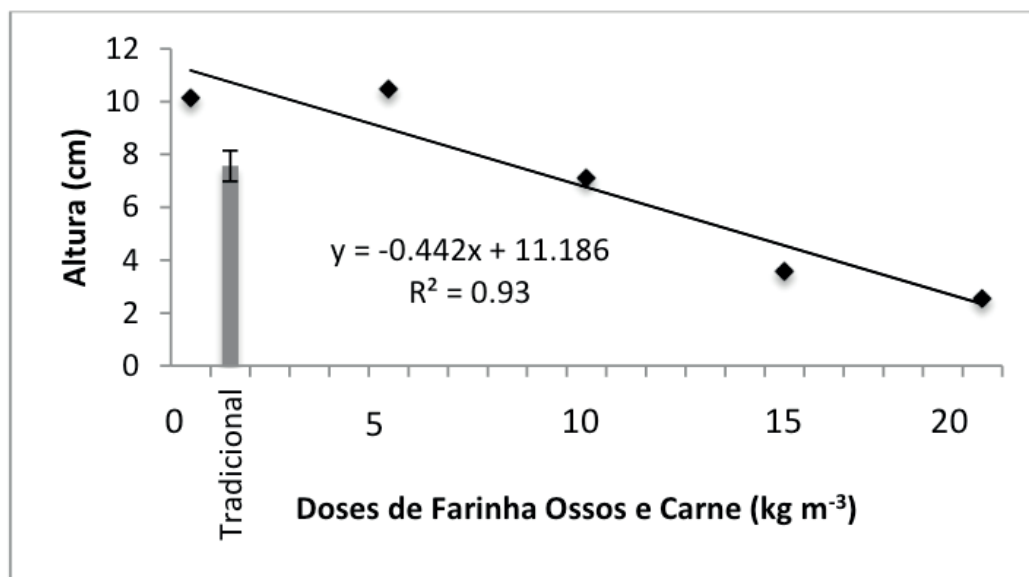


Figura 1. Efeito das diferentes doses de farinha de ossos e carne e da adubação tradicional na altura da parte aérea em mudas de tomate (*Solanum lycopersicum*) cv. Santa Cruz Kada aos 30 dias após semeadura.

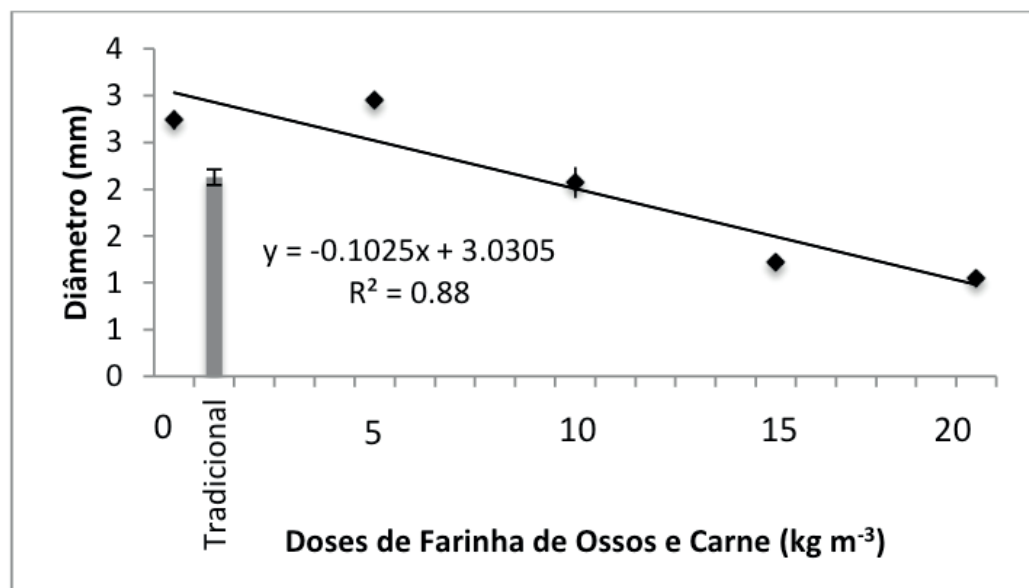


Figura 2. Efeito das diferentes doses de farinha de ossos e carne e da adubação tradicional no diâmetro do coleto em mudas de tomate (*Solanum lycopersicum*) cv. Santa Cruz Kada aos 30 dias após semeadura.

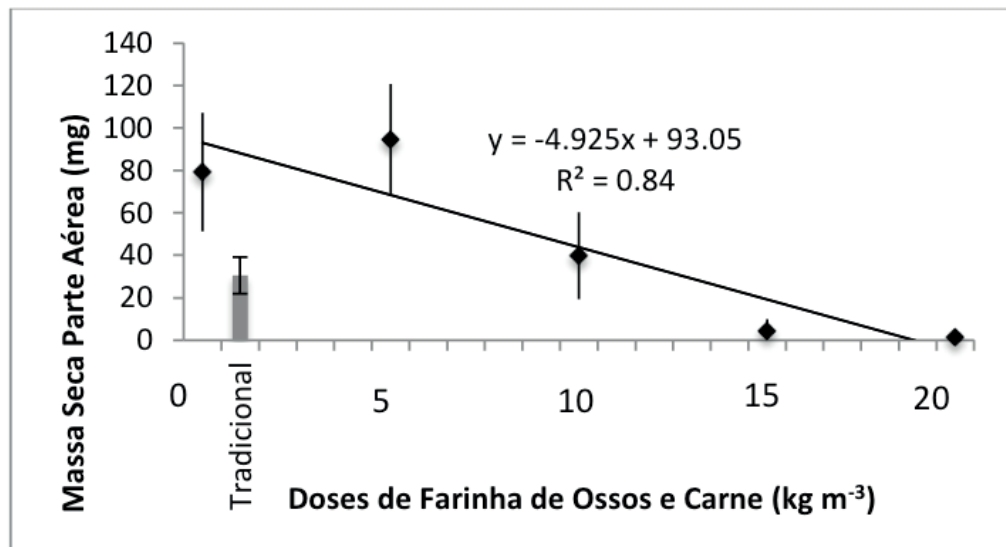


Figura 3. Efeito das diferentes doses de farinha de ossos e carne e da adubação tradicional na massa seca da parte aérea em mudas de tomate (*Solanum lycopersicum*) cv. Santa Cruz Kada aos 30 dias após sementeira.

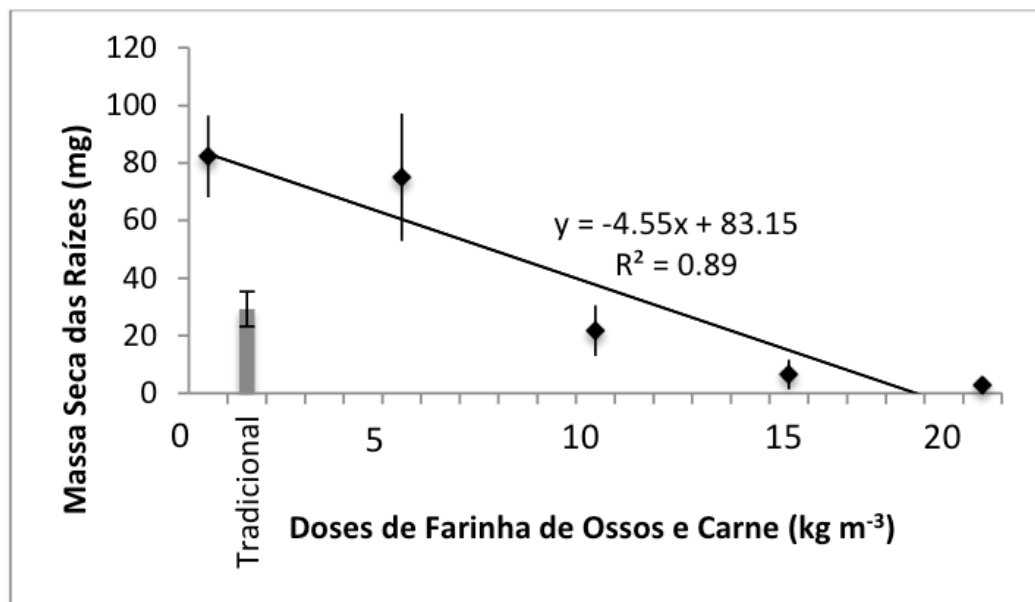


Figura 4. Efeito das diferentes doses de farinha de ossos e carne e da adubação tradicional na massa seca de raiz em mudas de tomate (*Solanum lycopersicum*) cv. Santa Cruz Kada aos 30 dias após sementeira.

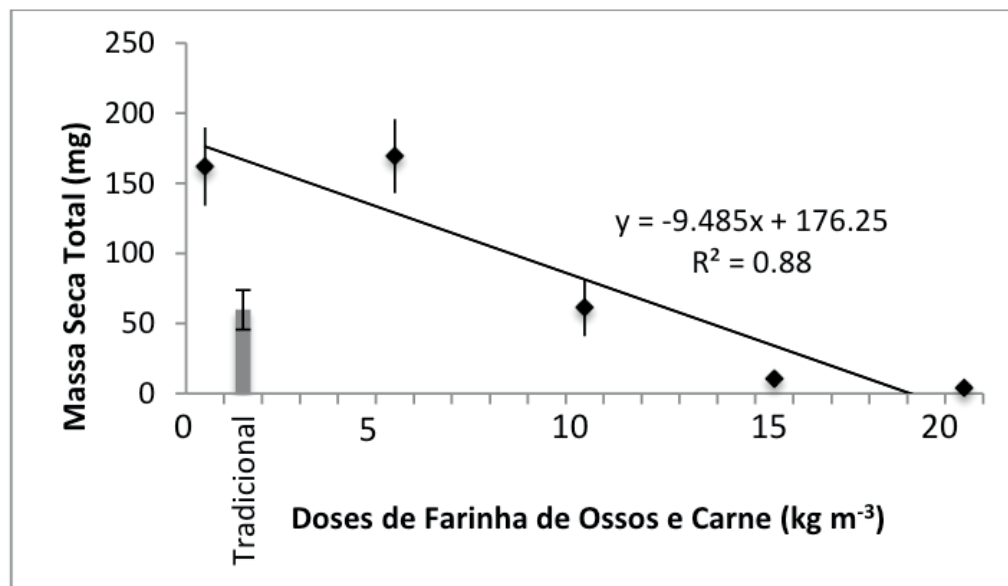


Figura 5. Efeito das diferentes doses de farinha de ossos e carne e da adubação tradicional na massa seca total em mudas de tomate (*Solanum lycopersicum*) cv. Santa Cruz Kada aos 30 dias após sementeira.

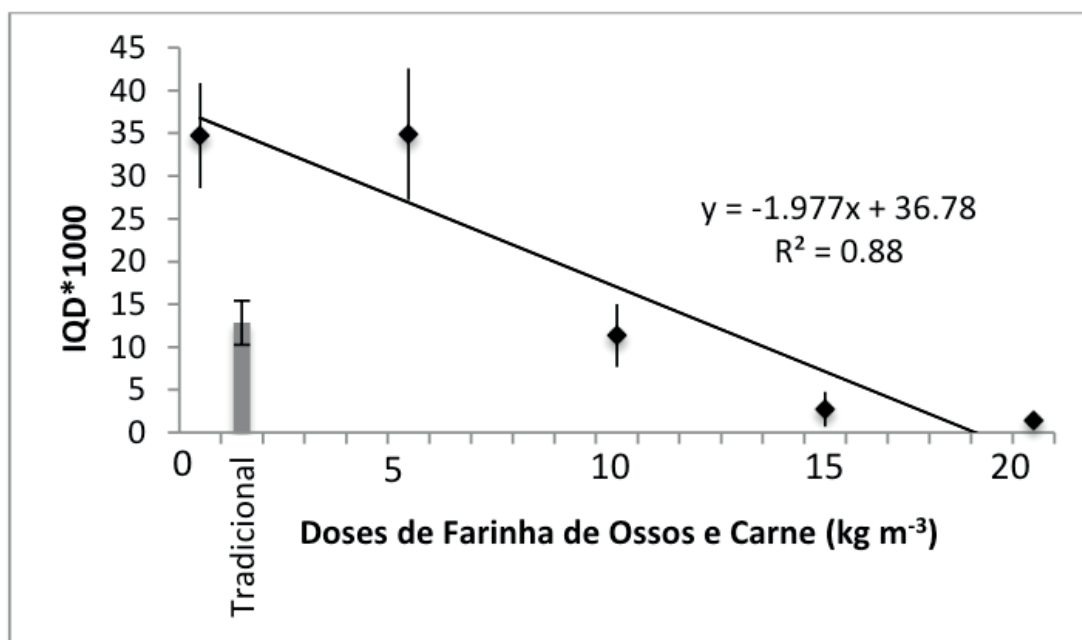


Figura 6. Efeito das diferentes doses de farinha de ossos e carne e da adubação tradicional no índice de qualidade de Dickson (IDQ) em mudas de tomate (*Solanum lycopersicum*) cv. Santa Cruz Kada aos 30 dias após sementeira.

A utilização da farinha de ossos e carne proporciona resultados positivos em culturas anuais e perenes durante o seu pleno desenvolvimento e produção. Pires (2009) não encontrou diferença significativa entre a adubação com farinha de ossos e carne e a adubação mineral na produtividade, número de frutos por hectare e o peso médio de frutos do maracujazeiro-amarelo.

Venegas (2009) concluiu que os resultados com farinha de ossos e carne são superiores à adubação mineral, podendo ser utilizada para um melhor rendimento da cultura de milho. Segundo Arruda (2012) a aplicação de 160 kg por hectare de

farinha de ossos e carne acarretam as maiores produtividades de guaranazeiro. E o uso de farinha de ossos e carne produziu efeitos satisfatórios quanto à produção em matéria seca da parte aérea de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, apresentando resultados semelhantes em comparação ao uso do superfosfato triplo (NICOLAU, 2012).

A farinha de ossos e carne é um material orgânico rico, não só em fósforo e cálcio, mas também em nitrogênio (PIRES, 2009). O nitrogênio presente na farinha de ossos e carne não está na forma prontamente disponível para as plantas e, portanto, devido às reações de amonificação e nitrificação que ocorrem na matéria orgânica, o desenvolvimento das mudas de tomateiro pode ter sido afetado. Por essa razão, Chacón (2011) sugere a técnica da compostagem da farinha de ossos e carne antes de utilizá-la como adubo orgânico, devido à melhoria das características químicas, físicas e biológicas, sendo uma alternativa para a sua melhor decomposição e, assim, ser utilizada como adubação alternativa na produção de mudas de tomateiro em bandeja.

#### 4 | CONCLUSÕES

Os tratamentos com substrato sem adubação e com 5 kg de farinha de ossos e carne por m<sup>3</sup> de substrato apresentaram os melhores resultados no desenvolvimento de mudas de tomateiro em bandeja. Inclusive foram superiores ao tratamento com adubação mineral tradicional para a maioria das variáveis avaliadas.

A altura das planta, diâmetro do coleto, massa seca da parte aérea, massa seca de raiz, massa seca total e o índice de qualidade de Dickson reduziram significativamente com o aumento dos teores de farinha de ossos e carne no substrato para a produção de mudas de tomateiro.

#### REFERÊNCIAS

AGRIANUAL: **anúário da agricultura brasileira**. 21. ed. São Paulo: FNP Consultoria & Agroinformativos, 2016. 456p.

ARRUDA, R.M.; MOREIRA, A.; TEIXEIRA, W.G.; SOUZA, W.M.; ATROCH, A.L.; MASCIMENTO, J.G. **Produtividade, fertilidade do solo e estado nutricional de clones de guaranazeiro cultivados com fontes orgânicas de nutrientes**. Revista de Ciências Agrárias, v. 55, n. 4, p. 311-317, 2012.

CHACÓN, E.A.V.; MENDONÇA, E.S.; SILVA, R.R.; LIMA, P.C.; SILVA, R.I.; CANTARUTTI, R.B. **Decomposição de fontes orgânicas e mineralização de formas de nitrogênio e fósforo**. Revista Ceres, v. 58, n. 3, p. 373-383, 2011.

DIAS, D.C.F.S. **Dormências em sementes: mecanismos de sobrevivências das espécies**. Seed News, v. 9, n. 4, p. 24-28, 2005.

DICKSON, A.; LEAF, A.L.; HOSNER, J.F. **Quality appraisal of white spruce and whitepine seedling**

**stock in nurseries.** Forestry Chronicle, v. 36, p. 10-13, 1960.

HOFFMAN, A.; COLOMBO, N.J.; KRAUSE, M.R.; HADADDE, I.R.; MATIELLO, H.N. **Produção de mudas de tomate em substrato comercial enriquecido com superfosfato simples.** Agrotrópica, v. 29, n. 3, p. 251-258, 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censo agropecuário.** Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/agricultura-e-pecuaria/21814-2017-censo-agropecuaria.html>>. Acesso em: 23 fev. 2018.

MATTAR, E.P.L.; FRADE JÚNIOR, E.F.; OLIVEIRA, E. de. **Caracterização físico-química de cinza de osso bovino para avaliação do seu potencial uso agrícola.** Pesquisa Agropecuária Tropical, v. 44, n. 1, p. 65-70, 2014.

NICOLAU, C.H.F.; SIMÕES, A.C.; ALVES, W.C.; CAVALHEIRO, W.S.C.; BEZERRA, I.L.; FERREIRA, E. **Farinha de carne e ossos na produção de capim marandú.** Revista Brasileira de Ciências da Amazônia, v. 1, n. 1, p. 155-159, 2012.

NUNES, M.U.C.; SANTOS, J.R. dos. **Tecnologia para produção de mudas de hortaliças e plantas medicinais em sistema orgânico.** Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2007, 8 p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Circular técnica, 48).

OLIVEIRA, D.M.; PONTES FILHO, F.S.T.; PONTES, F.M. **Margens de comercialização e canal de comercialização do tomate na cidade de Mossoró-RN.** Revista Verde, v. 5, n. 4, p. 5-8, 2010.

PEREIRA, P.; MELO, B. de; FREITAS, R.S. de; TOMAZ, M.A.; FREITAS, C. de J.P. **Mudas de tamarindeiro produzidas em diferentes níveis de matéria orgânica adicionada ao substrato.** Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, v. 5, n. 3, p. 152-159, 2010.

PIRES, A.A.; MONNERAT, P.H.; PINHO, L.G. da R.; ZAMPIROLI, P.D.; ROSA, R.C.C.; MUNIZ, R.A. **Efeito da adubação alternativa sobre os componentes de produção do maracujazeiro-amarelo.** Acta Scientiarum. Agronomy, v. 31, n. 4, p. 655-660, 2009.

PREZOTTI, L.C.; OLIVEIRA, J.A.; DADALTO, G.G.; GOMES, J.A. **Manual de Recomendação de Calagem e Adubação para o Estado do Espírito Santo: 5ª aproximação.** Vitória: SEEA/INCAPER/CEDAGRO, 2007. 305p.

SARAIVA, K.R.; NASCIMENTO, R.S.; SALES, F.A.L.; ARAUJO, H.F.; FERNANDES, C.N.V.; LIMA, A.D. **Produção de mudas de mamoeiro sob doses de adubação fosfatada utilizando como fonte superfosfato simples.** Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, v. 5, n. 4, p. 376-383, 2011.

SOUZA, I.M.; NUNES, M.U.C.; GOUVEIA, R.F.; SANTOS, J.R. dos; TAVARES, F.A.; SANTOS, M.C. dos. **Efeito do substrato coquita bovino enriquecido com adubo de solubilidade lenta e estimulador de enraizamento no desenvolvimento de mudas de tomateiro.** In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 16. 2006, São Cristóvão. **Anais... São Cristóvão**, 1 CD-ROOM.2006.

VENEGAS, F. **Efeito de doses de farinha de carne e osso como fonte de fósforo na produção de milho verde (*Zea mays* L.).** Ensaios e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde, v. 13, n. 1, p. 63-76, 2009.

## AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO EM DIFERENTES MANEJOS SOB PLANTIO DIRETO NO OESTE DO ESTADO DO PARÁ

*Data de aceite: 12/05/2020*

*Data de submissão: 20/03/2020*

### **Bárbara Maia Miranda**

Universidade do Estado do Pará – UEPA, Centro de Ciências Naturais e Tecnologia - CCNT, Belém – PA.

<http://lattes.cnpq.br/0348299988101527>

### **Arystides Resende Silva**

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, EMBRAPA Amazônia Oriental, Belém – PA.

<http://lattes.cnpq.br/1530381776730739>

### **Eduardo Jorge Maklouf Carvalho**

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, EMBRAPA Amazônia Oriental, Belém – PA.

<http://lattes.cnpq.br/3218636712620472>

### **Carlos Alberto Costa Veloso**

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, EMBRAPA Amazônia Oriental, Belém – PA.

<http://lattes.cnpq.br/9716894627560125>

**RESUMO:** O uso intensivo de práticas inadequadas e não sustentáveis para cultivos agrícolas, como o modelo “sistema convencional” de preparo do solo adotado no Brasil, estão gerando alterações significativas

nas características do solo. Com intuito de prevenir problemas ambientais, vem sendo aplicado e estudado o sistema plantio direto (SPD), o qual tem alto potencial de utilização em muitas regiões do Brasil, como na Amazônia, porém ainda há necessidade de desenvolver mais conhecimentos sobre seus benefícios ao solo. Neste âmbito, o presente trabalho objetivou avaliar as alterações em processos físicos do solo sobre os diferentes arranjos produtivos utilizados no sistema de plantio direto no município de Belterra-PA. O estudo foi disposto em um delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos. Para análises físicas foram coletadas amostras de solo, sendo quatro amostras (uma deformada e três indeformadas), na profundidade de 0,0-0,50 m, variando de acordo com o parâmetro de análise. Para a análise da Resistência à Penetração foram coletadas amostras de solo a cada 0,05 m nas profundidades de 0,0 a 0,40 m com triplicatas. A aplicação de calcário superficial e subsolagem interferem de maneira positiva na Resistência à Penetração e na Densidade do solo, principalmente nas camadas superficiais do solo. Os sistemas não demonstraram diferenças significativas para compará-los, entretanto, observam-se qualidades realizadas no solo pelo uso do



plantio direto quando comparado ao sistema convencional. No geral, o sistema de plantio direto aliado a aplicação de calcário superficial melhorou as condições das características físicas destes solos no município de Belterra-PA.

**PALAVRAS-CHAVE:** Qualidade do solo, sistema conservacionista, manejo do solo.

## EVALUATION OF SOIL PHYSICAL PROPERTIES UNDER NO-TILLAGE IN DIFERENT MANAGEMENT IN THE WEST OF THE STATE OF PARÁ

**ABSTRACT:** The intensive use of unsuitable and unsustainable practices for agricultural crops, such as the “conventional system” model of soil tillage adopted in Brazil, are generating significant changes in soil characteristics. In order to prevent these environmental problems, the no-tillage system (SPD) has been applied and studied, which has high potential for use in many regions of Brazil, such as in the Amazon, but there is still a need to develop more knowledge about its benefits to the soil. In this context, this work aimed to evaluate changes in soil physical processes on the different productive arrangements used in the no-tillage system in the municipality of Belterra-PA. The study was arranged in a completely randomized design with four treatments. For physical analyzes, soil samples were collected, four samples (one deformed and three undeformed), with a depth of 0,0 to 0,50 m, varying according to the analysis parameter. For an analysis of Penetration Resistance, soil samples were collected every 0,05 m at depths of 0,0 to 0,40 m with triplicates. The application of superficial limestone and subsoiling interferes positively in Penetration Resistance and Density of the soil, especially in the superficial layers of the soil. The systems did not show significant differences to compare them, however, it is observed qualities realized in the soil by the use of no tillage when compared to the conventional system. In general, the no-tillage system combined with the application of superficial limestone improved the conditions of physical characteristics of these soils in the municipality of Belterra-PA.

**KEYWORDS:** Soil quality, conservationist system, soil management.

### 1 | INTRODUÇÃO

O solo é um importante influenciador na saúde e qualidade de vida da humanidade, sendo mais expressiva sua interferência por meio da produção de alimentos, pelo contato com produtos químicos e patógenos (BREVIK e SAUER, 2015). Dessa maneira, importar-se com a qualidade dos solos é estar preocupado com a vida e sobrevivência do homem.

O uso intensivo de práticas inadequadas e não sustentáveis para cultivos, como o modelo agrícola adotado no Brasil baseado no “sistema convencional” de preparo do solo, estão gerando alterações significativas nas características do solo,

como na agregação das partículas, com o revolvimento das camadas superficiais, favorecendo a erosão, por incorporar corretivos e fertilizantes que poluem e degradam mananciais (MELLO e BRUM, 2013).

Com intuito de prevenir esses problemas ambientais, vem sendo aplicado e estudado o sistema plantio direto da palha (SPD), cujos princípios básicos são o não revolvimento da terra, manter a cobertura do solo com plantas em desenvolvimento ou resíduos vegetais e a rotação de culturas (SILVA et al., 2009). Essas técnicas em conjunto, vêm provocando mudanças nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, que geram vantagens, como a conservação do solo e da água e melhora o rendimento das culturas (COSTA et al., 2015; SILVA et al., 2012).

Entretanto, mesmo com resultados positivos do potencial de utilização do SPD em muitas regiões do Brasil, como na Amazônia, ainda não é o sistema mais aplicado nos cultivos, pois há necessidade de desenvolver mais conhecimentos sobre seus benefícios ao solo e características específicas acerca dos melhores manejos de acordo com o local ao qual será inserido, para alcançar produtividades satisfatórias para que se torne uma realidade na prática (SILVA et al., 2009; AMADO e MIELNICZUK, 2002).

Em vista disto, é primordial monitorar a qualidade do solo quando submetida a esse sistema, sendo habitual a determinação por meio de características físicas. Essas são indicadoras do efeito do manejo aplicado, pois de acordo com o uso do solo estão suscetíveis a modificações na densidade, agregação, capacidade de penetração, sendo assim fatores determinantes para alta produtividade e sucesso dos sistemas (FREITAS et al., 2017; NEVES et al., 2007; SILVA et al., 2005).

Dessa forma, o presente estudo teve como objetivo avaliar os processos físicos de um Latossolo Amarelo Distrófico sobre os diferentes arranjos produtivos utilizados em sistema de plantio direto no município de Belterra-PA.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em um sistema de produção Plantio Direto, no Campo Experimental de Belterra, localizado no município de Belterra-PA, região Oeste do estado do Pará, a uma altitude de 152 m a 2°38'11" S de latitude e 54°56'13" W de longitude. O clima é Am, segundo classificação de Koppen, com precipitação média de 1.743 mm e o solo é classificado como Latossolo Amarelo Distrófico textura muito argilosa (SANTOS et al., 2018).

O experimento foi disposto em um delineamento inteiramente casualizado (DIC) e composto por quatro tratamentos, referentes aos manejos aplicados ao solo em SPD que são: T1 - Sem aplicação de calcário e sem subsolagem; T2 – Com

aplicação de calcário superficial (dosagem recomendada) e sem subsolagem; T3 – Com calcário incorporado em plantio convencional e sem subsolagem e T4 – Com aplicação de calcário superficial e com a subsolagem, onde as doses de calcário aplicadas foram de 2 t ha<sup>-1</sup> (Tabela 1). Instalado no ano de 2015 onde foi adotada a sucessão das culturas de soja e milho em SPD, usando-se *Brachiaria ruziziensis* como planta de cobertura na entressafra.

Símbolo	Uso e manejo
T1	Preparo do solo sem aplicação de calcário e sem subsolagem.
T2	Preparo do solo com aplicação de calcário superficial (dosagem recomendada) e sem subsolagem.
T3	Preparo do solo com aplicação de calcário incorporado em plantio convencional e sem subsolagem.
T4	Preparo com aplicação de calcário superficial e com a subsolagem.

Tabela 1. Uso e manejo de um Latossolo Amarelo Distrófico no Campo Experimental de Belterra do estado do Pará, município de Belterra, PA.

Para análises físicas foram coletadas amostras de solo, sendo quatro amostras (uma deformada e três indeformadas) nas profundidades de 0 a 40 cm com intervalos de 0,05 cm para determinar a RP e de 0-10, 10-20, 20-30, 30-50 cm para os demais parâmetros físicos analisados com três repetições por profundidade. As amostras com estrutura deformada foram utilizadas para determinar a textura do solo, pelo método da pipeta, e a Dp, pelo método do balão volumétrico. Três amostras indeformadas, coletadas em cilindros, foram usadas para determinação da Ds, porosidade total, microporosidade, macroporosidade (EMBRAPA, 2017).

Determinou-se a resistência do solo à penetração vertical por meio de um penetrômetro de campo, modelo PNT 2000/motor, com haste de 50 cm de comprimento e cone tipo 2 (médio) com 129 milímetro quadrado de área, na profundidade de 0-40 cm, em quatro pontos nas entrelinhas das culturas, sendo 10 observações por área considerada. A umidade do solo foi determinada gravimetricamente, ao lado dos pontos de observação. Para determinação da umidade relativa também será realizado coleta de amostras deformadas de solo, aproximadamente 100 gramas (Tabela 2).

Tratamentos	Umidade Relativa do Solo (UR%)			
	0-0,10 m	0,10-0,20 m	0,20-0,30 m	0,30-0,50 m
T1	28,7	24,8	25,5	25,6
T2	28,7	26,6	25,5	25,4
T3	26,5	25,6	25,5	25,8
T4	31	26,2	25,7	28,2

Tabela 2. Valores médios da Umidade Relativa do Solo (UR%), Campo Experimental, Belterra – PA, 2018.

Os resultados das análises obtidas em cada manejo foram comparados entre as camadas consideradas e entre cada tratamento e submetidos à análise de variância e quando significativos as médias comparadas pelo teste de Tukey  $p < 0,05$ , no programa estatístico RStudio®.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os dados de Resistência à Penetração demonstraram diferença significativa nas profundidades, com os melhores resultados expressos em 0,0-0,05 e 0,10-0,15 m, para todos os tratamentos analisados (Tabela 3).

Tratamentos <sup>(1)</sup>	Resistência à Penetração (MPa)							
	0,0 -0,05 m	0,05 - 0,10 m	0,10 -0,15 m	0,15 - 0,20 m	0,20 -0,25 m	0,25 - 0,30 m	0,30 - 0,35 m	0,35 - 0,40 m
T1	1,277 <sup>Aa</sup>	1,98 <sup>ABb</sup>	2,414 <sup>Bb</sup>	2,608 <sup>Ba</sup>	2,182 <sup>Ba</sup>	2,290 <sup>Ba</sup>	2,360 <sup>Ba</sup>	2,602 <sup>Ba</sup>
T2	0,728 <sup>Aa</sup>	1,598 <sup>Bb</sup>	2,458 <sup>Cb</sup>	2,387 <sup>Ca</sup>	2,389 <sup>Ca</sup>	2,307 <sup>BCa</sup>	2,346 <sup>Ca</sup>	2,412 <sup>Ca</sup>
T3	1,094 <sup>Aa</sup>	1,631 <sup>ABb</sup>	2,030 <sup>BCb</sup>	2,496 <sup>Ca</sup>	2,574 <sup>Ca</sup>	2,476 <sup>Ca</sup>	2,440 <sup>Ca</sup>	2,290 <sup>BCa</sup>
T4	0,617 <sup>ABa</sup>	0,896 <sup>Ba</sup>	1,313 <sup>BCa</sup>	1,948 <sup>CDa</sup>	2,147 <sup>Ca</sup>	2,313 <sup>Ca</sup>	2,566 <sup>Ca</sup>	2,611 <sup>Ca</sup>
CV (%)	66,0	41,0	30,0	29,0	24,0	18,0	18,0	37,0

Tabela 3. Valores médios de Resistência à Penetração (RP) em MPa entre os tratamentos, em cada profundidade, Campo Experimental, Belterra – PA, 2019.

(1) T1 - Sem Calcário e sem subsolagem; T2 - Calcário superficial (dosagem recomendada) e sem subsolagem; T3 - Calcário incorporado em plantio convencional e sem subsolagem e T4 - Calcário superficial e com a subsolagem.

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

As menores taxas de RP identificadas nessas primeiras profundidades podem estar associadas à distribuição da matéria orgânica do solo e a umidade, pois de acordo com Martinelli et al. (2002) os efeitos da serrapilheira depositada nas camadas superficiais proporciona maior presença de matéria orgânica e mantém a umidade do solo reduzindo a taxa de RP do solo.

Os valores obtidos de RP foram inferiores a 2,60 MPa, sendo caracterizados entre as classes baixa e alta, conforme adaptação da classificação de Soil Survey Staff (2017) (Tabela 4), os resultados identificados abaixo de 2,0 MPa presentes

nas menores profundidades 0-0 a 0,15 m e mais expressivos no tratamento T4 são considerados sem restrição ao desenvolvimento e penetração radicular, pois estão abaixo do limite crítico para o sistema radicular que são de 2,0 até 3,0 MPa. Fato este pode ser justificado pela subsolagem e pela presença de alta umidade na camada superficial coletada, com valores de UR % entre 28 e 31%. Informações estas confirmadas por Brasil Neto et al. (2017) que obtiveram baixos valores de RP em todos os tratamentos em solos úmidos, devido a sua friabilidade.

Classe	Resistência à penetração (MPa)
<b>Pequena</b>	<0,1
Extremamente baixa	0,0 - 0,01
<b>Muito baixa</b>	0,01 - 0,1
Intermediária	0,1 - 2,0
<b>Baixa</b>	0,1 - 1,0
Moderada	1,0 - 2,0
<b>Grande</b>	>2,0
Alta	2,0 - 4, 0
Muito alta	4,0 - 8,0
Extremamente alta	>8,0

Tabela 4. Classes de Resistência à Penetração (RP). Adaptadas de Soil Survey Staff (2017).

Os dados identificados tiveram relação direta quanto à profundidade, sendo crescente com o aumento da profundidade, desta forma, a curva de Resistência a Penetração expressou um significativo incremento nas primeiras profundidades de 0,0-0,20 m até torna-se praticamente constante nas últimas profundidades entre 0,25-0,40 m, o que pode ser justificado pela maior presença de matéria orgânica nas camadas superficiais e aumento de compactação com a profundidade pelo uso do solo (Figura 1).

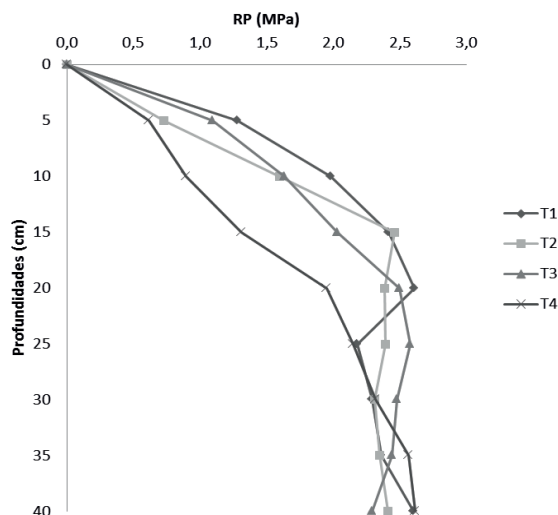


Figura 1. Resistência à Penetração (RP) em MPa em relação a cada profundidade no Campo Experimental, Belterra – PA, 2019. Fonte: Autores, 2019.

Resultados esses que corroboram com os obtidos por Beutler et al. (2001), que encontraram para o SPD com cultivo rotativo de milho com feijão e cultivo contínuo de milho o gradiente de RP crescente com aumento da profundidade, sendo maior nas últimas camadas de avaliação 0,20 a 0,40 m.

O tratamento 4 (T4), expressou as menores taxas de RP, com diferenças significativas aos demais tratamentos entre as profundidades 0,0-0,05 e 0,10-0,15 m, demonstrando maior porosidade nas camadas mais superficiais, posto que este tratamento passou por um processo de subsolagem com o revolvimento do solo na sua implantação e este intervalo determina o alcance do maquinário para romper a compactação. Conforme observado por Minatel et al. (2006) em área cultivada com citros comparando 4 tipos de tratamentos para avaliar as propriedades físicas do solo, a aplicação de subsolagem reduziu os valores de RP, o qual para ser bem sucedido bastou apenas uma passagem de máquina.

As diferenças significativas observadas entre os tratamentos indicam dependência da aplicação ou não de técnicas de preparo do solo, como a subsolagem e uso de calcário superficial, visto que seu uso reduziram os valores de RP no tratamento T4 e sua ausência elevaram discretamente os resultados expressos no T1 (tratamento testemunha), sendo assim, indicado a realização do preparo do solo antes da implantação das culturas para obter resultados finais positivos.

Observação esta que corrobora com Siqueira et al. (2017) em estudo da resistência à penetração com 3 diferentes sistemas, onde o sistema de mata nativa demonstrou alta RP em comparação ao demais, ficando abaixo apenas da pastagem, justificado pela homogeneidade do solo sem manejo, pois a presença do emaranhado de raízes evita alterações significativas no estado natural mantendo assim a agregação das partículas.

A densidade do solo (Ds) expressou diferença significativa entre os tratamentos a partir dos manejos estudados, entretanto o T3 demonstrou o maior resultado, sendo o sistema sob plantio convencional, devido os maiores valores de Ds estarem nas camadas mais profundas e os menores valores na profundidade superficial. Isto pode ser explicado pelo fato da aração ter ocorrido ocasionando o “pé de grade” nas camadas mais profundas acarretando uma maior Ds e aração favoreceu a camada subsuperficial. O Tratamento T4 não diferiu do T1 e T2, mas apresentou diferença do T3, demonstrando que a subsolagem apresenta uma melhoria da Ds. Entre as profundidades, houve diferenças significativas com melhores resultados na camada mais superficial do solo, sem diferença entre as demais (Tabela 5).

Tratamentos <sup>(1)</sup>	Ds	Mic	Pt
	kg dm <sup>-3</sup>	(m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	(m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )
T1	1,16 <sup>AB</sup>	0,42 <sup>B</sup>	0,51 <sup>A</sup>
T2	1,14 <sup>A</sup>	0,40 <sup>B</sup>	0,52 <sup>A</sup>
T3	1,19 <sup>B</sup>	0,42 <sup>B</sup>	0,53 <sup>A</sup>
T4	1,14 <sup>A</sup>	0,45 <sup>A</sup>	0,52 <sup>A</sup>
Profundidades (m)			
0,0-0,10	1,08 <sup>a</sup>	0,43 <sup>a</sup>	0,55 <sup>a</sup>
0,10-0,20	1,17 <sup>b</sup>	0,41 <sup>a</sup>	0,54 <sup>a</sup>
0,20-0,30	1,20 <sup>b</sup>	0,42 <sup>a</sup>	0,50 <sup>a</sup>
0,30-0,50	1,18 <sup>b</sup>	0,43 <sup>a</sup>	0,50 <sup>a</sup>
CV (%)	5,6	8,71	17,59

Tabela 5. Valores médios de Densidade (Ds), Microporosidade (Mic) e Porosidade total (Pt) entre os tratamentos e entre as profundidades, Campo Experimental, Belterra – PA, 2019.

(1)T1 - Sem Calcário e sem subsolagem; T2 - Calcário superficial (dosagem recomendada) e sem subsolagem; T3 - Calcário incorporado em plantio convencional e sem subsolagem e T4 - Calcário superficial e com a subsolagem.

Médias seguidas da mesma letra maiúscula nos tratamentos e minúscula nas profundidades não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Resultados equivalente foram obtidos por Campos et al. (2018), que avaliaram os efeitos do manejo do solo em sistema de plantio direto e mata nativa sob as características físicas e químicas, constatando semelhança entre os valores de Ds obtidos dos solos expostos a esses tratamentos, manifestando proximidade entre o cultivo em plantio direto com áreas de mata nativa, sendo assim favoráveis ao desenvolvimento das raízes dos cultivos.

Fato este que pode ser explicado pela presença de matéria orgânica que a partir da sua incorporação junto ao solo que propicia melhor agregação da sua estrutura, influenciando os resultados de Ds que estiveram neste estudo entre os valores de 1,14 e 1,19 kg dm<sup>-3</sup>, sendo definidos abaixo do valor crítico de 1,30 a 1,40 kg m<sup>-3</sup> para solos argilosos (REICHERT et al., 2009).

A análise de microporosidade do solo (Mic) entre os tratamentos demonstrou o T4 com a maior média em relação aos demais, expressando que o uso da subsolagem proporcionou uma maior Mic com isso uma dominância de poros menores responsáveis pela conservação de água no solo influenciando diretamente a produtividade e desenvolvimento das culturas. Comparando os outros tratamentos T1, T2 e T3 não houve diferença significativa. Ao comparar os tratamentos em cada profundidade, foi notado que não houve diferença significativa entre as camadas do solo (Tabela 5).

Resultados semelhantes foram identificados por Sales et al. (2016), que não identificou alteração em profundidade da Mic em sistemas de plantio direto, plantio convencional e mata nativa, se mantendo praticamente constante conforme também

foi expresso neste estudo.

Em estudo de Vendruscolo et al. (2011), evidenciaram que solos argilosos apresentam maior presença de microporos do que macroporos, podendo ser uma vantagem para retenção de água, entretanto com maior redução na circulação de gases e aeração, demonstra solos mais compactos e com perda de qualidade física.

A porosidade total do solo (Pt), não expressou diferença significativa entre os tratamentos e profundidades, porém os valores demonstram perda de porosidade em profundidade compatível ao leve aumento de Ds nas camadas mais subsuperficiais (Tabela 5).

Consoante com os autores Baver et al. (1972) e Kiehl (1979), em geral, os solos devem apresentar uma porosidade média total de 0,50 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup> para serem considerados adequados à agropecuária, com uma distribuição de 34% de macroporos e 66% de microporos, para que as raízes dos vegetais tenham um desenvolvimento satisfatório. Tendo neste trabalho, médias de Pt próximas ao ideal em todos os tratamentos, entretanto a distribuição percentual dos poros demonstrou arranjo médio de aproximadamente 19% de macroporos e 81% de microporos.

Os valores de macroporosidade do solo (Mac) quando comparados entre os tratamentos, somente na profundidade subsuperficial ocorreu diferença significativa, onde o T2 tratamento que foi feito a calagem apresentou uma maior Mac de 0,17 m<sup>3</sup>m<sup>-3</sup> em comparação ao T1 onde não teve a calagem apresentou um Mac de 0,14 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>, O T3 e o T4 não apresentaram diferença entre si, mas foram diferentes estatisticamente em relação ao T1 e T2 (Tabela 6).

Propriedades	Profundidade (m)	Tratamentos <sup>(1)</sup>				CV(%)
		T1	T2	T3	T4	
<b>Macroporosidade</b> (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	0,0-0,10	0.14 <sup>Ba</sup>	0.17 <sup>Aa</sup>	0.09 <sup>Ca</sup>	0.09 <sup>Ca</sup>	28.22
	0,10-0,20	0.07 <sup>Ab</sup>	0.10 <sup>Ab</sup>	0.08 <sup>Aa</sup>	0.09 <sup>Aa</sup>	
	0,20-0,30	0.08 <sup>Ab</sup>	0.08 <sup>Ab</sup>	0.09 <sup>Aa</sup>	0.08 <sup>Aa</sup>	
	0,30-0,50	0.08 <sup>Ab</sup>	0.10 <sup>Ab</sup>	0.09 <sup>Aa</sup>	0.07 <sup>Aa</sup>	

Tabela 6. Valores médios de macroporosidade do solo (Mac) em m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup> entre os tratamentos, em cada profundidade, Campo Experimental, Belterra – PA, 2019.

(1)T1 - Sem Calcário e sem subsolagem; T2 - Calcário superficial (dosagem recomendada) e sem subsolagem; T3 - Calcário incorporado em plantio convencional e sem subsolagem e T4 - Calcário superficial e com a subsolagem.

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

Os tratamentos T1 e T2 são os com maior conservação da estrutura física da superfície do solo, por não aplicar técnicas de subsolagem, com isso preservando a matéria orgânica na camada mais superficial. Sendo os macroporos mais sensíveis a sofrer perturbações em comparação aos microporos, a manutenção de um solo sem



grandes alterações de revolvimento na sua estrutura física proporciona preservação dessa porção do solo (BETIOLI JUNIOR et al., 2012). Já os tratamentos T3 e T4, convencionais e subsolagem, respectivamente, não apresentaram diferença significativa entre as profundidades uma vez que essas profundidades foram revolvidas pela ação do arado T3 e pela subsolagem T4.

A maioria dos valores obtidos em profundidade de T1 e T2 e em todas as profundidades de T3 e T4 foram classificados como baixos (Figura 2), sendo menores que o valor mínimo de  $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  para proporcionar um ambiente adequado ao desenvolvimento das raízes dos vegetais e trocas gasosas e líquidas (REICHERT et al., 2007; BAVER et al., 1972).

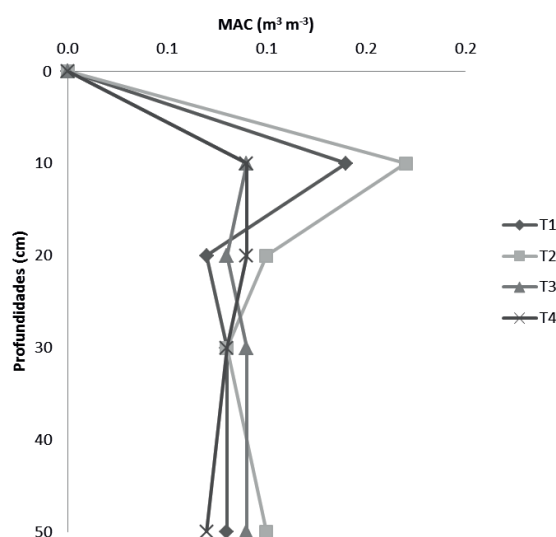


Figura 2. Macroporosidade do solo (MAC) em  $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$  em relação a cada profundidade no Campo Experimental Belterra – PA, 2019. Fonte: Autores, 2019.

Conforme também foi encontrado por Nogueira et al. (2016), em estudo que avaliou a influência do manejo, calcário e gesso agrícola sobre as propriedades físicas e matéria orgânica no solo em estrutura natural argilosa, a Mic está mais presente nestes solos em comparação a Mac, por conta do arranjo mais próximo entre as partículas, resultando em uma estrutura mais adensada de microporos.

#### 4 | CONCLUSÃO

Em sistema de plantio direto em Latossolo Amarelo úmido do Oeste paraense na Amazônia, a aplicação de calcário superficial e subsolagem interferem de maneira positiva na Resistência à Penetração e na Densidade do solo, principalmente nas camadas superficiais do solo. Os sistemas não demonstraram diferenças significativas para compara-los, entretanto, observam-se qualidades realizadas no solo pelo uso do plantio direto quando comparado ao sistema convencional.

No geral, o sistema de plantio direto aliado a aplicação de calcário superficial conservou as condições das características físicas destes solos no município de Belterra-PA.

## REFERÊNCIAS

- AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. **Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no Rio Grande do Sul e Santa Catarina adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema de plantio direto.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 26, p. 241-248, 2002.
- BAVER, L.D., GARDNER, W.H., GARDNER, W.R. **Física de suelos.** México, Hispano Americano, 1972. 529p.
- BETIOLI JUNIOR, E.; MOREIRA, W. H.; TORMENA, C. A.; FERREIRA, C. J. B.; SILVA, Á. P.; GIAROLA, N. F. B. **Intervalo hídrico ótimo e grau de compactação de um latossolo vermelho após 30 anos sob plantio direto.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 36, n. 3, 2012.
- BEUTLER, A. N.; SILVA, M. L. N.; CURTI, N.; FERREIRA, M. M.; PEREIRA FILHO I. A.; CRUZ J. C. **Agregação de latossolo vermelho distrófico típico, relacionada com o manejo na região dos cerrados no estado de Minas Gerais.** Revista Brasileira de Ciência do Solo. Campinas, v. 25, n. 1, p. 129-136, 2001.
- BRASIL NETO, A. B.; SANTOS, C. R. dos; CARVALHO, E.J. M.; SILVA, A. R.; DALAGNOL, A. **Resistência à Penetração em latossolo amarelo sob sistemas agroflorestais e floresta secundária no nordeste paraense.** In: CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA; SEMANA OFICIAL DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA, 74., 2017, Belém - PA. A responsabilidade da Engenharia e da Agronomia para o desenvolvimento do País. [Brasília, DF]: Confea, 2017.
- BREVIK, E. C., SAUER, T. J. **The past, present, and future of soils and human health studies.** SOIL, v. 1, p. 35 - 46, 2015.
- CAMPOS, S. de A.; SOUZA, C. M. de; GALVÃO, J. C. C.; NEVES, J. C. L. **Atributos químicos e físicos de um Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico sob plantio direto.** Revista Agrarian, v.11, n.41, p. 230-240, 2018.
- COSTA, N. R.; ANDREOTTI, M.; LOPES, K. S. M.; YOKOBATAKE, K. L.; FERREIRA, J. P.; PARIZ, C. M.; BONINI, C. dos S. B.; LOGHINI, V. Z. **Atributos do solo e acúmulo de carbono na Integração Lavoura-Pecuária em sistema plantio direto.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 39, n. 3, p. 852-863, 2015.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo.** Embrapa, Brasília, 3º ed. 574p. 2017.
- FREITAS, L.; OLIVEIRA, I. A.; SILVA, L. S.; FRARE, J. C. V.; FILLA, V. A.; GOMES, R. P. **Indicadores da qualidade química e física do solo sob diferentes sistemas de manejo.** Revista Unimar Ciências, v. 26, n. 1-2, 2017.
- KIEHL, E. J. **Manual de edafologia: relações solo-planta.** São Paulo: Ceres, 1979. 262 p.
- MARTINELLI, B. M.; DIAS, H. C. T.; PAIVA, H. N. de; SALIM NETO, S. C. **Resistência mecânica à penetração em solos com diferentes usos.** In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 2002, Cuiabá-MT. Anais. Cuiabá: Editora da Universidade Federal de Mato Grosso, 2002. p. 1- 4.

MELLO, E. S. de; BRUM, A. L. **O direito ao desenvolvimento e a produção local: O plantio direto da soja como uma alternativa de desenvolvimento econômico.** Revista gestão e desenvolvimento em contexto - GEDECON, v.1, n. 01, p. 133-154, 2013.

MINATEL, A. L. G.; ANDRIOL, I.; CENTURION, J. F.; NATALE, W. **Efeitos da subsolagem e da adubação verde nas propriedades físicas do solo em pomar de citros.** Engenharia Agrícola, v. 26, n. 1, p. 86-95, 2006.

NEVES, C. M. N.; SILVA, M. L. N.; CURTI, N.; CARDOSO, E. L.; MACEDO, R. L. G.; FERREIRA, M. M.; SOUZA, F. S. de. **Atributos indicadores da qualidade do solo em sistema agrossilvopastoril no noroeste do estado de Minas Gerais.** Scientia Forestalis, v. 74, n. 02, p. 45-53, 2007.

NOGUEIRA, K. B.; ROQUE, C. G.; BORGES, M. C. R. Z.; TROLEIS, M. J. B.; BARRETO, R. F.; OLIVEIRA, M. P. **Atributos físicos do solo e matéria orgânica sob dois manejos e efeito residual da aplicação de calcário e gesso agrícola.** Revista de la Facultad de Agronomía, v. 115, n. 1, p. 45-54, 2016.

REICHERT, J.M.; SUZUKI, L.E.A.S.; REINERT, D.J. **Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: Identificação, efeitos, limites críticos e mitigação.** In: CERETTA, C.A.; SILVA, L.S.; REICHERT, J.M. (Eds.) Tópicos em ciência do solo. 5. ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007, p.49-134.

REICHERT, J.M.; SUZUKI, L.E.A.S.; REINERT, D.J.; HORNB, R.; HÅKANSSON, I. **Reference bulk density and critical degree-of-compactness for no-till crop production in subtropical highly weathered soils.** Soil and Tillage Research, v.102, n.2, p.242-254, 2009.

SALES, R. P.; PORTUGUAL, A. F.; MOREIRA, J. A. A.; KONDO, M. K.; PEGORARO, R. F. **Qualidade física de um Latossolo sob plantio direto e preparo convencional no semiárido.** Revista Ciência Agronômica, v. 47, n. 3, p. 429-438, 2016.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. de. (Ed.). **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 5. ed. Ver. e Ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356p. il.

SIQUEIRA, K. N.; SANTOS, R. F. dos; SANTOS, J. M.; SANTOS, J. H.; OLIVEIRA, Q. C. de; FERREIRA, A. C. A. **Resistência à penetração e estabilidade de agregados sob solos de mata nativa do cerrado, plantio convencional e pastagem.** Tree Dimensional, ProFloresta, v. 2, n. 4, p. 51, 2017.

SILVA, A. A.; GALON, R.; GALON, L.; FERREIRA, F. A.; TIRLONI, S. P.; FERREIRA, E. A.; SILVA, A. F.; AGNES, E. L. **Sistema de plantio direto na palhada e seu impacto na agricultura brasileira.** Revista Ceres, v. 56, p. 496-506, 2009.

SILVA, R. R.; SILVA, M. L. N.; FERREIRA, M. M. **Atributos físicos indicadores da qualidade do solo sob sistemas de manejo na Bacia Alto do Rio Grande-MG.** Ciência e Agrotecnologia, v. 29, n. 4, p. 719-730, 2005.

SILVA, S. G. C.; SILVA, A. P.; GIAROLA, N. F. B.; TORMENA, C. A.; SÁ, J. C. M. **Temporary effect of chiseling on the compaction of a Rhodic Hapludox under no-tillage.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 36, n. 2, p. 547-555, 2012.

SOIL SCIENCE DIVISION STAFF. 2017. **Soil survey manual.** C. Ditzler, K. Scheffe, and H.C. Monger (eds.). USDA Handbook 18. Government Printing Office, Washington, D.C.

VENDRUSCOLO, J.; RIBEIRO, T. de S.; MESQUITA, F. de O.; ALVES, A. de S.; SANTOS, G. A. dos. **Propriedades físicas de um Latossolo e Argissolo comparados a quatro tipos de solos na Paraíba – Brasil.** Revista Verde, v. 6, n. 4, p. 204 - 212, 2011.

## BIOTECNOLOGIA E OCUPAÇÃO DO CERRADO

*Data de aceite: 12/05/2020*

*Data da submissão: 26/03/2020*

### **Miguel Antonio Rodrigues**

Professor do Curso de Engenharia Agrônômica  
do Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia do Piauí – *campus* Uruçuí,  
Uruçuí-PI.

<http://lattes.cnpq.br/1993464727370330>

### **Hercules Elísio da Rocha Nunes Rodrigues**

Acadêmico do curso de Engenharia Agrônômica  
do Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia do Piauí – *campus* Uruçuí,  
Uruçuí-PI.

<http://lattes.cnpq.br/0593563410609072>

### **Tyago Henrique Alves Saraiva Cipriano**

Acadêmico do curso de Licenciatura em Ciências  
Biológicas do Instituto Federal de Educação,  
Ciência e Tecnologia do Piauí – *campus* Uruçuí,  
Uruçuí-PI.

<http://lattes.cnpq.br/8953123141553576>

### **Dayonne Soares dos Santos**

Professor do curso de Licenciatura em  
Matemática do Instituto Federal de Educação,  
Ciência e Tecnologia do Piauí – *campus* Uruçuí,  
Uruçuí-PI.

<http://lattes.cnpq.br/0931772917489070>

amostras do solo do Cerrado Piauiense, bem como a correção deste, foi possível introduzir culturas como soja e algodão, as quais possibilitaram a implantação e crescimento do Agronegócio nesse território. Nesse cenário, os latifundiários do Sul e Sudeste do país passaram a investir no Cerrado Piauiense. Essa pesquisa teve como objetivo diagnosticar os impactos da biotecnologia na agricultura do município de Uruçuí-PI, considerando o Tripé da Sustentabilidade. O estudo foi realizado através de pesquisas bibliográficas especializadas na temática, associadas à coleta de dados e informações de natureza primária obtidos nas Unidades Produtoras Agrícolas do recorte proposto. A exploração da biotecnologia foi fundamental para a expansão desse cultivo. Após confirmação da viabilidade do cultivo de grãos em larga escala no município de Uruçuí, houve especulação crescente das terras localizadas nesse território. Atualmente os produtores preferem o cultivo de sementes transgênicas em detrimento do uso do modelo convencional, pois aquelas apresentam menor vulnerabilidade e, portanto, diminui a necessidade de aplicação de fungicida, mesmo as sementes convencionais sendo mais acessíveis, ao se fazer uma avaliação da viabilidade econômica, os resultados direcionam para a escolha das

**RESUMO:** A partir de pesquisas realizadas com

sementes geneticamente modificadas. Observou-se que não há uma preocupação ou análise do valor ambiental nas respostas dos agricultores, eles utilizam os fatores quantitativos como critério para a escolha da modalidade de cultivo. Constatou-se, ainda, que os empreendedores rurais que cultivam grãos em larga escala no município de Uruçuí tem sua origem em outros estados brasileiros, mostrando uma ocupação exógena do território em estudo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Biotecnologia, latifundiários, viabilidade econômica.

## BIOTECHNOLOGY AND OCCUPATION OF THE CERRADO

**ABSTRACT:** From research carried out with soil samples of Cerrado Piauiense, as well as its correction, it was possible to introduce crops such as soybean and cotton, which allowed the implementation and growth of agribusiness in this territory. In this scenario, the landowners of the South and Southeast of the country began to invest in Cerrado Piauiense. This research aims to diagnose the impacts of biotechnology on agriculture in the municipality of Uruçuí-PI, considering the Sustainability Tripod. The study was carried out through bibliographic research specialized in the subject, associated with the collection of data and information of primary nature obtained in the Agricultural Production Units of the proposed cut. The exploitation of biotechnology was fundamental for the expansion of this crop. After confirmation of the viability of large-scale grain cultivation in the municipality of Uruçuí, there was increasing speculation of the lands located in this territory. Nowadays producers prefer the cultivation of transgenic seeds over the use of the conventional model, since they are less vulnerable and, therefore, reduce the need for fungicide application, even if the conventional seeds are more accessible, when making an economic viability assessment, the results point to the choice of genetically modified seeds. It was observed that there is no concern or analysis of environmental value in the responses of farmers, they use quantitative factors as a criterion for choosing the mode of cultivation. It was also found that rural entrepreneurs who grow large-scale grain in the municipality of Uruçuí have their origin in other Brazilian states, showing an exogenous occupation of the territory under study.

**KEYWORDS:** Biotechnology, landowners, economic viability.

## 1 | INTRODUÇÃO

Fazem parte do Cerrado Piauiense os Municípios de Bom Jesus, Baixa Grande do Ribeiro, Uruçuí, Bertolândia, Santa Filomena, Gilbués, Currais, Ribeiro Gonçalves, Sebastião Leal, Antônio Almeida, Marcos Parente, Porto Alegre do Piauí, Monte Alegre, Palmeira do Piauí, Manoel Emídio, Barreiras do Piauí, Corrente, São Gonçalo do Gurguéia, Redenção do Gurguéia, Elizeu Martins, Colônia do Gurgueia, Pavussu, Cristino Castro, Alvorada do Gurguéia e Parnaguá (CEPRO - Fundação

Centro de Pesquisas Econômicas e Sociais do Piauí, 2012).

Entretanto, os municípios que mais se destacaram no agronegócio são Uruçuí, Bom Jesus, Baixa Grande do Ribeiro e Ribeiro Gonçalves.

O maior produtor piauiense de soja é Baixa Grande do Ribeiro, com 675.252 toneladas colhidas, seguido de Uruçuí, com 575.627 toneladas, que antecede o vizinho Ribeiro Gonçalves, com 263.316 toneladas, e Bom Jesus, com 245.114 toneladas.

Na Figura 1, apresentam-se os dez maiores produtores de soja do estado do Piauí.

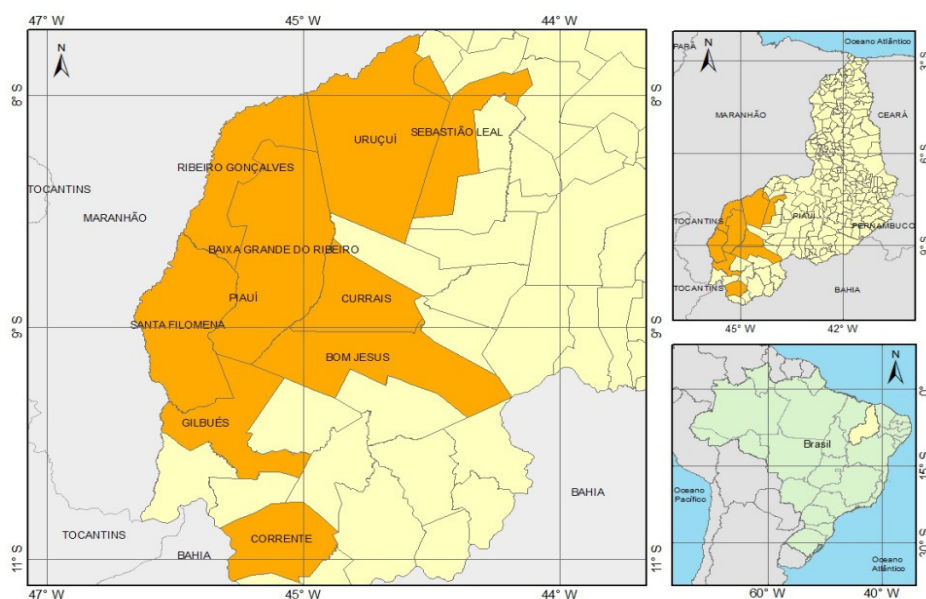


Figura 1. Principais municípios produtores de soja do Cerrado Piauiense. Fonte: Elaborado pelos autores (2018).

De acordo com a Embrapa (2015), no Estado do Piauí, a região do Cerrado onde há prática do Agronegócio engloba 4 Microrregiões (Alto médio Gurguéia, Alto Parnaíba Piauiense, Chapadas do Extremo Sul Piauiense e Bertolândia), 33 Municípios e 8.204.588 ha, ocupando 11% da área total.

Considerando a relevância quantitativa da abrangência dessa área, é que se propõe buscar alternativas com vista à melhoria da eficiência produtiva e ampliação do que se explora a outras camadas sociais do território.

A soja foi uma das culturas que apresentaram crescimentos mais expressivos no cultivo e no segmento agroindustrial na segunda metade do século XX no Brasil, o que justifica sua importância econômica para o país (BARBOSA e ASSUMPÇÃO, 2001).

A região Sul do estado do Piauí hoje é considerada como uma das mais novas fronteiras agrícolas do País, sendo que a produção de soja piauiense vem impulsionando o crescimento da produção agrícola no setor do agronegócio. Haja

vista que o aumento de sua produção obtido em 2011 teve acréscimo 31,73% em relação à safra de 2010, e o aumento da área foi apenas de 11,81%. As exportações do Piauí também foram afetadas de forma positiva em 2011, atingindo US\$164.346.156, incremento de 27,22% em relação ao ano anterior. Um dos produtos que apresentaram maior destaque foi a Soja que proporcionou US\$ 90.923.204 em exportações no ano de 2011 para o setor do agronegócio (CEPRO - Fundação Centro de Pesquisas Econômicas e Sociais do Piauí, 2012), principalmente devido ao uso de transgênicos.

Transgênicos ou organismos geneticamente modificados são produzidos por meio da transferência de genes de um ser vivo para outro, geralmente de espécies diferentes, como quando a soja recebe genes de vírus, bactérias ou outros organismos (GREENPEACE, 2012).

Quando organismos são geneticamente modificados, um pacote de genes é introduzido, incluindo uma sequência promotora para ativar o gene de interesse (que faz uma planta produzir uma proteína tóxica a insetos ou ser tolerante a um herbicida, por exemplo) e o DNA da sequência terminal, que indica onde é o fim do pacote genético (GREENPEACE, 2012).

Nesse estudo, o problema da pesquisa volta-se para responder a questionamentos como: Como se deu a ocupação do Cerrado no município de Uruçuí-PI, a partir da implantação de projetos agrícolas de produção em larga escala? Dessa forma, buscou-se descrever os Impactos da Biotecnologia na Agricultura do Município de Uruçuí, com vista a orientação dos produtores para a busca dos meios mais eficientes de produção em grande escala, bem como a necessidade de se avaliar os efeitos que podem causar ao meio ambiente. Nessa perspectiva, buscou-se especificamente: caracterizar o perfil dos produtores agrícolas em nível empresarial do município de Uruçuí-PI; mensurar os níveis de utilização de variáveis advindas da Biotecnologia na agricultura em grande escala do Cerrado Piauiense; conhecer a trajetória de adoção de práticas de uso de Biotecnologia dos produtores agrícolas do recorte geográfico em estudo.

## 2 | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

De acordo com Mendes (2007), o atual modelo de crescimento econômico gerou enormes desequilíbrios; se por um lado, nunca houve tanta riqueza e fortuna no mundo, por outro lado a miséria, a degradação ambiental e a poluição aumentam dia-a-dia. Assim, é importante que se cultive a ideia de sustentabilidade, buscando conciliar desenvolvimento econômico com preservação ambiental e, ainda, a minimização da pobreza. Nessa perspectiva, a Biotecnologia pode ser

citada como uma alternativa de busca de inserção econômica para aqueles cuja produção agrícola não vem dando condições para projetar uma dinâmica eficiente na atividade.

Com a Biotecnologia moderna, tornou-se possível adotar uma agricultura mais eficiente, com as novas descobertas de melhoramento genético vegetal, possibilitando que as culturas tradicionais fossem substituídas por cultivares melhoradas e plantas transgênicas, com vista a aumentar a produtividade da cultura para suprir a demanda de alimentos (LEITE, 2013). Para essa autora, no cenário mundial, existem duas formas de proteção para a produção de variedades de vegetais, quais sejam: a *sui generis* (o objeto possui certos requisitos e limitações como: a novidade, distinguibilidade, homogeneidade, estabilidade) e a patente, sendo aquela a que se pratica no Brasil.

Os efeitos de Organismo Geneticamente Modificados no meio ambiente devem ser sempre estudados e acompanhados, porém o potencial de plantas modificadas podem ter papel importante na revitalização da microbiota do solo, recuperando a fertilidade e suas propriedades físico-químicas, o que torna a agricultura uma atividade menos impactante ao meio ambiente (ANDRADE, 2005). Assim, faz-se necessário analisar tais sistemas e observar quais os efeitos de proteção que possam ser benéficos para os agricultores e para os consumidores de modo geral, haja vista que a utilização dessa ferramenta deve ser feita de forma otimizada, maximizando lucros e minimizando os custos de produção.

Segundo o Ministério do meio Ambiente - MMA (2018), o Cerrado é o segundo maior bioma da América do Sul, ocupando uma área de 2.036.448 km<sup>2</sup> cerca de 22% do território nacional. A sua área contínua incide sobre os estados de Goiás, Tocantins, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Bahia, Maranhão, Piauí, Rondônia, Paraná, São Paulo e Distrito Federal, além dos enclaves no Amapá, Roraima e Amazonas.

O Cerrado Piauiense teve ocupação predominantemente até a década de 1990 seguido dos anos compreendidos entre 1991 e 2000. Em períodos anteriores a 1990 a existência do plantio de soja no município Uruçuí-PI possuía um caráter apenas experimental. A produção da commodity soja no Brasil tem se concentrado nas regiões Centro-Oeste do país e vem se expandindo para o Nordeste através dos estados do Maranhão, Piauí e Bahia, além da região Norte, consolidando-se na década de 1990, nas regiões Nordeste e Norte do Brasil, onde definiu novas fronteiras (LEAL e FRANÇA, 2010).

Até a década de 1960, os solos dos Cerrados eram considerados improdutivos, visto que seus tipos predominantes são os latossolos vermelho-amarelo, senis, distróficos, bem drenados e estruturados, profundos, em geral bastante ácidos, com alto teor de alumínio e ferro, sendo considerados pouco férteis para a agricultura do



ponto de vista nutricional (EMBRAPA, 2012). Foi através de pesquisas agronômicas realizadas que se identificaram tecnologias capazes de promover a correção da acidez do solo e adubação, entre outros fatores, que se tornou possível a exploração das potencialidades desse bioma.

Historicamente, as terras dos cerrados eram consideradas não propícias para a produção agropecuária, posto que as condições naturais do solo, centrado em relevo plano ou suavemente ondulado, manifestavam solos fracos e ácidos (MONTEIRO e FERREIRA, 2010). Para esses autores, com a constatação desses condicionantes naturais e o interesse pelo setor agrícola na região, processou-se a modernização da produção, que se caracterizou pelo uso da terra como um substrato passível de mudanças, ao utilizar máquinas pesadas e insumos externos aos ecossistemas, com o objetivo de elevar a produtividade e, conseqüentemente, possibilitar lucros crescentes.

A partir dessa constatação, os solos do cerrado Brasileiro vêm sendo ocupados em proporções cada vez maiores ao longo do tempo, o que tem provocado muitas mudanças no uso da terra e, como consequência, grandes alterações no ambiente e na forma de vida das pessoas que ali habitam. Um dos fatores que motivam a exploração dos cerrados é a produção de soja em grande escala, tendo em vista a existência de potencialidades locais como as condições favoráveis de solo e clima, a possibilidade de associação com outras culturas, de mecanização da produção, do crescimento da agroindústria, da formação de cooperativas na intermediação e comercialização (LEAL e FRANÇA, 2010). Esses fatores, aliados a outros, como mão de obra local barata e o custo da terra insignificante, foram alvos de muitos empreendedores do Sul e do Sudeste do País, pois possuíam poder aquisitivo e domínio de técnicas para explorar essa nova Fronteira Agrícola.

### 3 | METODOLOGIA

A metodologia utilizada foi de natureza quanti-qualitativa, pois “o termo quantitativo considera tudo o que pode ser mensurável e quantificável”, ou seja, as opiniões e informações podem ser traduzidas em números. Já o qualitativo implica uma partilha densa com pessoas, fatos e locais que constituem objetos de pesquisa, para extrair desse convívio os significados visíveis e latentes que somente são perceptíveis a uma atenção sensível (CHIZZOTTI, 2006).

Segundo Bussab e Morettin (2010), o método de Amostragem Aleatória Simples (AAS), é a maneira mais acessível para selecionar uma amostra probabilística de uma população. Assim, a escolha das Unidades Produtoras de soja e milho do município de Uruçuí será realizada com base na AAS a partir da numeração destes em cartões, onde cada número representou uma unidade produtora de grãos,

previamente. Esses cartões foram dobrados, inseridos em uma caixa e retirados ao acaso repetitivamente até que se complete o total de 10, garantindo, assim, a aleatoriedade da amostra.

#### 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados ora discutidos são referentes a 10 Unidades Produtoras de grãos do município de Uruçuí-PI, cujo direcionamento voltou-se para a compreensão da viabilidade do uso de biotecnologia para o cultivo de grãos, considerando aspectos estruturais e ambientais.

Sobre a origem dos produtores que atuam na agricultura em larga escala do município de Uruçuí-PI, observou-se que todos eles são de outros estados brasileiros (Figura 2), com destaque para o Rio Grande do Sul.

Os investimentos no Cerrado Piauiense do setor partem de produtores do Sul e Sudeste do país, que vieram em busca de melhores condições de produção (REYDON e MONTEIRO, 2006), o que caracterizou um crescimento exógeno, marcado pelo monopólio do setor produtivo por empreendedores externos ao município em estudo.

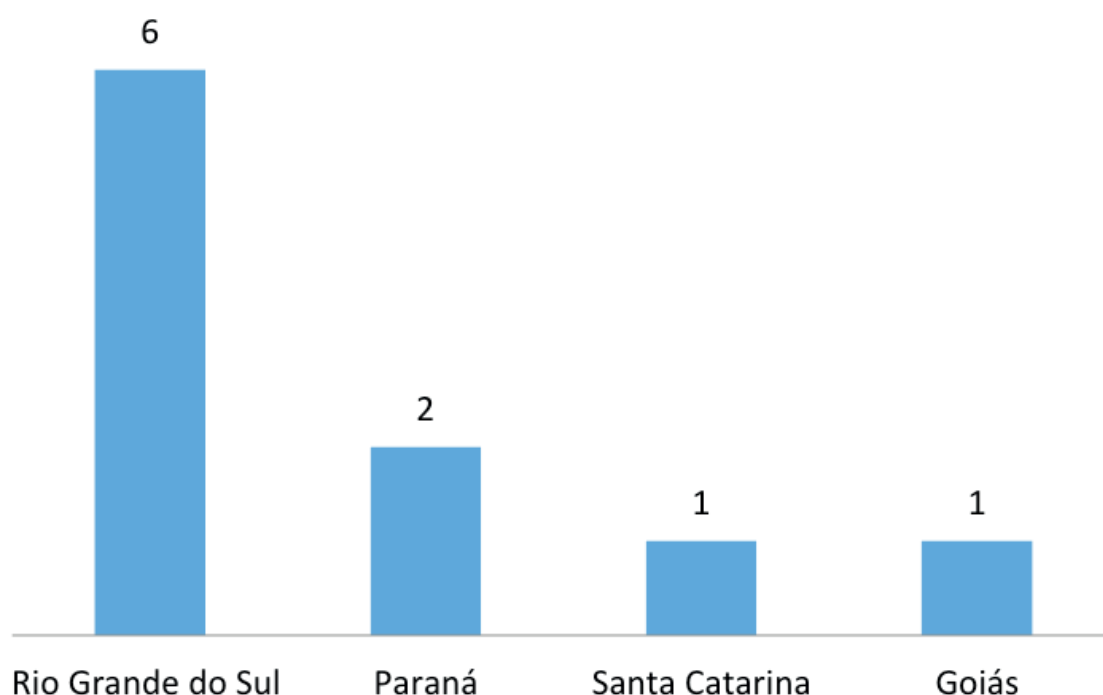


Figura 2. Estado de origem dos produtores de grãos do Município de Uruçuí-PI. Fonte: própria (2018).

Na Figura 3, observa-se que a produção de grãos no município caracteriza a prática de latifúndio, tendo em vista que para se constatar a existência da agricultura familiar nessa prática, o limite de hectares nessa produção não poderia ultrapassar

300 hectares, uma vez que de acordo com Araújo (2013), esse limite é de 4 módulos fiscais, que varia de acordo com a densidade demográfica e no caso de Uruçuí o módulo fiscal equivale a 75 hectares.

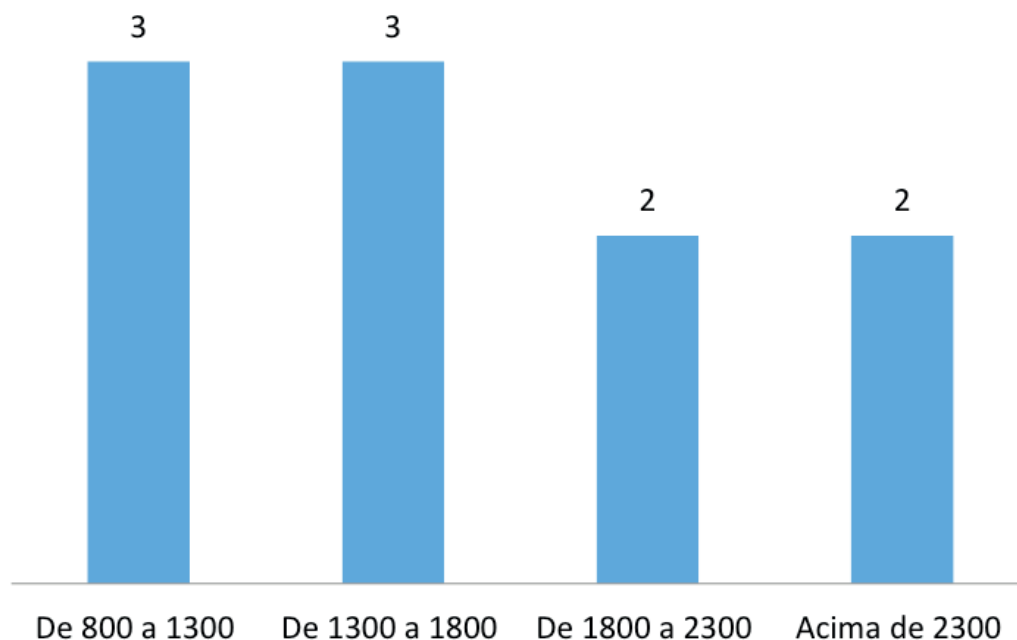


Figura 3. Área total da produção de grãos, em hectare, das Fazendas em análise. Fonte: Própria (2018).

Na Figura 4, verifica-se que houve uma especulação dos imóveis rurais, de forma crescente até em 2010. Essa lógica foi constatada também por Rodrigues (2015), que fez um estudo mais detalhado (Figura 5) no Distrito Nova Santa Rosa, e quanto às variáveis em análise, destacou-se o período de 1997 a 2009. Os valores foram atualizados, utilizando o preço da saca de soja atual, ou seja, o produtor informou quantas sacas de soja equivaliam ao hectare da terra na época da compra e, fez-se a multiplicação pelo valor da unidade hoje.

Essa especulação aumentava a partir dos sucessos advindos do uso da biotecnologia na agricultura do cerrado piauiense, acarretando na eficiência da produtividade de soja. A partir dessa concentração e do cultivo da soja, o valor do hectare ficou supervalorizado, comparando com o período em que a demanda e as motivações de aquisições não eram predominantes do cenário do agronegócio.

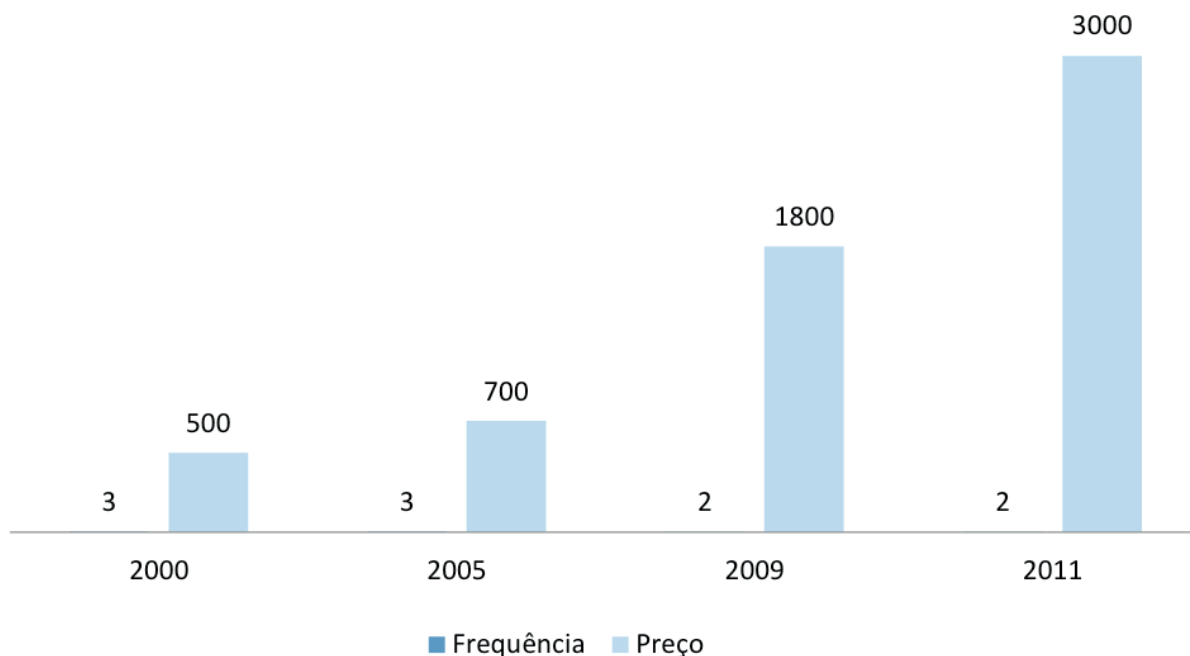


Figura 4. Ano de aquisição da terra e preço médio do hectare nessa época. Fonte: Própria (2018)

Ao analisar os resultados apresentados na Figura 5, verifica-se que o cultivo convencional de grãos perde espaço para a preferência por uma produção geneticamente modificada, inserida nas práticas de biotecnologia.

A biotecnologia pode ser definida como um conjunto de técnicas de manipulação de seres vivos ou parte destes para fins econômicos, onde se promove a transferência e modificação genética direta, conhecida como engenharia genética ou tecnologia do DNA recombinante, mais a genômica, caracterizando a biotecnologia moderna (SILVEIRA, BORGES; BUAINAIN, 2005). Isso representa um avanço em relação aos métodos mecânicos e químicos propostos pela Revolução Verde, cujo surgimento se deu na década de 1970, representada por um sistema desenvolvido à base de muita tecnologia aplicada à agricultura, que levava em conta o aumento da produção e produtividade agrícola proporcionado por ele solucionaria a questão da fome no mundo (EHLERS, 2008).

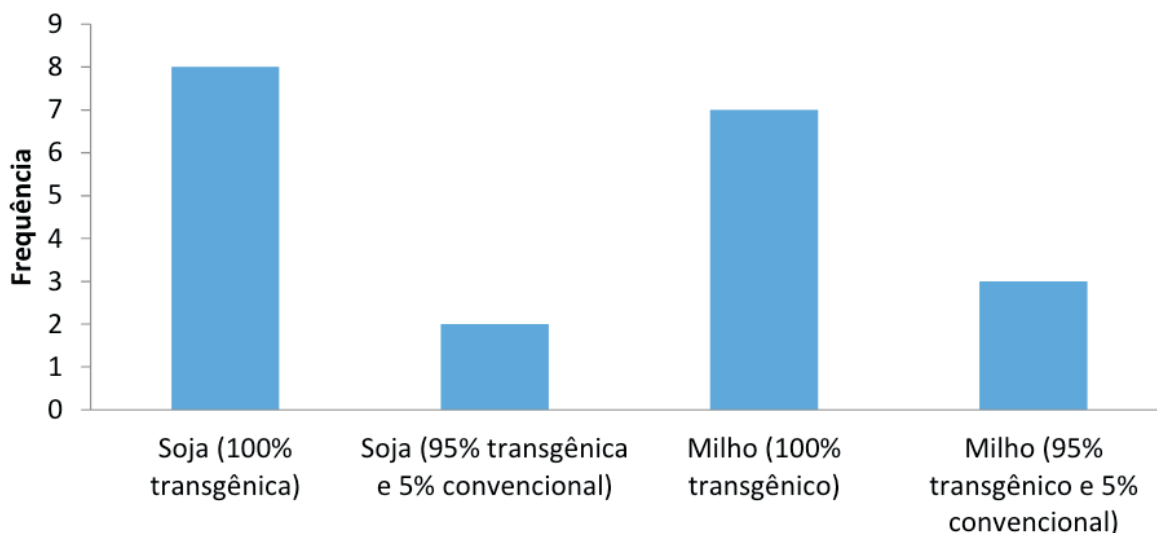


Figura 5. Proporção de cultivo de soja e milho transgênicos x convencionais. Fonte: Própria (2018).

Assim, tornou-se possível adotar uma agricultura mais eficiente, com as novas descobertas de melhoramento genético vegetal, possibilitando que as culturas tradicionais fossem substituídas por cultivares melhoradas e plantas transgênicas, com vista a aumentar a produtividade da cultura para suprir a demanda de alimentos (LEITE, 2013). Para essa autora, no cenário mundial, existem duas formas de proteção para a produção de variedades de vegetais, quais sejam: a *sui generis* (o objeto possui certos requisitos e limitações como: a novidade, distinguibilidade, homogeneidade, estabilidade) e a patente, sendo aquela a que se pratica no Brasil.

Os efeitos de Organismo Geneticamente Modificados no meio ambiente devem ser sempre estudados e acompanhados, porém o potencial de plantas modificadas podem ter papel importante na revitalização da microbiota do solo, recuperando a fertilidade e suas propriedades físico-químicas, o que torna a agricultura uma atividade menos impactante ao meio ambiente (ANDRADE, 2005). Assim, faz-se necessário analisar tais sistemas e observar quais os efeitos de proteção que possam ser benéficos para os agricultores e para os consumidores de modo geral, haja vista que a utilização dessa ferramenta deve ser feita de forma otimizada, maximizando lucros e minimizando os custos de produção.

Ao serem questionados sobre as motivações da escolha das alternativas geneticamente modificadas ou convencionais, os produtores foram unânimes ao apontarem como vantagens para os geneticamente modificados a menor necessidade de aplicação de fungicida, em comparação com o convencional e, por outro lado, destacaram o alto custo das sementes, pois consideram a modalidade convencional mais acessível, porém apresenta maior necessidade de controle de fungicida e herbicida.

Já sobre o uso de gene de restrição de uso, associado aos motivos da utilização,

os produtores afirmaram que fazem a introdução, o que torna as plantas tolerantes ao uso do *Roudup Read* (glifosado), no controle de ervas daninhas.

Nesse sentido, é importante destacar que essa prática pode colocar a população nas mãos dos produtores que detém essa tecnologia, principalmente em uma situação de escassez de alimentos, pois segundo Fernandes (2015), as empresas que já controlavam a produção dos diferentes insumos utilizados na produção agrícola convencional puderam apropriar-se da base primeira da produção, que são as sementes; as sementes híbridas do início da revolução verde trouxeram novo vigor produtivo, mas ao mesmo tempo limitações biológicas para reutilização das sementes; no caso das plantas transgênicas, essa limitação tornou-se restrição imposta por direitos de propriedade intelectual.

Quando o cultivo da cultura é bem difundido na agricultura familiar, como o milho, por exemplo, a modificação genética sobre variedade traz uma consequência negativa: o rompimento de um paradigma quando se pensa nas sementes como bem comum cuidado pelos agricultores que as cultivam e que tem suas origens ancestrais na origem da própria agricultura e da domesticação de espécies (FERNANDES, 2015).

Ao serem questionados sobre os possíveis benefícios trazidos pela biotecnologia para a agricultura do município de Uruçuí-PI, os produtores afirmaram que o aumento na produtividades de grãos adquirida através do potencial genético foi o benefício mais significativo.

O desenvolvimento socioambiental leva em conta a sociedade e o meio ambiente, incentivando a interação e o grau de impacto positivo que a primeira provoca no ambiente e vice-versa.

Com a Biotecnologia moderna, além do aumento da produtividade, pode contribuir para a redução dos custos de produção, para a produção de alimentos com melhor qualidade e para a o desenvolvimento de práticas menos agressivas ao meio ambiente (SILVEIRA, BORGES; BUAINAIN, 2005). Isso é possível em culturas que são cultivadas no Cerrado Piauiense, como soja, milho, algodão, entre outras.

Assim, tornou-se possível adotar uma agricultura mais eficiente, com as novas descobertas de melhoramento genético vegetal, possibilitando que as culturas tradicionais fossem substituídas por cultivares melhoradas e plantas transgênicas, com vista a aumentar a produtividade da cultura para suprir a demanda de alimentos (LEITE, 2013). Para essa autora, no cenário mundial, existem duas formas de proteção para a produção de variedades de vegetais, quais sejam: a *sui generis* (o objeto possui certos requisitos e limitações como: a novidade, distinguibilidade, homogeneidade, estabilidade) e a patente, sendo aquela a que se pratica no Brasil.

Os efeitos de Organismo Geneticamente Modificados no meio ambiente devem ser sempre estudados e acompanhados, porém o potencial de plantas modificadas

podem ter papel importante na revitalização da microbiota do solo, recuperando a fertilidade e suas propriedades físico-químicas, o que torna a agricultura uma atividade menos impactante ao meio ambiente (ANDRADE, 2005). Assim, faz-se necessário analisar tais sistemas e observar quais os efeitos de proteção que possam ser benéficos para os agricultores e para os consumidores de modo geral, haja vista que a utilização dessa ferramenta deve ser feita de forma otimizada, maximizando lucros e minimizando os custos de produção.

## 5 | CONCLUSÕES

Considerando a complexidade que a atividade agrícola incorporou ao longo dos anos, e a “timidez” dos Piauienses no cultivo de grandes áreas, a exploração da biotecnologia foi fundamental para a expansão desse cultivo. Após confirmação da viabilidade do cultivo de grãos em larga escala no município de Uruçuí, houve especulação crescente das terras localizadas nesse território.

Atualmente os produtores preferem o cultivo de sementes transgênicas em detrimento do uso do modelo convencional, pois aquelas apresentam menor vulnerabilidade e, portanto, diminui a necessidade de aplicação de fungicida, mesmo as sementes convencionais sendo mais acessíveis, ao se fazer uma avaliação da viabilidade econômica, os resultados direcionam para a escolha das sementes geneticamente modificadas.

Observou-se que não há uma preocupação ou análise do valor ambiental nas respostas dos agricultores, eles utilizam os fatores quantitativos como critério para a escolha da modalidade de cultivo. Da mesma forma, não se verificou nos depoimentos dos produtores uma visão crítica quanto à possibilidade de os detentores das sementes supervalorizarem em situações de possível escassez de alimentos.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, G. **Bioindicadores para uma análise de risco ambiental**. Biotecnologia: Ciência & Meio Ambiente. Número 34 Jan/jun, p. 13-21, 2005.

ARAÚJO, M. J. **Fundamentos de agronegócios**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2013.

BARBOSA, M. Z. ASSUMPCÃO, R. **Ocupação territorial da produção e da agroindústria da soja no Brasil, nas décadas de 80 e 90**. Informações Econômicas, São Paulo, 31(11):7-16, novembro, 2001.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **O Bioma Cerrado**. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/biomas/cerrado>. Acesso em: 20 jul. 2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Agenda 21 Brasileira – Agricultura Sustentável** -

Produto 3 / Versão final, 1999. Disponível em: [www.fea.unicamp.br/docentes/ortega/curso/docfinal.rtf](http://www.fea.unicamp.br/docentes/ortega/curso/docfinal.rtf). Acesso em: 23 out. 2019.

BUSSAB, W. O.; MORETTIN, P. A. **Estatística Básica**. 6. ed. – São Paulo: Saraiva, 2010.

CEPRO - Fundação Centro de Pesquisa Econômicas e Sociais do Piauí. **Piauí – Conjuntura Econômica, Boletim Anual** (2012). CEPRO, 2011, 77 p. Disponível em [http://www.cepro.pi.gov.br/download/201204/CEPRO19\\_88a61d1de4.pdf](http://www.cepro.pi.gov.br/download/201204/CEPRO19_88a61d1de4.pdf). Acesso em: 10 set. 2019.

CHIZZOTTI, A. **Pesquisa qualitativa em Ciências Humanas e Sociais**. Petrópolis: Vozes, 2006. 144p.

EHLERS, E. M. **O que é agricultura sustentável**. São Paulo: Brasiliense, 2008.

EMBRAPA. **Matopiba**: Delimitação, Caracterização e desafios e oportunidades para o Desenvolvimento. Disponível em: [https://www.embrapa.br/gite/projetos/matopiba/150514\\_MATOPIBA\\_MA.pdf](https://www.embrapa.br/gite/projetos/matopiba/150514_MATOPIBA_MA.pdf). Acesso em 14 out. 2019.

FERNANDES, G. B. **Genes como mercadorias**: o caso da introdução das sementes transgênicas no Brasil. Dissertação (mestrado). Universidade Federal do Rio de Janeiro. Programa de Pós-graduação em História das Ciências e das Técnicas e epistemologia, 2015. Disponível em <http://aspta.org.br/wp-content/uploads/2016/02/Dissertacao-Gabriel-Fernandes-Genes-como-mercadorias-2015.pdf>. Acesso em 23 set. 2019.

GREENPEACE. **Transgênicos: a verdade por trás do mito**. Greenpeace Brasil, São Paulo, SP, 2012. Disponível em: <http://www.greenpeace.org.br/transgenicos/pdf/cartilha.pdf>. Acesso em: 23 jun. 2018.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Descrição agropecuária**. Disponível em: <http://www.bndes.cnpem.embrapa.br/textos/evolu1.htm>. Acesso em: 28 ago. de 2019.

LEAL, M. N.; FRANÇA, V. L. A. **Reestruturação da produção agrícola e organização do espaço agrário piauiense: o agronegócio da commodity soja**. B. goiano.geogr. Goiânia, v. 30, n. 2, p. 13-28, jul./dez. 2010.

LEITE, D. S.. **Biotecnologia e melhoramento das variedades de vegetais: cultivares e transgênico**. Veredas do Direito, Belo Horizonte, v.10, n.19, p.23-44, Janeiro/Junho de 2013.

MENDES, M. C. **Desenvolvimento sustentável**. Programa Educ@ar, [São Paulo], 2007. Disponível em: [http://educar.sc.usp.br/biologia/textos/m\\_a\\_txt2.html](http://educar.sc.usp.br/biologia/textos/m_a_txt2.html). Acesso em: 25 jun. 2017.

MONTEIRO, M. do S. L; FERREIRA, E. C. **Ocupação e uso do Cerrado Piauiense: dinâmica do Mercado de Terras**. V Encontro Nacional da Anppas 4 a 7 de outubro de 2010 Florianópolis - SC – Brasil.

REYDON, B. P.; MONTEIRO, M. do S. L. **Ocupação do cerrado Piauiense: um processo de valorização Fundiária**. In: BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Agrário. Núcleo de Estudos Agrários e Desenvolvimento Rural. Mercados de terras no Brasil: estrutura e dinâmica / organizadores Bastiaan Philip Reydon. Francisca Neide Maemura Cornélio. Brasília: NEAD, 2006. 444 p.

RODRIGUES, M. A. **Caracterização socioeconômica da produção primária da cadeia produtiva da soja no município de Uruçuí-PI**. Piracanjuba: Conhecimento Livre, 2019. 126 f.: il. Formato PDF ISBN: 978-65-80226-23-8. Disponível em: <https://conhecimentoivre.org/wp-content/uploads/edd/2019/12/129221815-23-2019.pdf>. Acesso em 25 jan. 2020.

SILVEIRA, J. M. F. J. da; BORGES, I. de C.; BUAINAIN, A. M. **Biotecnologia e Agricultura: da ciência e tecnologia aos impactos da inovação**. 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/spp/v19n2/v19n2a09.pdf>. Acesso em 12 out. 2019.



## MODELAGEM PARA DETERMINAÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO REAL PARA O BIOMA CERRADO

*Data de aceite: 12/05/2020*

*Data de submissão: 05/02/2020*

### **Kleber Renato da Paixão Ataíde**

Instituto Nacional de Meteorologia, Seção de  
Produtos de Imagens de Satélites,  
Brasília - DF.

<http://lattes.cnpq.br/0900922112525961>

### **Gustavo Macedo de Mello Baptista**

Universidade de Brasília,  
Brasília - DF.

<http://lattes.cnpq.br/7461437118914206>

**RESUMO:** Este estudo apresenta o desenvolvimento de um modelo não linear para estimar a evapotranspiração real (ETR), utilizando o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) e a radiação solar global (RG), obtidos por sensoriamento remoto para o bioma do Cerrado brasileiro, utilizando imagens MODIS do satélite Aqua, com resolução espacial de 500 metros para estimar ETR diária, para isso, foram gerados modelos empíricos por meio de regressão não linear multivariada, baseados em observações efetuadas em 32 estações meteorológicas automáticas e comparada com a ETR (obtida pelo método de Thornthwaite e Mather (1955)) em cada uma

das estações em dias de céu claro observando a alternância dos períodos úmido e seco nos anos de 2007 a 2010. O Modelo Não Linear que contém como parâmetros RG e NDVI é sensível à sazonalidade e apresentou  $R^2$  igual a 0,8680 e erro quadrático médio da raiz (MSE) igual a 0,00384 os quais foram calibrados para estimativa de valores de ETR acima de 0,05 mm. Por fim, as análises propiciaram a geração da ETR diária (mm/dia).

**PALAVRAS-CHAVE:** Evapotranspiração, índice de vegetação, radiação solar global, modelos não lineares.

### MODELING TO DETERMINATION OF REAL EVAPOTRANSPIRATION FOR THE CERRADO BIOME

**ABSTRACT:** This study presents the development of a non-linear model to estimate real evapotranspiration (ETR), using the normalized difference vegetation index (NDVI) and global solar radiation (RG), obtained by remote sensing for the Brazilian Cerrado biome, using MODIS images from the Aqua satellite, with a 500-meter spatial resolution to estimate daily ETR, empirical models were generated by multivariate nonlinear regression, based on observations made in 32 automatic weather

stations and compared with the ETR (obtained by method of Thornthwaite and Mather (1955)) in each of the seasons on days of clear sky, observing the alternation of the wet and dry periods in the years 2007 to 2010. The Non-Linear Model containing as parameters RG and NDVI is sensitive to seasonality and presented  $R^2$  equal to 0.8680 and root mean square error (MSE) equal to 0.00384 which were calibrated to estimate the value ETR values above 0.05 mm. Finally, the analyzes provided the generation of the daily ETR (mm / day).

**KEYWORDS:** Evapotranspiration, vegetation index, global solar radiation, non-linear models.

## 1 | INTRODUÇÃO

O uso de água pelas plantas se faz necessário para que estas, por meio do processo metabólico, principalmente no processo de transpiração, reflitam em produtividade primária e que esse processo, que envolve grandes quantidades de água, seja possível devido ao aporte pelas chuvas ou pela irrigação, que no mundo representa cerca de 70% de consumo da água potável disponível e no Brasil, 46%.

A elevada exigência de água é intrínseca da planta que se sofrer estresse hídrico tem o seu crescimento e sua produtividade afetados. Para que seja possível conciliar dois desafios, uma maior produção agrícola e com economia dos recursos hídricos, é necessário que se tenha conhecimento da quantidade de água demandada pela planta para que haja um crescimento e produção satisfatórios consumindo o mínimo de água possível.

A evapotranspiração (ET) está intimamente ligada aos estudos de ecossistemas e produtividade agrícola, sendo, portanto, uma informação útil para o planejamento de irrigação e estudos hidrológicos de bacias hidrográficas. A evapotranspiração é a forma pela qual a água da superfície terrestre passa para a atmosfera no estado de vapor, tendo papel importantíssimo no ciclo hidrológico em termos globais, (CHEN e GAO, et al., 2005). Essencial para o entendimento dos processos físicos da superfície terrestre em climatologia, (ALLEN, 1986) como avaliação de seca agrícola.

A seca agrícola está relacionada à baixa disponibilidade de umidade no solo a qual torna o suprimento de água às culturas insuficiente para repor as perdas por evapotranspiração (OMM, 1975). Além de estar relacionado às fases críticas do desenvolvimento/crescimento dos vegetais, o início de uma seca agrícola pode se distanciar de uma seca meteorológica, pois depende quase que exclusivamente da água disponível na zona radicular das culturas no solo.

Uma seca agrícola nada mais é que um déficit de evapotranspiração. Entretanto, segundo Palmer (1968) tal deficiência, não deve ser calculada com

base na evapotranspiração potencial (ETp), já que em estações climatologicamente secas, um valor de evapotranspiração real (ETR) inferior ao da evapotranspiração potencial não significa, necessariamente, a existência de uma anomalia climática.

Uma seca agrícola está relacionada ao déficit entre o valor da evapotranspiração real, estimada em um período e o valor climatologicamente esperado para o mesmo período em questão. O estudo da seca agrícola exige ainda uma escala de tempo curta (menos que um mês) para que seu efeito seja corretamente avaliado (PALMER, 1968).

Diante do exposto, foi elaborado um modelo empírico não linear para estimar a evapotranspiração real (ETR) diária da superfície em condições normais de água disponível no solo para o bioma do Cerrado brasileiro, por técnica de sensoriamento remoto com dados de Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e Radiação Solar Global (RG) tendo em vista a possível aplicação na avaliação de seca agrícola, devido possibilidade de monitoramento de áreas extensas em escala diária.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Para elaboração do modelo de evapotranspiração diária, foram utilizados os seguintes dados e métodos de análise: Os dados de entrada foram Índice de vegetação por diferença normalizada-NDVI, Radiação solar global, precipitação, temperatura, localização geográfica, tipo de solo, capacidade de armazenamento hídrico e evapotranspiração real (ETR) de cada estação meteorológica. Os métodos adotados foram a análise descritiva, o agrupamento e a regressão não linear por Newton Raphson e Máxima verossimilhança.

O modelo não linear foi obtido empiricamente com metade das observações (610 amostras) e a outra metade foi utilizada para validação com dados de 32 estações meteorológicas automáticas de superfície distribuídas no ambiente do bioma Cerrado brasileiro inserida na área delimitada pelo tile h13v10 dos produtos MODIS abrangendo grande parte do Centro-Oeste do Brasil (Goiás, Tocantins, Minas Gerais, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Distrito Federal). A ETR observada (estimada pelo balanço hídrico de THORNTHWAITE e MATTER, 1955) durante o período de quatro anos representando as condições climáticas da região.

Foram coletados os dados horários de precipitação e temperatura do ar durante o período de cinco anos (2006 a 2010) nos períodos seco e úmido, a classificação de solos da região e suas respectivas capacidades de armazenamento de água, dos quais se elaborou balanço hídrico sequencial horário para cada estação da área de estudo, sendo que o modelo foi validado para os anos de 2007 a 2010 (Figura 1).

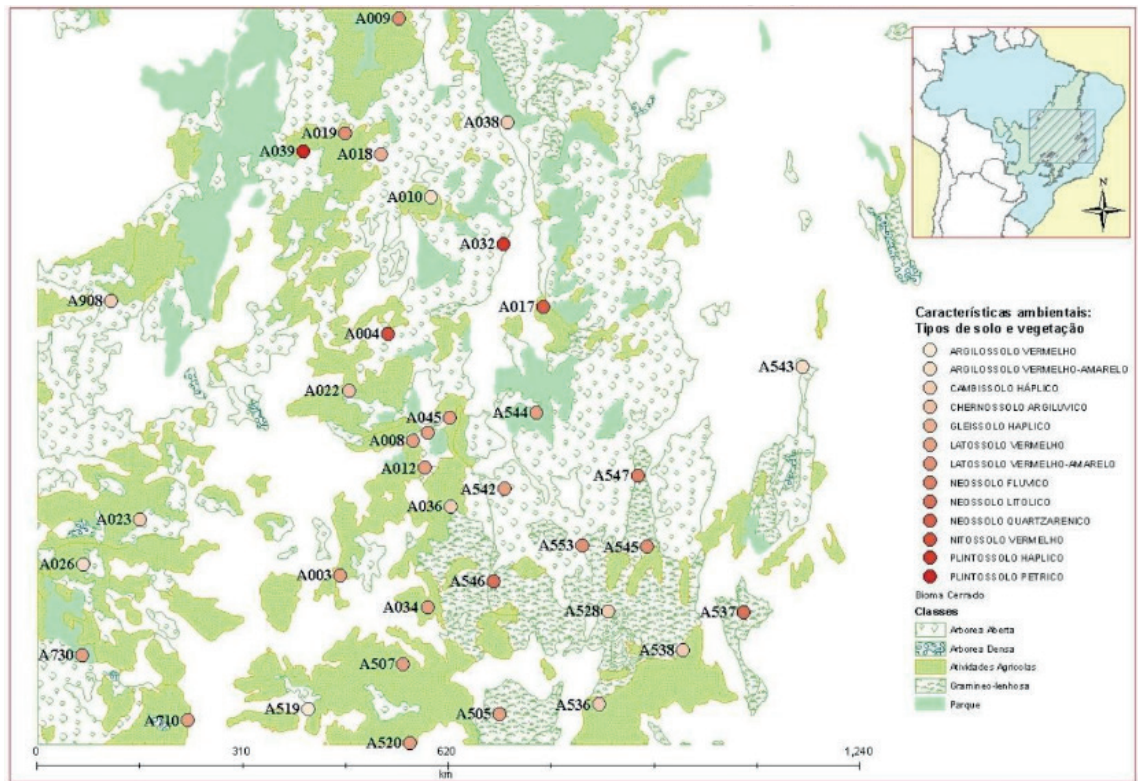


Figura 1. Área de estudo.

Os dados de Radiação Solar global (RG) foram coletados pelo piranômetro de modelo CM6B (VAISALA, 2001).

Para calibração dos modelos, foram utilizados os dados de radiação solar global (RG) em MJ/m<sup>2</sup> às 17h UTC (*Universal Time Coordinate*) e o Índice de Vegetação (NDVI) nos dias sem cobertura de nuvens, em cada estação meteorológica.

O balanço hídrico sequencial foi calculado adotando-se o método de Thornthwaite e Mather (1955) para uma capacidade de água disponível (CAD) específica para cada tipo de solo de cada estação meteorológica para uma profundidade de 50 cm (Tabela 1), com a evapotranspiração potencial (ETP) estimada pelo método de Thornthwaite (1948).

Estatística	ETR	NDVI	RG
Média	0,063	0,724	2,827
Mediana	0,024	0,716	2,771
Moda	0,0001	0,655	2,5420
Desvio-Padrão	0,083	0,077	0,36035
Coef. de Variação	130,73	10,69	12,748

Tabela 1. Análise descritiva dos dados.

A estimativa do balanço hídrico foi elaborada de forma horária para que se obtivessem valores de evapotranspiração real (ETR) para o horário próximo ao qual o satélite obtém imagem da superfície. Possibilitando assim, a análise de valores

obtidos quase simultaneamente, havendo uma diferença de 20 a 30 minutos entre as medições dos parâmetros ambientais.

Para o mesmo período foram selecionados produtos de refletância obtidas do para cálculo do índice de vegetação (NDVI) para cada estação meteorológica.

O NDVI foi obtido dos produtos diários MYD09GA (LP DAAC-TEAM, 2008) contendo sete bandas de reflectância com resolução espacial de 500 metros do sensor MODIS a bordo do satélite Aqua devido o mesmo coletar imagens às 13h 30 local, horário em que ocorrem as maiores temperaturas (VIANELLO e ALVES, 1991) e ângulo zenital solar próximo ao máximo.

O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada foi proposta por (ROUSE et al., 1973), varia de -1 a +1 e é calculado pela seguinte equação:

$$NDVI = \frac{\rho_{ivp} - \rho_v}{\rho_{ivp} + \rho_v} \quad \text{Equação 1}$$

Para praticidade matemática em relação à possibilidade de testes em equações não lineares dos tipos exponencial e logarítmica, foi realizado um processo de transformação de escala dos valores de NDVI, reescalando os valores de -1 a +1 para o intervalo de 0 a +1, por meio da equação utilizada em (OLIVEIRA e BAPTISTA, 2011), dada por:

$$NDVI^* = \frac{NDVI+1}{2} \quad \text{Equação 2}$$

Como ferramenta para monitoramento da vegetação, o NDVI foi utilizado para construir os perfis sazonal e temporal das atividades da vegetação, permitindo comparações interanuais desses perfis.

A Radiação Solar Global (RG) pode ser calculada utilizando a seguinte relação:

$$RG = S \cdot \cos Z \cdot d_r \cdot \tau_{sw} \cdot 3,6 \times 10^{-3} \text{ (MJ/m}^2\text{)} \quad \text{Equação 3}$$

Em que  $\tau_{sw}$  é a transmissividade atmosférica para um dia de céu claro, parametrizada em função da altitude do local, o inverso do quadrado da distância relativa Terra-Sol ( $d_r$ ), o ângulo zenital solar ( $Z$ ) e da constante solar ( $S$ ) igual a  $1367,5 \text{ W/m}^2$ , conforme (ALLEN et al, 2002).

O fotoperíodo ( $N$ ) representa o intervalo de tempo que transcorre entre o nascimento e o ocaso do Sol, ou seja, o tempo necessário para a Terra efetuar um arco de  $2H^\circ$ :

$$N = \frac{2}{15} * \text{arc. cos}(-tg\phi \cdot tg\delta) \quad \text{Equação 4}$$

$$\delta = 23,45 * \text{sen} \left[ \left( \frac{360}{365} \right) (\text{DOA} - 81) \right] \quad \text{Equação 5}$$

Onde, DOA é o dia de ordem do ano, variando de 1 a 365 para o período de 1º de janeiro a 31 de dezembro.

Foram usados dados NDVI\* e RG, como variáveis explicativas e ETR instantânea observada (estimada pelo balanço hídrico sequencial horário) como variável dependente. Adotou-se o NDVI\* como variável para representar a variação sazonal da vegetação e a RG como representante de fonte de energia para evapotranspiração. Conforme (PASQUALI, 2011) e (MINGOTI, 2007), primeiramente fez-se a análise descritiva das variáveis envolvidas no processo de modelagem, adotando-se as seguintes escalas de medida: a RG em MJ/m<sup>2</sup>, NDVI\* adimensional com valores variando entre 0 e 1 e a ETR instantânea em mm de água.

O Método de Newton-Raphson, também conhecido como Método das Tangentes, propiciou a obtenção dos coeficientes por convergência não linear e aproximações sucessivas de máxima verossimilhança, (NETER et al., 1996).

Com esses modelos não lineares, foram calculados melhores coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>) em relação às tentativas anteriores. A análise de variância permite que sejam apartadas as variâncias explicadas e não explicadas por meio da reta de regressão.

Para que essa análise se cumpra, é necessário que sejam calculadas somas de quadrados de especial interesse, os quais sejam, Soma de Quadrados Total (SQT, Equação 6), Soma de Quadrados da Regressão (SQR, Equação 7) e Soma de Quadrados dos Erros (SQE, Equação 8), formalizadas com base nos valores observados (Y<sub>i</sub>), valores ajustados (Ŷ) média estimada para Y (Ȳ).

$$SQT = \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2 \quad \text{Equação 6}$$

$$SQR = \sum_{i=1}^n (\hat{Y}_i - \bar{Y})^2 \quad \text{Equação 7}$$

$$SQE = \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2 \quad \text{Equação 8}$$

Com o ímpeto de avaliar a magnitude de SQR (Máxima verossimilhança) em relação à SQT, é de especial interesse calcular o coeficiente de determinação R<sup>2</sup> (Equação 9), que mede a proporção da variabilidade total observada para Y que é explicada pela reta de regressão de Y sobre X, (KELLEY e MAXWELL, 2003), (DAVDSON e MACKINNON, 1993).

$$R^2 = \frac{SQR}{SQT} \quad \text{Equação 9}$$

O resíduo é o erro observável para o ajuste realizado pela função de regressão, considerando que os erros (ε<sub>i</sub>) são independentes, normalmente distribuídos com variância constante (Figura 2 (A) e (B)).

$$e_i = (Y_i - \hat{Y}_i) \quad \text{Equação 10}$$

O resíduo é o erro observável para o ajuste realizado pela função de regressão, considerando que os erros  $\epsilon_i$  são independentes, normalmente distribuídos com variância constante (Figura 2 (A) e (B)).

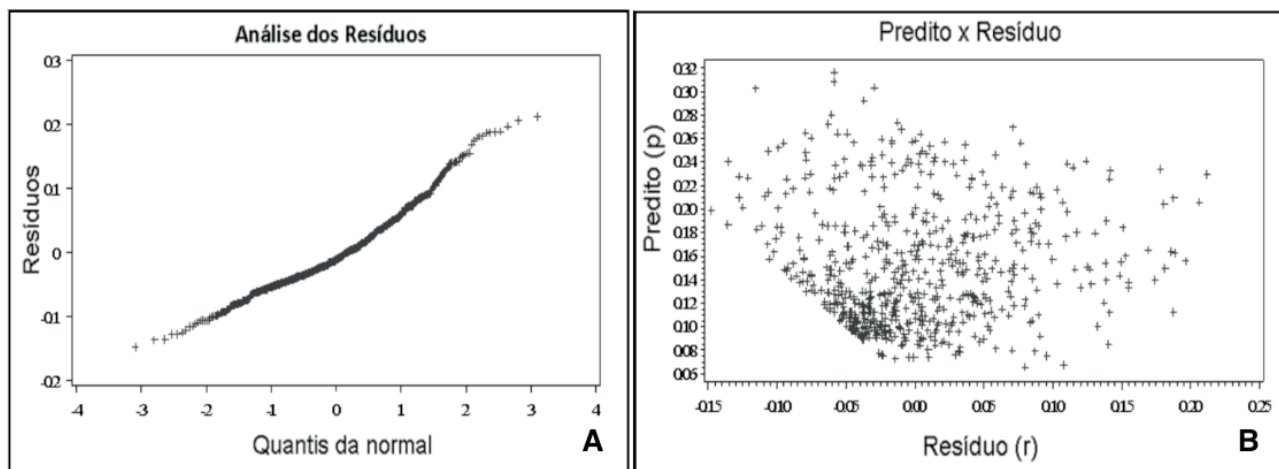


Figura 2. (A) e (B). Análise dos Resíduos, Resíduos versus Quantis da normal e predito versus Resíduo do Modelo Não Linear.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 3 (A) e (B) apresenta a dispersão entre as variáveis explicativas e a variável dependente, nas quais se verificou maior concentração dos valores de ETR abaixo de 0,05 mm, resultantes do maior número de observações obtidas no período menos chuvoso, visto que as imagens de satélite foram predominantemente coletadas em dias de céu claro para cada estação meteorológica, verificando-se uma grande dispersão dos mesmos, o que causou dificuldade para obtenção de relações lineares entre a variável dependente e as variáveis explicativas.

Identificaram-se padrões de comportamento das variáveis explicativas em função da variável resposta, quando essa se apresentava com valores abaixo e acima de 0,05 mm, devido principalmente ao fato da necessidade de que haja uma quantidade mínima de umidade no solo para que ocorra evapotranspiração e para que assim possa encontrar relações mais fortes a ETR e as demais variáveis investigadas, (LECHINOSKI et al, 2007).

Efetuaram-se transformações, como o logarítmico, exponencial, variáveis ao quadrado e ao cubo. Os dados foram separados e a partir dessa separação foi possível propor alguns modelos não lineares.

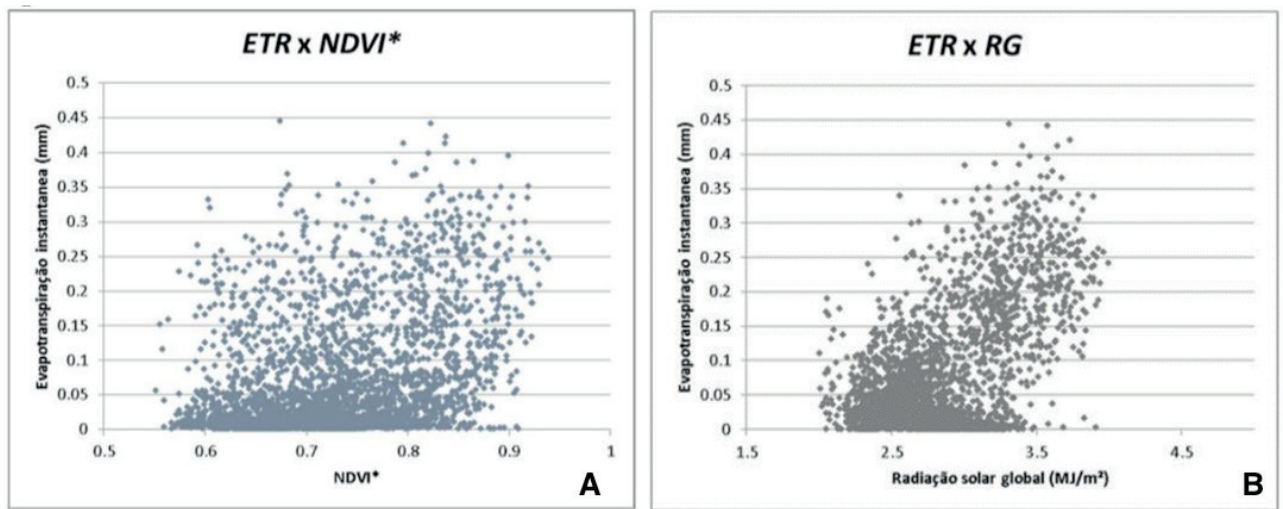


Figura 3. (A) e (B). Gráficos de dispersão entre evapotranspiração real (ETR) e índice de vegetação (NDVI\*) e (ETR) e Radiação Solar Global (RG).

Tendo encontrado os modelos que melhor explicaram as variações de ETR instantânea em função das variáveis explicativas procurou-se estimar a evapotranspiração real diária multiplicando-se a ETR instantânea pelo número de horas de insolação (fotoperíodo) estimado a partir das informações de data (ano, mês, dia, dia juliano (DOA) e localização geográfica (longitude, latitude e altitude) de cada estação.

O modelo não linear contém como parâmetros de entrada apenas a RG e o NDVI\*, calibrado para obter valores de ETR acima de 0,05 mm e apresenta erro médio quadrático (MSE) igual a 0,00384 e coeficiente de determinação ( $R^2$ ) igual a 0,8680, apresentado da seguinte forma, em (mm/dia):

$$ETR = e^{(-4,9001+0,7123.RG+1,0687.NDVI^*)} * N \quad \text{Equação 11}$$

Onde os valores dos coeficientes  $b_0=-4,9001$ ,  $b_1=0,7123$  e  $b_2 =1,0687$  foram obtidos com seis iterações.

Na validação obteve-se  $MSPR=0,0018965$  próximo do  $MSE=0,00384$ , o que indica que o modelo foi validado. A coluna Skewness apresentou-se menor que 0,1, logo, as estimativas não estão com viés (Tabela 2).

O Modelo Não Linear obteve  $R^2 = 15,9228/18,3440 = 0,8680$  (Tabela 3).

Parâmetros	Estimativa	Desvio padrão aproximado	Aproximação 95% - Limites de confiança		Skewness
$b_0$	-4,9001	0,1812	-5,2558	-4,5443	-0,0218
$b_1$	0,7123	0,0364	0,6409	0,7837	0,0241
$b_2$	1,0687	0,1890	0,6976	1,4397	0,0155

Tabela 2. Coeficientes do Modelo Não Linear.



Parâmetros	Graus de liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrados Médios	Valor F	p-valor Pr > F
Dados	3	15,9228	5,3076	1381,05	<0,0001
Erro	630	2,4212	0,00384		
Total	633	18,3440			

Tabela 3. Análise estatística.

As Figuras 4 e 5 demonstram o comportamento da variação sazonal da evapotranspiração diária estimada pelo modelo não linear (NDVI\*, Rg, N) com a ETR (observada) para diversas estações meteorológicas distribuídas no bioma Cerrado.

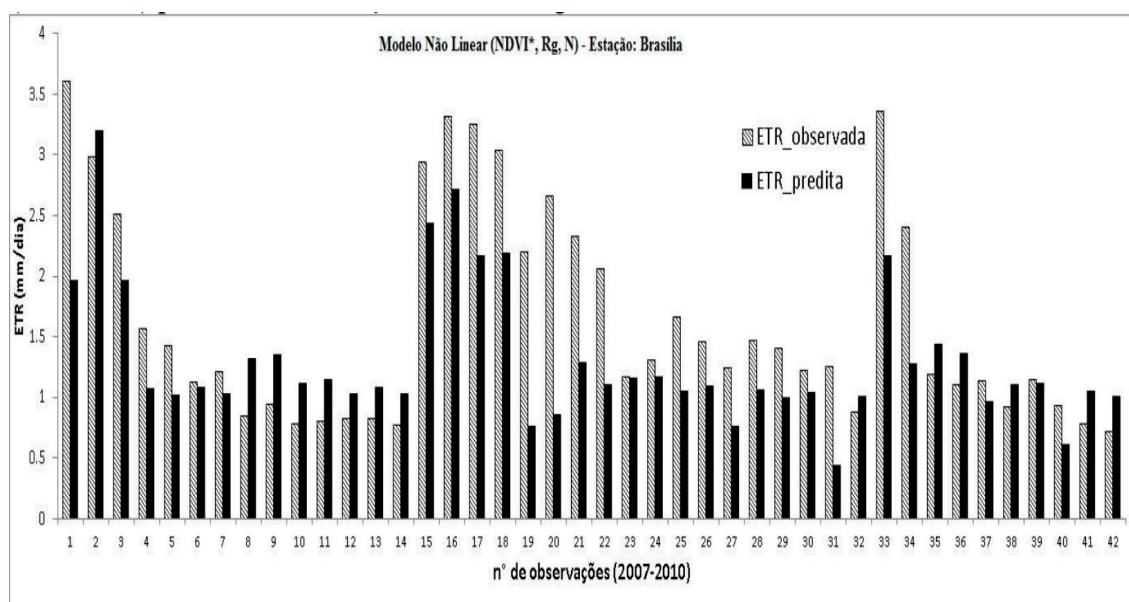
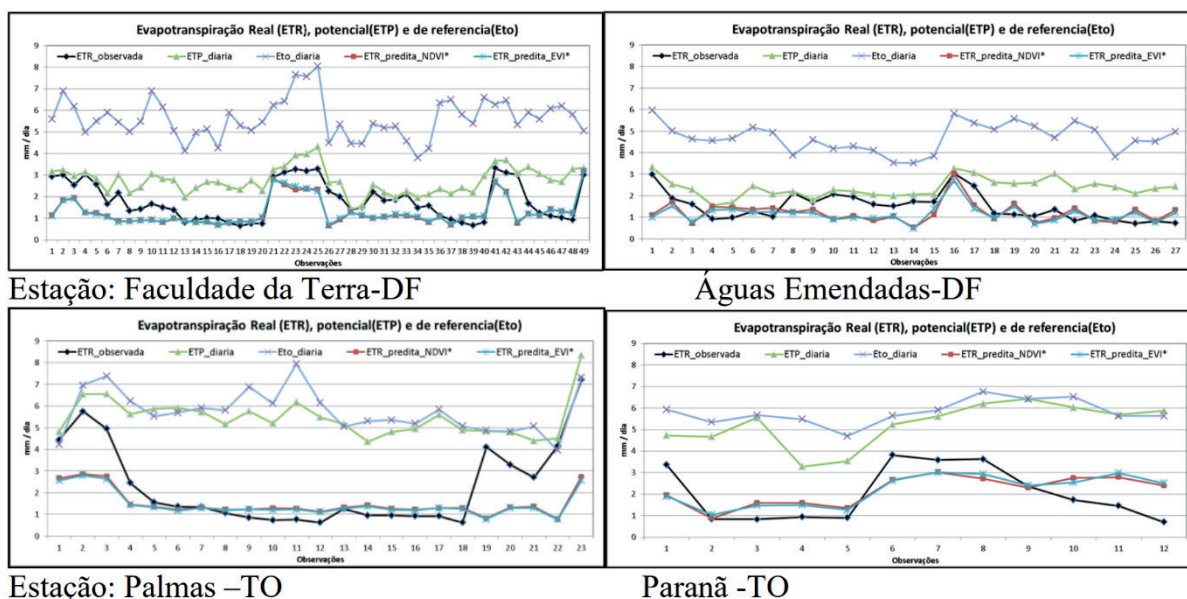


Figura 4. Variação sazonal da ETR observada e estimada pelo modelo não linear (NDVI\*, Rg, N) para estação de Brasília-DF.



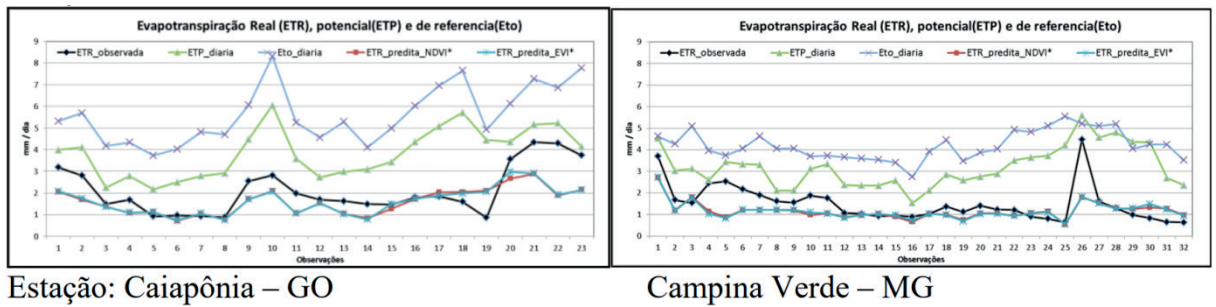


Figura 5. Evapotranspiração real, potencial e de referência verificadas em diferentes estações meteorológicas distribuídas no bioma Cerrado.

## 4 | CONCLUSÕES

O modelo não linear obteve coeficiente de determinação ( $R^2$ ) igual a 0,8680 acompanhou a tendência sazonal da evapotranspiração real (ETR) calculada pelo balanço hídrico de Thornthwaite e Mather (1955), sendo principalmente aplicada para monitorar a variação do armazenamento de água no solo pela chuva e seca agrícola. A equação gerada não é sensível à estimativa da demanda atmosférica, pois não foi validada com dados de evapotranspiração potencial (ETp), mas sim com a evapotranspiração real (ETR).

O modelo apresenta valores subestimados para áreas irrigadas no período seco, porém acompanham a sazonalidade anual, sendo úteis para monitoramento das condições reais da região em termos de disponibilidade de água no solo a ser evapotranspirada para atmosfera e não à suposta demanda caso houvesse água disponível para todo o período, como é o caso da ETp. A tendência geral do modelo é uma subestimativa no período chuvoso e uma superestimativa no período seco, acompanhando a sazonalidade de cada estação envolvida no estudo.

## AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Nacional de Meteorologia e ao LP DAAC pela cessão dos dados meteorológicos horários e dos produtos do sensor MODIS utilizados nesse estudo, bem como ao Instituto de Geociências da Universidade de Brasília pelo suporte tecnológico para o seu desenvolvimento.

## REFRÊNCIAS

ALLEN, R. G. **A Penman for all seasons**. Journal of irrigation and drainage, v. 112, n. 4, p. 348-368, 1986.

ALLEN, R. G.; TASUMI, M.; TREZZA, R. **SEBAL-Surface Energy Balance Algorithms for Land-Advanced Training and User's Manual** - Idaho implementation, version 1.0.

**Advanced Training and User's Manual**, Idaho, p. 98, Agosto 2002. Disponível em: <[http://www.dca.ufcg.edu.br/DCA\\_download/ISR/UFPE/Final%20Sebal%20Manual.pdf](http://www.dca.ufcg.edu.br/DCA_download/ISR/UFPE/Final%20Sebal%20Manual.pdf)>. Acesso em: 22.abr.2012.

BASTIAANSEN, W. G. M. **Regionalization of surface flux densities and moisture indicators in composite terrain: A remote sensing approach under clear skies in Mediterranean climate**. PhD. Dis., CIP Data Koninklijke Bibliotheek, Den Haag. Netherlands, p. 272. 1995.

CHEN, D. et al. **Comparison of the Thornthwaite method and pan data with the standart Penman-Monteith estimates of reference evapotranspiration in China**. CLIMATE RESEARCH, v. 28, p. 123-132, Março 2005.

HUETE, A. R. et al. **Comparison of vegetation indices over a global set of TM images for EOS-MODIS**. Remote Sensing of Environment, v. 59, p. 440 - 451, 1997.

LP DAAC-TEAM. **MYD09GA-Daily LSG Global 1km and 500m- Surface Reflectance - MODIS Products Table-Products-LP DAAC: ASTER and MODIS Land Products and Services**. USGS-LPDAAC, 2008. Disponível em: <[https://lpdaac.usgs.gov/products/modis\\_products\\_table/surface\\_reflectance/daily\\_l2g\\_global\\_1km\\_and\\_500m/myd09ga](https://lpdaac.usgs.gov/products/modis_products_table/surface_reflectance/daily_l2g_global_1km_and_500m/myd09ga)>. Acesso em: 17.mai.2012.

NAGLER, P. L. et al. **Evapotranspiration on western U.S. rives estimated using the Enhanced Vegetation Index from MODIS and data from eddy correlation and Bowen ratio flux towers**. Remote Sensing of Environment, v. 97, p. 337-351, 2005.

OLIVEIRA, M. R. D.; BAPTISTA, G. M. D. M. **Validação do Modelo Espectral de Estimativa de Evapotranspiração**. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, 5.abr.2011. 5925-5932.

OMM. **Drought and agriculture**. WMO Tech. Note 138. ORGANIZAÇÃO METEOROLÓGICA MUNDIAL. Geneva, Switzerland, p. 127. 1975.

PALMER, W. C. **Keeping track of crop moisture conditions, nationwide: the new Crop Moisture Index**. Weatherwise, v. 21, p. 156-161, 1968.

ROLIM, G. S.; SENTELHAS, P. C.; BARBIERI, V **Planilhas no ambiente EXCEL para os cálculos de balanços hídricos; normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial**. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 6, n. 1, p. 133 - 137, 1998.

ROUSE, J. W. et al. **Monitoring vegetation systems in te great plains with ERTS**. In: Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium. Washington: [s.n.], v. 1, 1973. Cap. Sec A, p. 309-317.

**VAISALA. CM6B & CM11 Pyranometers**. Vaisala. [S.l.], p. 2, <http://www.hobeco.net/pdf/CM6B&CM11.pdf>. 2001.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia Básica e Aplicações**. 1. ed. Viçosa: UFV - Universidade Federal de Viçosa, 1991.

## CRESCIMENTO E METABOLISMO DO CARBONO EM MUDAS DE PALMA DE ÓLEO SUBMETIDAS AO ALUMÍNIO

Data de aceite: 12/05/2020

Data de submissão: 03/04/2020

### Ana Ecídia de Araújo Brito

Universidade Federal Rural da Amazônia  
Belém-Pará-Brasil

<http://lattes.cnpq.br/5637991471728377>

### Kerolém Prícila Sousa Cardoso

Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Marechal Cândido Rondon-Paraná-Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/7001356552319649>

### Thays Correa Costa

Universidade Federal de Santa Maria  
Santa Maria-Rio Grande do Sul-Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/3703351371098020>

### Jéssica Taynara da Silva Martins

Universidade Federal de Santa Maria  
Santa Maria-Rio Grande do Sul-Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/4685386887156478>

### Liliane Corrêa Machado

Universidade Federal de Santa Maria  
Santa Maria-Rio Grande do Sul-Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/9287254241489111>

### Glauco André dos Santos Nogueira

Universidade Federal Rural da Amazônia  
Belém-Pará-Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/1909328483731143>

### Susana Silva Conceição

Universidade Federal Rural da Amazônia

Belém-Pará-Brasil

<http://lattes.cnpq.br/7024508066767442>

### Cândido Ferreira de Oliveira Neto

Universidade Federal Rural da Amazônia  
Belém-Pará-Brasil

<http://lattes.cnpq.br/0327663489224028>

### Raimundo Thiago Lima da Silva

Universidade Federal Rural da Amazônia  
Capitão Poço-Pará-Brasil

<http://lattes.cnpq.br/04223998127309>

**RESUMO:** O presente trabalho objetivou avaliar os efeitos da aplicação de dosagens de alumínio no crescimento e no metabolismo de mudas de *Elaeis guineensis* Jacq. O estudo foi conduzido em casa de vegetação, sendo utilizadas mudas jovens na variedade Deli x Lamé. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 5 repetições, nas quais foram aplicadas dosagens de alumínio de 0, 10, 20, 30 e 40 mg L<sup>-1</sup> de AlCl<sub>3</sub> (AlCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O). Observou-se reduções nas variáveis altura, número de folhas, número de folhas diferenciadas, matéria seca da parte aérea e matéria seca total, nas mudas que receberam a dosagem de 40 mg L<sup>-1</sup> de AlCl<sub>3</sub>. Diferentemente, o comprimento da raiz e matéria seca da raiz/matéria seca da parte aérea apresentaram acréscimos quando aplicada

a maior dosagem de alumínio. Em relação aos parâmetros bioquímicos analisados, verificou-se que as dosagens de  $\text{AlCl}_3$  promoveu aumento nas concentrações de carboidratos e açúcares não redutores. Observou-se diminuição das clorofilas *a*, *b* e total e aumento dos teores de carotenoides. Os resultados demonstraram que a palma de óleo apresentou mecanismos de tolerância a toxicidade por alumínio no período e dosagens estudadas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Toxicidade, bioquímico, biometria, solos ácidos.

## GROWTH AND METABOLISM OF CARBON IN OIL PALM SEEDLINGS SUBMITTED TO ALUMINUM

**ABSTRACT:** The present work aimed to evaluate the effects of the application of aluminum dosages on the growth and metabolism of *Elaeis guineensis* Jacq. The study was conducted in greenhouse, using young seedlings in the Deli x Lamé variety. The experimental design was completely randomized, with 5 replications, in which aluminum dosages of 0, 10, 20, 30 and 40 mg L<sup>-1</sup> of  $\text{AlCl}_3$  ( $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) were applied. Reductions were observed in the variables height, number of leaves, number of differentiated leaves, shoot dry matter and total dry matter, in the seedlings that were dosed with 40 mg L<sup>-1</sup> of  $\text{AlCl}_3$ . Differently, the root length and dry matter of the root / dry matter of the aerial part presented increases when applied to the larger aluminum dosage. In relation to the biochemical parameters analyzed, it was verified that the  $\text{AlCl}_3$  dosages promoted an increase in the concentrations of carbohydrates and non-reducing sugars. It was observed a decrease of *a*, *b* and total chlorophylls and increase of carotenoid contents. The results showed that the oil palm presented mechanisms of tolerance to aluminum toxicity in the studied period and dosages.

**KEYWORDS:** Toxicity, biochemistry, biometrics, acid soils.

## 1 | INTRODUÇÃO

No mundo a maior produção de óleo vegetal vem da cultura da palma de óleo (*Elaeis guineensis* Jacq.) também chamada de dendê, seguida do óleo da soja e da canola. O Brasil ocupa a décima posição mundial de produção de óleo de palma (ABRAPALMA, 2019), apresentando uma área com cerca de 236 mil ha plantados, com áreas superiores a 30 milhões de ha aptos para a produção sustentável (EMBRAPA AGROENERGIA, 2019), sendo o Estado do Pará detentor de 88% da produção nacional, de acordo com a ABRAPALMA.

Portanto, devido ao aumento de plantios de palma de óleo na região amazônica, existe a preocupação com a influência negativa da fitotoxicidade por alumínio ( $\text{Al}^{+3}$ ), o qual é constituinte das partículas de argila do solo, que migra para a fração trocável ou para a solução em solos com pH abaixo de 5,0 (RAMPIM e CARMO, 2013).

A disponibilidade do alumínio (Al) depende de sua forma química (largamente dependente do pH) e da formação de complexos, os quais são de limitada solubilidade e, portanto, indisponíveis, mas que pode afetar o desenvolvimento normal das raízes, bloqueando mecanismos de aquisição e transporte de água e nutrientes, além de causar alterações citológicas (GUPTA et al., 2013; VASCONCELOS FILHO, 2014).

Diante disto, há mecanismos de tolerância internos, em que o  $\text{Al}^{3+}$  entra no simplasto e a tolerância é encontrada pela formação de quelatos no citossol, na compartimentalização no vacúolo, na ligação do alumínio a proteínas e na atuação de enzimas tolerantes ao  $\text{Al}^{3+}$ .

Essa tolerância é geneticamente controlada e as espécies de plantas diferem significativamente quanto ao seu grau de tolerância (RAMPIM e CARMO, 2013) e alguns autores têm avaliado a resposta de grande variedade de plantas expostas ao  $\text{Al}^{3+}$  (CRUZ et al., 2011; MACEDO et al., 2011), entretanto, poucos têm usado abordagens com caracterização bioquímica sobre o estresse ocasionado por esse elemento. Assim, o estudo objetivou avaliar o efeito de dosagens de alumínio no crescimento e no metabolismo do carbono de mudas de palma de óleo *E. guineenses*.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, no Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal Rural da Amazônia-UFRA, em Belém, Pará, Brasil. No 45º dia após a aclimatização das mudas de *E. guineenses* na presença de sombrite e em solução nutritiva de Hoagland e Arnon (1950), com 1/2 de força iônica, foi realizado o transplante para vasos de Leonard com capacidade de 4,6 L. Após 20 dias de adaptação, a solução nutritiva foi modificada para força total iniciando-se a aplicação do alumínio na forma de cloreto de alumínio hexahidratado ( $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ).

Foi utilizado delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC) com 5 repetições, cada planta uma unidade experimental, aplicando-se as dosagens de 0  $\text{mg L}^{-1}$ , 10  $\text{mg L}^{-1}$ , 20  $\text{mg L}^{-1}$ , 30  $\text{mg L}^{-1}$  e 40  $\text{mg L}^{-1}$  de cloreto de alumínio hexahidratado 95%, perfazendo um total de 25 plantas analisadas. O pH da solução nutritiva foi mantido em 4,8 ajustando-se com HCl 0,1  $\text{mol L}^{-1}$  e NaOH 1M na reposição diária da solução.

Inicialmente, os dados do experimento foram submetidos aos testes de Shapiro-Wilks (SHAPIRO e WILKS, 1965) e de Levene (BOX, 1953), que havendo as pressuposições de normalidade e homocedasticidade foi realizada a análise estatística por meio da variância e do teste F a 5% de probabilidade utilizando o software SISVAR (FERREIRA, 2011). As médias dos níveis de alumínio foram submetidas a análise de regressão, e a equação mais adequada foi definida

utilizando como critério o coeficiente de determinação ( $R^2$ ).

A altura da parte aérea (cm) foi obtida com uma régua milimetrada, medindo-se da região do colo da planta até a inserção do último par de folhas expandidas; o diâmetro do coleto (mm) foi determinado com um paquímetro digital, na região do caule ao nível do substrato.

O sistema radicular foi medido com régua milimetrada (cm), após separação da parte aérea e lavagem; a massa seca da parte aérea (MSPA) e a massa seca das raízes (MSR) foram determinadas após secagem do material vegetal em estufa com circulação de ar forçada, a  $60^\circ\text{C}$ , até peso constante; a relação massa seca da raiz/massa de seca da parte aérea (MSR/MSPA) foi determinada pelo quociente entre as características envolvidas na relação.

As análises bioquímicas foram realizadas no Laboratório de Estudos da Biodiversidade em Plantas Superiores (EBPS), localizado na Universidade Federal Rural da Amazônia, determinando-se os teores de carboidratos (DUBOIS et al., 1956); açúcares redutores e não redutores segundo Rinner et al. (2012); sacarose (VAN HANDEL et al, 1968); amido (DUBOIS et al., 1956); clorofilas e carotenóides (LICHTENTHALER et al., 2001). A análise de concentração de alumínio nas raízes e nas folhas foi realizada no Laboratório de Solos e Plantas da Embrapa Amazônia Oriental através do MP-AES (Espectrometria de Emissão Atômica por Plasma por Microondas).

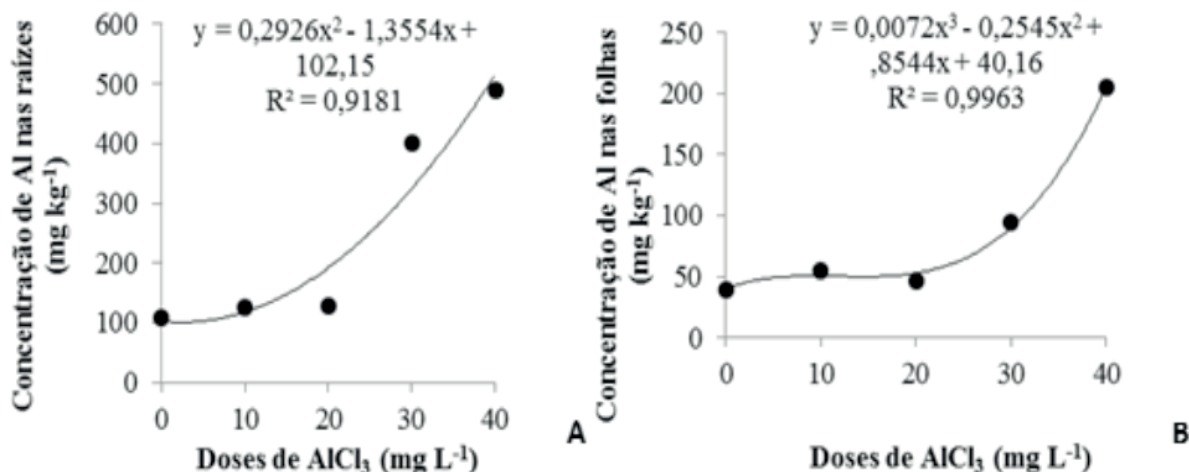
### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A maior dosagem de  $40 \text{ mg L}^{-1}$  de alumínio aumentou em 349,69% a concentração deste elemento nas raízes das mudas de palma de óleo em relação as mudas do tratamento controle, apresentando médias de  $516,094 \text{ mg kg}^{-1}$  e  $102,15 \text{ mg kg}^{-1}$ , respectivamente, em modelo de equação de regressão quadrática (Figura 1A).

A maior concentração de alumínio nas folhas das mudas de palma de óleo foi observada na dosagem de  $40 \text{ mg L}^{-1}$  de alumínio ( $207,93 \text{ mg kg}^{-1}$ ) que, em comparação com as mudas sob tratamento controle ( $40,16 \text{ mg kg}^{-1}$ ) apresentaram acréscimo de 422,69% ajustado ao modelo de equação de regressão cúbica (Figura 1B).

Desta maneira, segundo Furlan (2014), avaliando-se o acúmulo de alumínio nas folhas, com relação ao total de alumínio acumulado nas partes vegetais, foi possível constatar que o transporte a longa distância do elemento foi cerca de 9% para os genótipos, na presença de alumínio na solução nutritiva. Esse fato indica que a retenção do elemento nas raízes, no “compartimento apoplástico”

e “simplástico” é efetivo para reduzir o descarregamento de alumínio no xilema, evidenciando a segunda estratégia de tolerância ao excesso do metal, observando-se, neste trabalho, uma maior concentração de alumínio na dosagem de 40 mg L<sup>-1</sup> possibilitando uma translocação do elemento para a parte aérea.



**Figura 1.** Concentração de alumínio nas raízes (A) e folhas (B) de mudas de palma de óleo submetidas às dosagens de AlCl<sub>3</sub>

### 3.1 Carboidratos Solúveis totais

Foi observado um aumento de 105,30% na concentração de carboidratos solúveis totais nas raízes na dosagem de 40 mg L<sup>-1</sup> de AlCl<sub>3</sub> em mudas de palma de óleo, apresentando média de 17,24 mg g<sup>-1</sup> MS quando comparadas as mudas do tratamento controle (7,60 mg g<sup>-1</sup> MS), através do ajuste do modelo de regressão linear positiva (Figura 2).

Em relação à concentração de carboidratos solúveis totais nas folhas, não foi verificado efeito significativo ( $p > 0,05$ ) para os tratamentos com as crescentes dosagens de alumínio. Dessa forma, não se realizou o ajustamento das equações de regressão para esta variável.

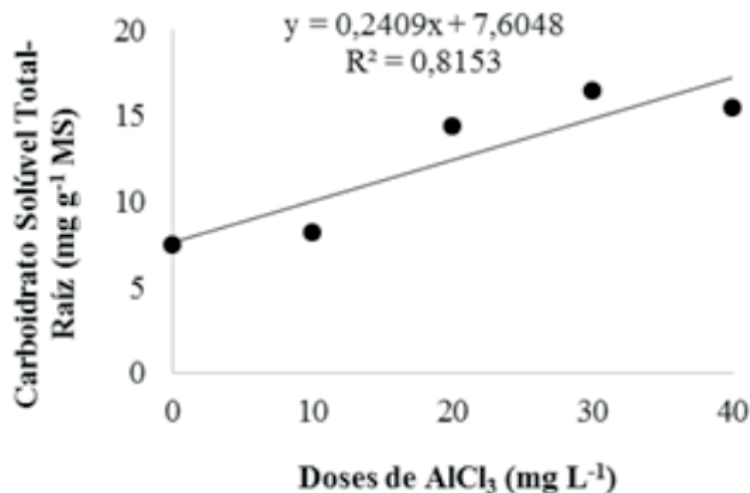
Diante dos resultados, o acúmulo deste soluto pode ter um importante papel na tolerância da palma de óleo ao estresse por Al<sup>+3</sup>, pois elevados teores de carboidratos solúveis totais sugerem hidrólise de carboidratos de reserva e distúrbios na partição de fotoassimilados entre a parte aérea e o sistema radicular.

Tais mudanças no metabolismo de carboidratos podem estar relacionadas com o carregamento e transporte de açúcares no floema (GAJDANOWICZ, et al., 2011). Assim, o acúmulo de carboidratos pode concorrer para a diminuição do potencial osmótico e menor inibição do crescimento radicular em plantas tolerantes ao Al<sup>+3</sup> (TABUCHI et al., 2004).

A maior concentração de carboidratos pode ser justificada pela interação do Al<sup>+3</sup> que causa o bloqueio de canais de K<sup>+</sup> em células radiculares (LIU e LUAN,



2001), ressaltando-se que o  $K^+$  encontrado e armazenado no vacúolo foliar vai desempenhar funções essenciais na transferência energética, síntese proteica, metabolismo de carboidratos, transporte de açúcares de tecidos fonte para drenos, produção e acúmulo de óleos (RÖMHELD e KIRKBY, 2010).



**Figura 2.** Concentração de carboidratos nas raízes de mudas de palma de óleo submetidas às dosagens de AlCl<sub>3</sub>

### 3.2 Açúcares Redutores

Ao aplicar-se 40 mg L<sup>-1</sup> de AlCl<sub>3</sub> nas mudas de palma de óleo, foi observado através do ajuste do modelo de regressão cúbica, decréscimo de 72,90% na concentração de açúcares redutores nas raízes (4,27  $\mu$ M de carboidrato g<sup>-1</sup> MS) em comparação as raízes das mudas sob tratamento controle (0,298  $\mu$ M de carboidrato g<sup>-1</sup> MS) (Figura 3A).

A dosagem de 40 mg L<sup>-1</sup> de AlCl<sub>3</sub> reduziu em 81,96% a concentração de açúcares redutores nas folhas das mudas de palma de óleo (0,289  $\mu$ M de carboidrato g<sup>-1</sup> MS) em relação as mudas do tratamento controle (1,82  $\mu$ M de carboidrato g<sup>-1</sup> MS) (Figura 3B).

Segundo Jones (1998), as raízes passam a aumentar a produção de exsudatos (ácidos orgânicos, açúcares, aminoácidos, fenólicos) em quantidade diretamente proporcional a atividade externa de alumínio. Assim, as hexoses liberadas a partir da hidrólise de sacarose podem ser utilizadas em processos anabólicos ou catabólicos e também fornecendo açúcares redutores para o processo de ajustamento osmótico (CHAVES FILHO e STACCIARINI SERAPHIN, 2001).

Outra hipótese da diminuição dessa variável pode ser devido a exsudação de glicose e frutose pelas raízes das mudas de palma de óleo que receberam a maior dosagem de AlCl<sub>3</sub> como uma forma de tolerância ao estresse sofrido pela planta, ou ainda, devido a interferência deste íon metálico na absorção, transporte e uso Mg<sup>+2</sup> (FREITAS et al., 2006), elemento essencial para atividade das hexoquinases

que catalisam a fosforilação da D-glicose e também catalisa a de outras hexoses comuns, como a D-frutose e a D-manose.

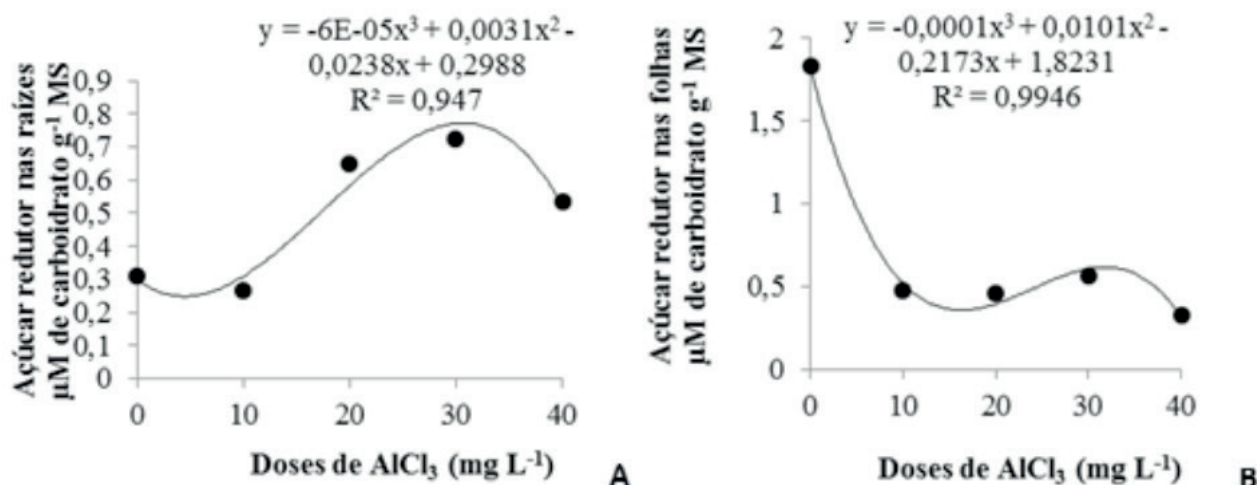


Figura 3. Concentração de açúcares redutores nas raízes (A) e folhas (B) nas mudas de palma de óleo submetidas às dosagens de AlCl<sub>3</sub>

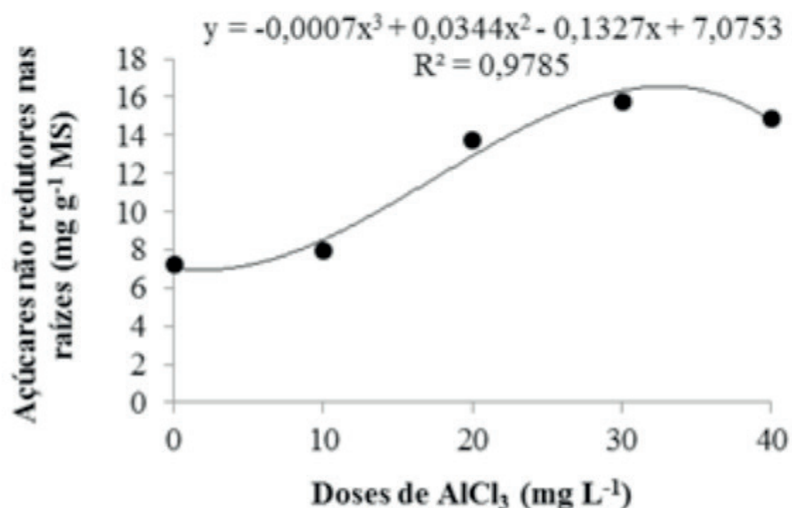
### 3.3 Açúcares não Redutores

A aplicação da maior dosagem de 40 mg L<sup>-1</sup> de AlCl<sub>3</sub> aumentou em 106,60% a concentração de açúcares não redutores nas raízes das mudas de palma de óleo em relação as mudas do tratamento controle, apresentando médias de 12 mg g<sup>-1</sup> MS e 7,08 mg g<sup>-1</sup> MS respectivamente, com ajuste no modelo de regressão cúbica (Figura 4).

Em relação a concentração de açúcares não redutores nas folhas das mudas de palma de óleo não foi observado efeito significativo ( $p > 0,05$ ) para os tratamentos com as crescentes dosagens de AlCl<sub>3</sub>. Dessa forma, não se realizou o ajustamento das equações de regressão para essa variável.

Os resultados apresentaram aumento nas concentrações de açúcares não redutores devido ao acúmulo de carboidratos nas raízes, evidenciando que a provável redução deve ter ocorrido em açúcares como a glicose e frutose (redutores).

Vale ressaltar que o aumento no teor de carboidratos solúveis sugere que esta espécie apresenta mecanismo de ajustamento osmótico, nas condições de estresse, adaptando-a a sobrevivência nessa condição (CHAVES FILHO e STACCIARINI SERAPHIN, 2001). Neste mecanismo, ocorre a biossíntese e o acúmulo de solutos compatíveis, no vacúolo ou no citosol, com função osmoprotetora, o que mantém o equilíbrio hídrico e preserva a integridade celular de proteínas, enzimas e membranas para a continuidade das atividades vitais e constitui uma das estratégias adaptativas vegetais aos múltiplos efeitos causados pelo estresse (ABDUL JALEEL et al., 2007).



**Figura 4.** Concentração de açúcares não redutores nas raízes de mudas de palma de óleo submetidas às dosagens de AlCl<sub>3</sub>.

### 3.4 Amido e Sacarose

Não houve efeito significativo ( $p > 0,05$ ) para as concentrações de amido e sacarose nas raízes e folhas de palma de óleo submetidas às dosagens de AlCl<sub>3</sub>. Dessa forma, não se realizou o ajustamento das equações de regressão para essas variáveis.

### 3.5 Teores de Clorofila *a*, Clorofila *b*, Clorofila total e Carotenoides

Na maior dosagem de 40 mg L<sup>-1</sup> de AlCl<sub>3</sub> observou-se redução de 67,59%, 58,43% e 59,03% nos teores de clorofilas *a* (3,44  $\mu\text{g mL}^{-1}$ ), *b* (0,79  $\mu\text{g mL}^{-1}$ ) e total (4,59  $\mu\text{g mL}^{-1}$ ), respectivamente, quando comparadas ao tratamento controle (9,36  $\mu\text{g mL}^{-1}$ , 2,44  $\mu\text{g mL}^{-1}$  e 10,45  $\mu\text{g mL}^{-1}$ , respectivamente aos teores de clorofilas *a*, *b* e total) (Figura 5 A e 5 B e 6 A).

Através do ajuste do modelo de regressão linear positiva, observou-se aumento de 12,91% nos teores de carotenoides (3,13  $\mu\text{g mL}^{-1}$ ) quando aplicada a maior dosagem de AlCl<sub>3</sub> em relação as mudas do tratamento controle que apresentaram média de 2,68  $\mu\text{g mL}^{-1}$  (Figura 6 B).

A redução na concentração de clorofila nessas mudas pode ter sido consequência do efeito tóxico do alumínio que ao entrar na planta destrói a parede celular levando ao rompimento das células nas folhas, apresentando inicialmente a clorose, seguida da necrose e abscisão foliar, refletindo, assim, os danos induzidos pelo alumínio em folhas jovens (PEREIRA et al., 2006) (Figura 7).

Segundo Silva (2007), o efeito dos níveis mais elevados de alumínio na redução dos teores de clorofila evidencia a relação deste estresse com a produtividade vegetal, considerando que as respostas fisiológicas podem ser utilizadas como

índices de tolerância para as respostas ao alumínio.

Dessa forma, os carotenóides apresentam como uma das principais funções a fotoproteção nos tecidos fotossintéticos (BARTLEY e SCOLNIK, 1995), minimizando os danos fotoxidativos induzidos pela maioria dos estresses ambientais (TIMKO, 1998).

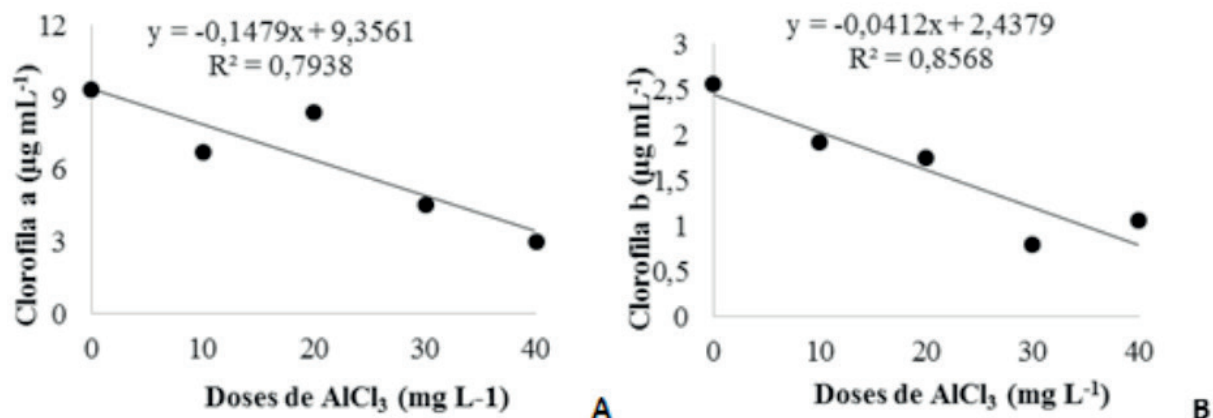


Figura 5. Teor de clorofilas a e b nas mudas de palma de óleo submetidas às dosagens de  $\text{AlCl}_3$

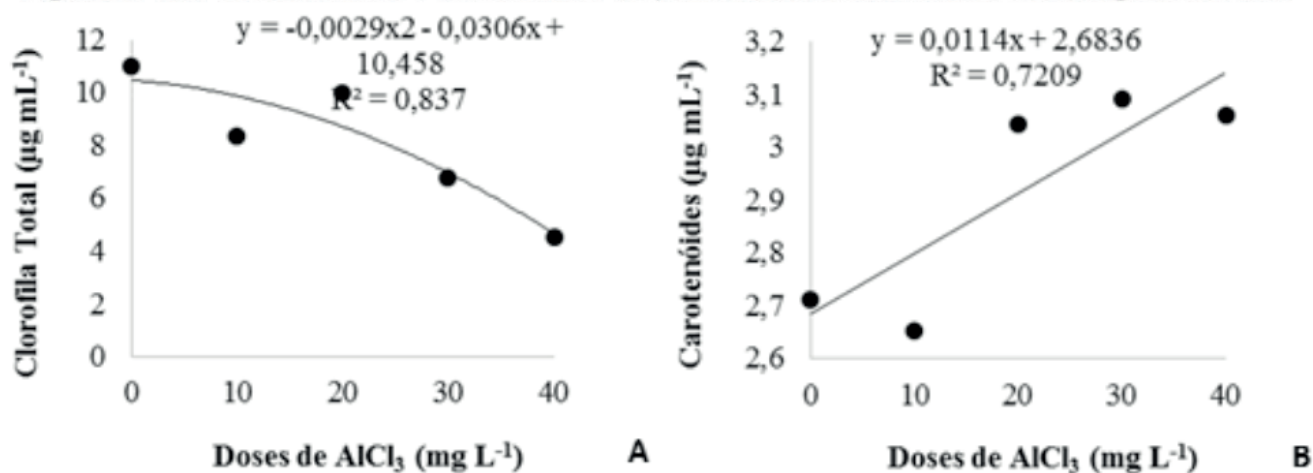


Figura 6. Teor de clorofila total e carotenóides nas mudas de palma de óleo submetidas às dosagens de  $\text{AlCl}_3$



**Figura 7.** Sintomatologia de toxicidade por alumínio em mudas de palma de óleo tratadas com  $40 \text{ mg L}^{-1}$  de  $\text{AlCl}_3$

### 3.6 Altura

Foi observado através do ajuste do modelo de regressão cúbica que a maior dosagem de  $40 \text{ mg L}^{-1}$  de  $\text{AlCl}_3$  reduziu em 9,77% a altura das mudas de palma de óleo quando comparadas as mudas do tratamento controle, apresentando médias de 81,88 cm e 88,39 cm, respectivamente (Figura 8).

A redução da altura das plantas submetidas a toxicidade por alumínio pode ser resultante da diminuição da atividade fotossintética afetando as membranas do tilacóide e o transporte de elétrons e interferindo de forma direta na taxa de assimilação de gás carbônico (KONRAD et al., 2005).

Segundo He et al. (2011), a queda da taxa fotossintética em plantas expostas ao alumínio é em parte devido à precipitação do fósforo em pH baixo. Sendo assim, o alumínio pode se ligar ao P, tanto na membrana quanto no interior das células, formando compostos de baixa solubilidade que precipitam na zona de incorporação de P nas raízes (YANG et al., 2011).

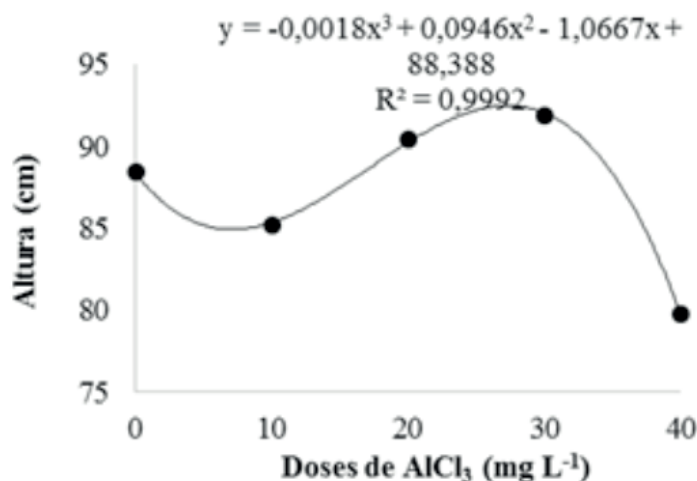


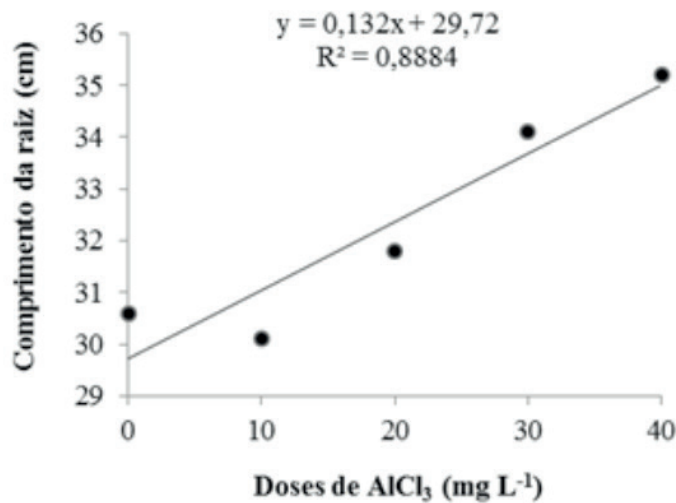
Figura 8. Altura das mudas de palma de óleo submetidas às dosagens de AlCl<sub>3</sub>

### 3.7 Comprimento da Raiz

Foi verificado, através do ajuste do modelo de regressão linear positivo, que a maior dosagem de 40 mg L<sup>-1</sup> de AlCl<sub>3</sub> promoveu um aumento de 35% no comprimento radicular das mudas de palma de óleo quando comparadas as mudas do tratamento controle, apresentando médias de 35 cm e 29,72 cm, respectivamente (Figura 9).

Este resultado pode estar associado ao maior crescimento e aprofundamento dos sistemas radiculares que exploram maior volume de solo (FURLANI e FURLANI, 1991), pois a absorção e o acúmulo do alumínio afetam as plantas em nível celular, fisiológico e bioquímico, principalmente na região radicular (WAGATSUMA et al., 1995) (Figura 10.).

A extensão da inibição no crescimento radicular depende da concentração de alumínio disponível, do tempo de exposição das plantas ao alumínio e da sensibilidade das plantas (CIAMPOROVÁ et al., 2002). Na célula, o Al<sup>3+</sup> altera as propriedades da parede e da plasmalema, pois afeta o sistema de carregadores de nutrientes, problema que resulta na inibição da elongação celular do eixo principal, tornando as raízes mais grossas e pouco funcionais (RYAN et al., 1993; KOCHIAN, 1995).



**Figura 9.** Comprimento da raiz de mudas de palma de óleo submetidas às dosagens de AlCl<sub>3</sub>



**Figura 10.** Raízes de mudas de palma de óleo ao final do experimento, da esquerda para direita: 0, 10, 20, 30 e 40 de AlCl<sub>3</sub> mg L<sup>-1</sup> de AlCl<sub>3</sub>.

### 3.8 Biomassa

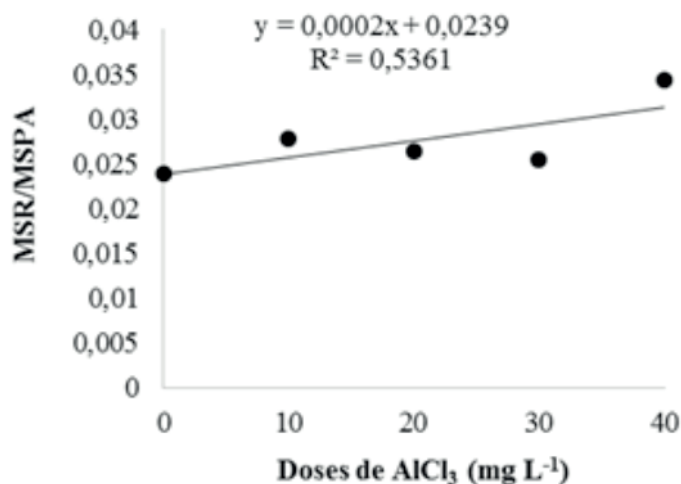
A dosagem de 40 mg L<sup>-1</sup> de AlCl<sub>3</sub> aumentou em 43,18% a RMSR/MSPA quando comparadas as mudas do tratamento controle, apresentando médias de 0,0319g e 0,0239g respectivamente, verificado através do ajuste do modelo de regressão linear positiva (Figura 11).

Este aumento pode estar relacionado a algumas espécies investirem mais em raízes de modo a aumentar a captação de nutrientes. Nessas condições de regimes nutricionais limitantes as espécies, normalmente, apresentam maior razão raiz/parte aérea (GUNATILLEKE et al., 1997).

O alumínio é altamente tóxico para as plantas causando danos na estrutura da raiz. Essa restrição afeta a absorção de nutrientes pelas raízes (ZHENG, 2010) e, conseqüentemente, este elemento tóxico afeta a abertura do canal de potássio (K) em células dos pelos radiculares (MALKANTHI et al., 1995) e precipita o fósforo (P) no sistema radicular, provavelmente no apoplasto, reduzindo assim, a absorção e o acúmulo desse mineral na parte aérea (SIVAGURU e PALIWAL, 1993), prejudicando

o desenvolvimento do vegetal.

Os efeitos tóxicos do alumínio comprometem a integridade do aparato fotossintético (CHEN et al., 2010), fundamental para os processos de produção de biomassa vegetal, conseqüentemente afetando a folha, estrutura responsável pela produção da maior parte dos carboidratos essenciais ao crescimento e desenvolvimento dos vegetais, sendo estes órgãos responsáveis por 90% da massa seca acumulada nas plantas resultante da atividade fotossintética (OLIVEIRA et al., 2007).



**Figura 11.** MSR/MSPA de mudas de palma de óleo submetidas às dosagens de AlCl<sub>3</sub>

## 4 | CONCLUSÕES

As variáveis bioquímicas e fisiológicas analisadas indicam que a palma de óleo tem mecanismos de tolerância à toxicidade por alumínio até a concentração de 40 mg L<sup>-1</sup> de AlCl<sub>3</sub>, podendo servir como informações básicas em programas de melhoramento desta espécie.

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal Rural da Amazônia, ao Estudo da Biodiversidade de Plantas Superiores e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela concessão da bolsa de estudos.

## REFERÊNCIAS

ABRAPALMA - Associação Brasileira de Produtores de Óleo de Palma. **Carta de Princípios sobre o Trabalho Decente na Cadeia da Palma de Óleo no Pará.** Belém-PA. 2019.



ABDUL JALEEL, C.; MANIVANNAN, P.; KISHOREKUMAR, A.; SANKAR, B; GOPI, R.; SOMASUNDARAM, R.; PANEERSELVAM, R. Alterations in osmoregulations, antioxidant enzymes and indole alkaloid levels in *Catharanthus roseus* exposed to water deficit. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, v. 59, n. 2, p. 150-157, 2007.

BARTLEY, G.E.; SCOLNIK, P.A. Plant carotenoids: pigments for photoprotection, visual attraction, and human health. **Plant Cell**, v.7, p.1027- 1038, 1995.

BOX, G.E.P. Non-normality and tests on variances. **Biometrika**, v. 40, p. 318-335, 1953.

CIAMPOROVÁ, M. Morphological and structural responses of plant roots to aluminium at organ, tissue and cellular levels. **Biologia Plantarum**, v. 45, p. 161-171, 2002.

CHAVES-FILHO, J.T., STACCIARINI-SERAPHIN, E. Alteração no potencial osmótico e teor de carboidratos solúveis em plantas jovens de lobeira (*Solanum lycocarpum* St.-Hil.) em resposta ao estresse hídrico. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 24, n. 2, p.199-204, 2001.

CHEN, L. S.; QI, Y. P.; JIANG, H. X.; YANG, L. T.; YANG, G. H. Photosynthesis and photoprotective systems of plants in response to aluminum toxicity. **African Journal Biothechnoly.**, v. 9 p. 9237-9247, 2010.

CRUZ, F. J. R.; LOBATO, A. K. S.; COSTA, R. C. L.; LOPES, M. J. S.; NEVES, H. K. B.; NETO, C. F. O.; SILVA, M. H. L.; FILHO, B. G. S.; JUNIOR, J. A. L.; OKUMURA, R. S. Aluminum negative impact on nitrate reductase activity, nitrogen compounds and morphological parameters in sorghum plants. **Australian Journal of Crop Science**, v. 5, n. 6, p. 641-645, 2011.

DUBOIS, M.; GILLES, K.A.; HAMILTON, J.K.; REBERS, P.A.; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Chemistry**, v. 28, p. 350-356, 1956.

EMBRAPA AGROENERGIA. **Produção de Biodiesel no Brasil**. Documento Técnico. 25p. Brasília-DF. 2019.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia (UFLA)**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FREITAS, F. A.; KOPP, M. M.; SOUSA, R. O.; ZIMMER, P. D.; CARVALHO, F. I. F.; OLIVEIRA, A. C. Absorção de P, Mg, Ca e K e tolerância de genótipos de arroz submetidos a estresse por alumínio em sistemas hidropônicos. **Ciência Rural**, v. 36, n. 1, p. 72-79, 2006.

FURLAN, F. **Tolerância diferencial ao alumínio em plantas do gênero *Brachiaria*: morfologia de raízes, sistema antioxidativo e alumínio trocável no apoplasto radicular**. 107 f. Dissertação (Mestrado) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 107 f. 2014.

FURLANI, P. R.; FURLANI, A. C. M. Tolerância a alumínio e eficiência a fósforo em milho e arroz: características independentes. **Bragantia**, v. 50, n. 2, p. 331-340, 1991.

GAJDANOWICZ, P.; MICHARD, E.; SANDMANN, M.; ROCHA, M.; CORREA, L.G.; RAMIREZ-AGUILAR, S.J. Potassium K<sup>+</sup> gradients serve as a mobile energy source in plant vascular tissues. **PNAS**, v.108, p. 864–869, 2011.

GUNATILLEKE, C. V. S.; GUNATILLEKE, I. A. U. N.; PERERA, G. A. D.; BURSLEN, D. F. R. P.; ASHTON, P. M. S.; ASHTON, P. S. Responses to nutrient addition among seedlings of eight closely related species of *Shorea* in Sri Lanka. **Journal of Ecology**, v. 85, p. 301-311. 1997.

GUPTA, N.; GAURAV, S.S.; KUMAR, A. Molecular Basis of Aluminium Toxicity in Plants: A Review.

**American Journal of Plant Sciences**, v.4, p-21-37, 2013.

HE, G.; ZHANG, J.; HU, X. WU, J. Effect of aluminum toxicity and phosphorus deficiency on the growth and photosynthesis of oil tea (*Camellia oleifera* Abel.) seedlings in acidic red soils. **Acta Physiology Plant**, v. 33, p. 1285–1292, 2011.

HOAGLAND DR; ARNON DI. 1950. **The waterculture method for growing plants without soil.** *Agricultural Experiment Station*, (Circ. 347).

JONES, D.L. Organic acids in the rhizosphere – a critical review. **Plant and Soil**, v.205, p.25-44, 1998.

KOCHIAN, L.V. Cellular mechanisms of aluminium toxicity and resistance in plants. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v.46, p.237-260, 1995.

KONRAD, M. L. F.; SILVA, J. A. B.; FURLANI, P. R.; MACHADO, E. C. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em seis cultivares de cafeeiro sob estresse de alumínio. **Bragantia**, v. 64, n. 3, p. 339-347, 2005.

LICHTENTHALER H. K.; BUSCHMANN C. **Chlorophylls and carotenoids: measurement and characterization by UV-VIS spectroscopy.** *Curr. Prot. Food Anal. Chem.*F4.3.1 – F 4.3.8, 2001.

LIU K, LUAN S.; Internal aluminum block of plant inward K<sup>+</sup> Channels. *The plant Cell*, v. 13, p. 1453-1465, 2001.

MACEDO, F. L.; PEDRA, W. N.; SILVA, S. A.; BARRETO, M. C. V.; MANN, R. S. Efeito do alumínio em plantas de Pinhão-mansô (*Jatropha curcas* L.), cultivadas em solução nutritiva. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, p. 157-164, 2011.

MALKANTHI, D. R. R., YOKOYAMA K., YOSHIDA T., MORITSUGU, M., MATSUSHITA, K. Effects of low pH and Al on Growth and nutrient uptake of several plants. **Soil Science Plant Nutrition**, v. 41, n. 1, p. 161-165, 1995.

OLIVEIRA, R. A.; DAROS, E.; ZAMBON, J. L. C.; WEBER, H.; IDO, O. T.; BESPALHOK FILHO, J. C.; RIBAS, K. C. Z.; SILVA, D. K. T. Área foliar em três cultivares de cana-de-açúcar e sua correlação com a produção de biomassa. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 37, n. 2, p. 71-76, 2007.

PEREIRA, L. B.; TABALDI, L. A.; GONÇALVES, J. F.; JUCOSKI, J. O.; PAULETTO, M. M.; WEIS, S. N.; NICOLOSO, F. T.; BORHER, D.; ROCHA, J. B. T.; SCHETINGER, M. R. C. Effect of aluminum on daminolevulinic acid dehydratase (ALA-D) and the development of cucumber (*Cucumis sativus*). **Environmental and Experimental Botany**, v. 57, p. 106-115, 2006.

RAMPIM L, CARMO L. M. Mecanismo de tolerância interna das plantas ao alumínio. **Colloquium Agrariae**, v. 9, n.2, p.72-89. 2013.

RINNER, K. T, SAURER, M; STREIT, K; SIEGWOLF, R.T.W. Evaluation of a liquid chromatography method for compound-specific  $\delta^{13}\text{C}$  analysis of plant carbohydrates in alkaline media. **Rapid Commun Mass Spectrom**, n. 26, p. 2173-2185, 2012.

RÖMHELD, V.; E.A. KIRKBY. Research on potassium in agriculture: needs and prospects. **Plant Soil**, v.335, p.155–180. 2010.

RYAN, P.R.; DITOMASE, J.M.; KOCHIAN, L.V. Aluminium toxicity in roots: an investigation of spatial sensitivity and the role of the root cap. **Journal of Experimental Botany**, v.44, p.437-446, 1993.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality (complete samples). **Biometrika**, v. 52, n. 3-4, p. 591-611, 1965.

SILVA, M. A.; JIFON, J. L.; SILVA, J. A. G.; SHARMA, V. Use of physiological parameters as fast tools to screen for drought tolerance in sugarcane. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 19, n. 3, p. 193-201, 2007.

SIVAGURU, M., PALIWAL, K. Differential aluminum tolerance in some tropical rice cultivars. II. Mechanism of aluminum tolerance. **Journal Plant Nutrition**, v. 16, p.1717-1732, 1993.

TABUCHI, A., KIKUIA, S.; H. MATSUMOTO. Differential effects of aluminum on osmotic potential and sugar accumulation in the root cells of Al-resistant and Al-sensitive wheat. **Physiology Plantarum**, v.120 p.106-112, 2004.

TIMKO, M.P. **Pigment biosynthesis: Chlorophylls, heme, and carotenoids**. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 1998.

VAN HANDEL, E. Direct microdetermination of sucrose. **Analytical Biochemistry**, v. 22: p. 280-283, 1968.

VASCONCELOS FILHO, S.C. **Toxidez do Alumínio em Caju-de-árvore-do-cerrado (*Anacardium othonianum* Rizz.)**. 79 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia)-Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica-RJ, 79 f. 2014.

WAGATSUMA, T.; ISHIKAWA, S.; OBATA, H.; TAWARAYA, K.; KATOHDA, S. Plasma membrane of younger and outer cells is the primary specific site for aluminium toxicity in roots. **Plant and Soil**, v. 171, n. 1, p. 105-112, Apr. 1995.

YANG, L. T., JIANG, H. X., TANG, N., & CHEN, L. S.. Mechanisms of aluminum-tolerance in two species of citrus: secretion of organic acid anions and immobilization of aluminum by phosphorus in roots. **Plant Science**,v. 180, p. 521-530. 2011.

ZHENG, S.J. Crop production on acidic soils: overcoming aluminium toxicity and phosphorus deficiency. **Annals of Botany**, v.106, p.183–184, 2010

## DISTRIBUIÇÃO LONGITUDINAL DE SEMENTES DE SORGO COM DISCO HORIZONTAL CONVENCIONAL E TITANIUM

*Data de aceite: 12/05/2020*

### **Tiago Pereira da Silva Correia**

Universidade de Brasília, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Brasília – DF.

### **Arthur Gabriel Caldas Lopes**

Universidade de Brasília, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Brasília – DF.

### **Francisco Faggion**

Universidade de Brasília, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Brasília – DF.

### **Paulo Roberto Arbex Silva**

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu – SP.

### **Leandro Augusto Felix Tavares**

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Unaí – MG.

### **Neilor Bugoni Riquetti**

Universidade Federal de Santa Catarina, Curitibanos – SC.

### **Saulo Fernando Gomes de Sousa**

Agroefetiva Industria e Serviços Ltda, Botucatu – SP.

implantadas em operações de semeadura de culturas graníferas é o mecanismo dosador de sementes Titanium® com discos horizontal Rampflow®, projeto cujo intuito principal é a melhoria da distribuição longitudinal de sementes no sulco mesmo em maior velocidade de semeadura. Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a distribuição longitudinal de sementes de sorgo com mecanismo dosador de disco horizontal convencional e Titanium® com discos horizontal Rampflow®. O experimento foi realizado em campo experimental do Laboratório de Mecanização Agrícola (LAMAGRI). Os fatores utilizados para composição dos tratamentos foram: dois mecanismos dosadores de sementes (dosador de disco horizontal convencional – DC, e dosador Titanium® com discos horizontal Rampflow® – DT) e três velocidades de semeadura (1,25; 1,72 e 2,44 m s<sup>-1</sup>), perfazendo um fatorial 2 x 3 com quatro repetições. As parcelas experimentais foram dimensionadas com 20 m de comprimento e 3,5 m de largura cada. As avaliações realizadas foram: índices de espaçamentos aceitável, falha e dupla; índice de precisão da distribuição e desempenho qualitativo dos dosadores. A análise estatística dos dados foi realizada submetendo-os a análise de variância (ANOVA) e posterior teste de comparação de médias

**RESUMO:** Um das tecnologias recentes

pelo teste de Tukey ( $p \leq 5\%$ ). Os resultados indicaram que o DT oportuniza índices de aceitável 6 e 9% maiores nas velocidades de semeadura de 1,72 e 2,44 m s<sup>-1</sup> respectivamente. Nessas velocidades o DT reduz em 5,7 e 5,4% o índice de falhas. O índice de duplas é 5,5% na velocidade de 2,44 m s<sup>-1</sup> utilizando o DT.

**PALAVRAS-CHAVE:** semeadura, plantabilidade, falhas, mecanização agrícola.

## LONGITUDINAL DISTRIBUTION OF SORGHUM SEEDS WITH CONVENTIONAL HORIZONTAL DISC AND TITANIUM

**ABSTRACT:** One of the recent technologies implemented in grain sowing operations is the Titanium® seed metering mechanism with Rampflow® horizontal discs, whose main purpose is to improve the longitudinal distribution of seeds in the groove even at higher sowing speeds. In view of the above, the objective of this work was to evaluate the longitudinal distribution of sorghum seeds with conventional horizontal disc and Titanium® discs with horizontal Rampflow® discs. The experiment was carried out in an experimental field of the Laboratory of Agricultural Mechanization (LAMAGRI). The factors used for the composition of the treatments were: two seed dosing mechanisms (conventional horizontal disc metering mechanism - DC, and Titanium® dosing mechanism with Rampflow® - DT horizontal discs) and three sowing speeds (1.25, 1.72 and 2.44 m s<sup>-1</sup>), making a 2 x 3 factorial with four replicates. The experimental plots were dimensioned with 20 m length and 3.5 m width each. The evaluations were: acceptable, fault and double spacing indices; index of distribution accuracy and qualitative performance of the dosers. The statistical analysis of the data was performed by subjecting them to analysis of variance (ANOVA) and Tukey test ( $p \leq 5\%$ ). The results indicated that DT gives acceptable rates of 6 and 9% higher at sowing speeds of 1.72 and 2.44 m s<sup>-1</sup>, respectively. At these speeds the DT reduces by 5.7 and 5.4% the failure rate. The doubles index is 5.5% at the rate of 2.44 m s<sup>-1</sup> using DT.

**KEYWORDS:** sowing, plantability, failures, agricultural mechanization.

### 1 | INTRODUÇÃO

A incorreta distribuição longitudinal das sementes no sulco de semeadura é fator determinante para imprecisão do estande de plantas e perda de produtividade de grãos (BRACHTVOGEL et al., 2012; TROGELLO et al., 2013). Segundo Sangoi et al. (2012), a distribuição das plantas deve ser equidistante, evitando competição por falhas e duplas.

De acordo com Francetto et al. (2015), as semeadoras-adubadoras utilizam dois principais mecanismos dosadores de sementes, o disco horizontal e o pneumático, sendo o primeiro utilizado em aproximadamente 79,57% das máquinas. Este dosador contém um disco alvéolado (orifícios circulares) onde as sementes são

alojadas, dosadas e através de movimento de rotação são distribuídas uma a uma no sulco de semeadura (MIALHE, 2012).

A precisão com a qual os dosadores são capazes de individualizar e distribuir as sementes é bastante dependente de uma variedade de aspectos do próprio dosador, em especial a geometria e dimensões dos alvéolos, o mecanismo ejetor das sementes e a velocidade de rotação do disco (ST JACK et al., 2013; Correia et al., 2016). Segundo Mialhe (2012), as configurações dos alvéolos devem ser cuidadosamente observadas para cada tipo e formato de sementes, os alvéolos devem ser ligeiramente maiores que as sementes, cerca de 1,2 a 1,6 mm.

Silva e Gamero (2010) citam que as semeadoras e seus componentes vêm sofrendo constantes inovações tecnológicas. A tecnologia dos dosadores titanium com disco rampflow é uma delas, utiliza componentes em poliuretano, limitador de peso de sementes sobre o disco, organizador de sementes nos alvéolos, raspador antipulos, escova ejetora de cerdas flexíveis e discos com alvéolos em formato cônico estriado denominado rampflow.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a distribuição longitudinal de sementes de sorgo com mecanismo dosador de disco horizontal convencional e Titanium® com discos horizontal Rampflow®.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Fazenda Experimental Água Limpa, em área experimental do Laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícola (LAMAGRI) da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, pertencente a Universidade de Brasília, em Brasília-DF. A área experimental utilizada está situada sobre as coordenadas geográficas 15° 56' 45.701" S e 47° 55' 58.829" W.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 3 com quatro repetições. Os fatores considerados para constituição dos tratamentos foram: dois mecanismos dosadores de sementes (Dosador de disco horizontal convencional – DC, e dosador Titanium® com discos horizontal Rampflow® – DT) e três velocidades de semeadura (1,25; 1,72 e 2,44 m s<sup>-1</sup>). As parcelas experimentais foram dimensionadas com 20 m de comprimento e 3,5 m de largura cada (sete linhas de semeadura espaçadas em 0,5 m).

O solo da área experimental foi classificado por Rodolfo Junior et al. (2015) como Latossolo Vermelho Amarelo Ácrico petroplíntico. As parcelas experimentais foram preparadas em sistema convencional com uma aração e duas gradagens, uma intermediária e outra niveladora.

As sementes de sorgo utilizadas foram do híbrido AG1040, tratadas industrialmente pelo fabricante com inseticida e fungicida. A densidade de semeadura

adotada foi de dez sementes por metro de sulco de semeadura.

As máquinas e implementos utilizados para preparo do solo foram um arado de discos montado marca Baldan, modelo ARH, com três discos recortados de 30” e reversão hidráulica; uma grade de discos intermediária e de arrasto marca Tatu Marchesan, modelo GAICRL 6010, com 24 discos de 24”; e uma grade niveladora de arrasto marca Civemasa, modelo GNP36, com 36 disco de 22”. O arado e as grades foram tracionados por um trator de pneus marca Massey Ferguson, modelo MF296 4 x 2 TDA, com 88,3 kW (120cv) de potência bruta no motor.

A semeadura foi realizada utilizando uma semeadora-adubadora de precisão marca Jumil, modelo JM3040, equipada com mecanismos sulcadores de adubo e sementes do tipo discos duplos desencontrados, sete linhas de semeadura espaçadas em 0,5 m, mecanismo dosador de sementes do tipo disco horizontal convencional e mecanismos dosador de adubo do tipo rosca sem fim modelo Fertisystem AP NG. Para tracionar a semeadora-adubadora foi utilizado um trator de pneus marca New Holland, modelo TM7020 4 x 2 TDA, com 109,58 kW (149cv) de potência bruta no motor.

O mecanismo dosador de sementes DC utilizado foi o originalmente montado pelo fabricante da semeadora-adubadora, constituído por possui um raspador metálico de sementes, um ejetor do tipo roseta, fabricada com policloreto de polivinila (PVC), e disco horizontal convencional com alvéolos de parede reta com a face superior e inferior. O mecanismo dosador de sementes DT utilizado possui um limitador de peso de sementes com duplo condutor de fluxo de poliuretano, três organizadores de sementes no alvéolo (poliflow) e um raspador antipulo de sementes fabricados com plástico flexível, ejetor do tipo escova com cerdas, disco horizontal com alvéolos em formato de rampa na face superior de alojamento da semente e cônico estriado na face inferior de saída da mesma (rampflow), e um visor acrílico do conjunto disco-ejetor. Os dosadores DC e DT são identificados pelas Figuras 1A e B, respectivamente.



Figura 1. Mecanismo dosador de sementes de disco horizontal convencional (A) e mecanismo dosador de sementes Titanium® com discos horizontal Rampflow® (B).

Para ambos dosadores foram utilizados discos com 90 furos de 4,5 mm cada e anel liso, determinados conforme metodologia descrita por Mialhe (2012). Por praticidade operacional foram semeados primeiro os tratamentos com dosador DC, posteriormente, após substituição dos dosadores DC por DT nas linhas da semeadora-adubadora, foram realizadas as semeaduras dos demais tratamentos.

A avaliação de distribuição longitudinal das sementes no sulco de semeadura foi realizada aos 10 dias após a semeadura, quando a germinação e emergência das plântulas de sorgo já haviam cessado. A distância entre sementes distribuídas foi obtida pela medida de distância entre plântulas contidas em sete metros de comprimento das três linhas centrais de cada parcela. As medidas foram realizadas com régua graduada em 0,001 m.

Os espaçamentos obtidos foram classificados em aceitáveis, falhas e duplas, conforme metodologia descrita por Kurachi et al. (1989) e classificação indicada na Tabela 1. Em função da densidade de semeadura adotada o espaçamento desejado entre sementes (EDS) foi de 10 cm.

Classificação	Espaçamento EDS*
Aceitável	5 cm < EDS < 15 cm
Falha	EDS > 15 cm
Dupla	EDS < 5 cm

Tabela 1. Classificação do espaçamento entre sementes de sorgo. \*Espaçamento desejado entre sementes (EDS).



A análise estatística dos dados foi realizada submetendo-os a análise de variância e posteriormente ao teste de comparação de médias, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro, através do software estatístico Assistat, versão 7.7 beta.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com o teste F realizado foram verificadas interação entre os fatores mecanismos dosadores de sementes e velocidade de semeadura, e significância entre eles para as variáveis analisadas, sendo elas espaçamentos entre sementes aceitável, falhas e duplas. Os resultados da análise de variância da distribuição longitudinal de sementes de sorgo com os dosadores DC e DT em diferentes velocidades de semeadura são apresentados na Tabela 2.

Para o fator dosadores o teste F resultou o nível de significância de 1% de probabilidade de erro para os resultados de média das variáveis espaçamentos aceitáveis e falhas. Para a variável duplas o teste indicou significância de 5% de probabilidade de erro. Situações semelhantes foram obtidas com o teste para o fator velocidade de semeadura. Os resultados de interação entre os fatores apresentaram significância de 1; 5 e 1% para as variáveis aceitável, falhas e duplas respectivamente, em que os coeficientes de variação para elas foram de 2,27; 3,33 e 1,9 cm.

Fator	Variáveis		
	Aceitável	Falhas	Duplos
	Teste F		
Dosador (D)	118,36**	32,650**	12,130*
Velocidade (V)	15,344**	16,604**	15,431*
D x V	6,411**	3,120*	16,243*
CV (%)	2,27	3,33	1,9
DMS linha	1,302	1,414	1,480
DMS coluna	1,190	1,217	1,201
Média geral	68,50	1,50	5,70

Tabela 2. Análise de variância da distribuição longitudinal de sementes de sorgo em função dos fatores mecanismos dosadores de sementes e velocidade de semeadura.

\*\*Significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ). \*Significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $0,01 \leq p < 0,05$ ). nsnão significativo ( $p \geq 0,05$ ). CV: Coeficiente de variação. DMS: Diferença mínima significativa.

A média dos resultados de espaçamentos aceitável, falhas e duplas são

apresentados na Tabela 3.

Mecanismo dosador	Velocidade de semeadura (m s <sup>-1</sup> )		
	1,25	1,72	2,44
	Aceitável (%)		
DC	88,6 aA	81,2 bB	77,0 bB
DT	90,1 aA	87,2 aA	86,2 aA
	Falhas (%)		
DC	7,2 aA	12,8 aB	13,9 aB
DT	6,1 aA	7,1 bA	8,5 bA
	Duplas (%)		
DC	4,2 aA	5,9 aA	10,6 bB
DT	3,8 aA	5,5 aA	5,1 aA

Tabela 3. Média de espaçamentos entre sementes de sorgo distribuídas por diferentes mecanismos dosadores e velocidade de semeadura.

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Comparando os dosadores o índice de aceitável não diferiu entre DC e DT na menor velocidade, entretanto, para as velocidades de 1,72 e 2,44 m s<sup>-1</sup> o índice aceitável foi maior no DT, sendo respectivamente de 87,2 e 86,2%, valores 6 e 9,2% maior que os obtidos no DC. Na menor velocidade, 1,25 m s<sup>-1</sup> a média de aceitável dos dosadores foi de 89,35%.

Comparando somente os resultados de aceitáveis do DT, estes não diferiram em função da velocidade de semeadura, sendo em média 87,8%. Diferentemente, comparando somente os resultados de aceitáveis do DC o índice diferiu, sendo reduzido a partir do aumento da velocidade de semeadura. Na velocidade de 1,25 m s<sup>-1</sup> o DC obteve 88,6% de aceitável, em 1,72 e 2,44 m s<sup>-1</sup> o índice foi de 81,2 e 77% respectivamente, redução de 7,4 e 11,6%. Entre 1,72 e 2,44 m s<sup>-1</sup> o índice de aceitável não foi diferenciado no DC, tendo média de 79,1%.

Em se tratando de índices de falhas e comparando somente os dosadores, o índice não diferiu na menor velocidade e diferiu nas velocidades 1,72 e 2,44 m s<sup>-1</sup>. Os índices de falhas do DT na velocidade de 1,72 e 2,44 m s<sup>-1</sup> foram de 7,1 e 8,5% respectivamente, sendo 5,7 e 5,4% menores que os índices de falhas do DC. Na menor velocidade, 1,25 m s<sup>-1</sup>, a média de falhas dos dosadores foi de 6,65%.

Comparando somente os resultados de falhas do DT, estes não diferiram em função da velocidade de semeadura, sendo em média 7,2%. Diferentemente, comparando somente os resultados de falhas do DC o índice diferiu, sendo reduzido a partir do aumento da velocidade de semeadura. Na velocidade de 1,25 m s<sup>-1</sup> o

DC obteve 7,2% de falhas, em 1,72 e 2,44 m s<sup>-1</sup> o índice foi de 12,8 e 13,9% respectivamente, redução de 5,6 e 6,7%. Entre 1,72 e 2,44 m s<sup>-1</sup> o índice de aceitável não foi diferenciado no DC, tendo média de 13,3%.

Analisando os resultados de índices de duplas e comparando somente os dosadores, nota-se que somente na maior velocidade (2,44 m s<sup>-1</sup>) ocorreu diferença. Na maior velocidade foram obtidos índices de 10,6 e 5,1% de duplas com o DC e DT respectivamente, sendo 5,5% menor o índice do DT. Nas velocidades de 1,25 e 1,72 m s<sup>-1</sup> não houve diferenças entre dosadores para índice de duplas. Nessas velocidades as médias de duplas entre dosadores foi de 4 e 5,7% respectivamente.

Comparando os resultados de duplas entre velocidades, foi verificada diferença somente com o DT na maior velocidade, sendo obtido índice de 10,6%, 4,7 e 6,4% maior que os índices nas velocidades de 1,25 e 1,72 m s<sup>-1</sup>. Com o dosador DT as velocidades não diferiram os índices de duplas, sendo 4,8% a média de duplas entre elas.

## 4 | CONCLUSÕES

Entre os dosadores estudados, o DT oportuniza distribuição longitudinal de sementes de sorgo com índice de espaçamentos aceitáveis 6 e 9% maiores nas velocidades de semeadura de 1,72 e 2,44 ms<sup>-1</sup> respectivamente. Nas mesmas velocidades o mesmo dosador DT reduz em 5,7 e 5,4% o índice de falhas na distribuição longitudinal de sementes da cultura. O índice de duplas é diferenciado entre os dosadores somente na velocidade de 2,44 m s<sup>-1</sup>, sendo 5,5% menor com o DT.

## REFERÊNCIAS

BOTTEGA, E. L.; ROSOLEM, D. H.; OLIVEIRA NETO, A. M. DE; PIAZZETTA, H. V. L.; GUERRA, N. **Qualidade da semeadura do milho em função do sistema dosador de sementes e velocidades de operação.** Global Science And Technology, v.7, p.109-114, 2014.

BRACHTVOGEL, E. L.; PEREIRA, F. R. D. S.; CRUZ, S. C. D. S.; ABREU, M. L. D.; BICUDO, S. J. **População, arranjo de plantas uniforme e a competição intraespecífica em milho.** Revista Trópica: Ciências Agrárias e Biológicas, v.6, p.75-83, 2012.

BRASIL. **Regras para análise de sementes.** Brasília, DF: SNDA/ DNDV/CLV, 2009. 365p.

CORREIA, T. P. S.; SILVA, P. R. A.; SOUSA, S. F. G.; DIAS, P. P.; ALMEIDA, S. V. **Longitudinal distribution of corn seeds depending on horizontal disk with different Technologies.** Científica, v.44, p.1-4, 2016.

DIAS, V. D. O.; ALONÇO, A. D. S.; CARPES, D. P.; VEIT, A. A.; SOUZA, L. B. **D. Peripheral speed of the plate in seed meters of corn and soybean.** Ciência Rural, v.44, p.1973-1979, 2014.

FRANCETTO, T. R.; DAGIOS, R. F.; LEINDECKER, J. A.; ALONÇO, A. S.; FERREIRA, M. F. **Características dimensionais e ponderais das semeadoras-adubadoras de precisão no Brasil.** *Tecno-lógica*, v.19, p.18-24, 2015.

KURACHI, S. A. H.; COSTA, J. A. S.; BERNARDI, J. A.; COELHO, J. L. D.; SILVEIRA, G. M. **Avaliação tecnológica de semeadoras e/ou adubadoras: Tratamento de dados de ensaio e regularidade de distribuição longitudinal de sementes.** *Bragantia*, v.48, p.249-262, 1989.

MIALHE, L. G. **Máquinas agrícolas para plantio.** Campinas: Millennium, 2012. 337p.

REYNALDO, E.F.; MACHADO, T.M.; TAUBINGER, L.; QUADROS, D. **Influência da velocidade de deslocamento na distribuição de sementes e produtividade de soja.** *Engenharia na agricultura, viçosa*, v.24, n.1, p.63-67, 2016.

RODOLFO JUNIOR, F.; ARAÚJO, L. G.; SOUZA, R. Q.; BATISTA, F. P. S.; OLIVEIRA, D. N. S.; LACERDA, M. P. C. **Relações solo-paisagem em topossequências na fazenda água limpa, distrito federal.** *Nativa*, v.3, p.27-35, 2015.

SANGOI, L.; SCHMITT, A.; VIEIRA, J.; PICOLI JUNIOR, G. J.; SOUZA, C. A.; CASA, R. T.; SCHENATTO, D. E.; GIORDANI, W.; BONIATTI, C. M.; MACHADO, G. C.; HORN, D. **Variabilidade na distribuição espacial de plantas na linha e rendimento de grãos de milho.** *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.11, p.268-277, 2012.

SILVA, M. C.; GAMERO, C. A. **Qualidade da operação de semeadura de uma semeadora-adubadora de Plantio direto em função do tipo de martelete e velocidade de deslocamento.** *Revista Energia na Agricultura*, v.25, p.85-102, 2010.

ST JACK, D.; HESTERMAN, D. C.; GUZZOMI, A. L. **Precision metering of Santalum spicatum (Australian Sandalwood) seeds.** *Biosystems Engineering*, v.115, p.171-183, 2013.

TOURINO, M. C.; KLINGENSTEINER, P. **Ensaio e avaliação de semeadoras-adubadoras.** In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 13, 1983, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: UFRRJ/SBEA, 1983. p.103-116.

TROGELLO, E.; MODOLO, A. J.; SCARSI, M.; DALLACORT, R. **Manejos de cobertura, mecanismos sulcadores e velocidades de operação sobre a semeadura direta da cultura do milho.** *Bragantia*, v.72, p.101-109, 2013.

WEIRICH NETO, P. H.; JUSTINO, A.; NAMUR, R. T.; DOMINGUES, J.; GARCIA, L. C. **Comparison of metering mechanisms of corn seed.** *Engenharia Agrícola*, v.32, p.981-988, 2012.

## DESINFESTAÇÃO E INOCULAÇÃO DE EXPLANTES DE *Aloe Vera* L VISANDO O CULTIVO *in vitro*

Data de aceite: 12/05/2020

Data de submissão: 10/08/2018

Toledo - PR.

**Paulo Henrique Enz**

Pontifícia Universidade Católica do Paraná  
campus Toledo,  
Toledo - PR.

**Bruno Yamada Danilussi**

Pontifícia Universidade Católica do Paraná  
campus Toledo,  
Toledo - PR.

**Luciana Alves Fogaça**

Pontifícia Universidade Católica do Paraná  
campus Toledo,  
Toledo - PR.

**Matheus Ferris Orvatti**

Pontifícia Universidade Católica do Paraná  
campus Toledo,  
Toledo - PR.

**Vinicius Henrique dos Reis Carmona**

Pontifícia Universidade Católica do Paraná  
campus Toledo,  
Toledo - PR.

**Leonardo Lopes Lorencetto**

Pontifícia Universidade Católica do Paraná  
campus Toledo,  
Toledo - PR.

**Luiz Eduardo Manfrin Catharino**

Pontifícia Universidade Católica do Paraná  
campus Toledo,  
Toledo - PR.

**Rafael Garbin**

Pontifícia Universidade Católica do Paraná  
campus Toledo,  
Toledo - PR.

**Gustavo Silva Belloto**

Pontifícia Universidade Católica do Paraná  
campus Toledo,

**RESUMO:** *Aloe vera* L. popularmente conhecida como babosa, é uma planta medicinal utilizada em diversos segmentos das indústrias tais como: farmacêuticas, cosméticos, alimentos e ornamentação. Convencionalmente propaga-se por meio do desbrote lateral, o que torna uma prática cara e de baixo rendimento. A fim de obter um maior número de plantas com qualidade, o presente trabalho teve como objetivo testar protocolos de desinfestação visando o cultivo *in vitro* de *Aloe vera* L. Para isso foram realizados no Laboratório de Biotecnologia da PUCPR – Campus Toledo três testes de assepsia. Os tratamentos consistiram em variar o tempo de exposição dos explantes (gemas) em solução germicidas como álcool 70% e hipoclorito de sódio 2%. Passado o período de sete dias foram avaliados os seguintes parâmetros: porcentagem de explantes contaminados

por fungos, bactérias e explantes oxidados. O T1 apresentou 17% de explantes contaminados por bactérias, o T2 não apresentou contaminação e oxidação e, o T3 apresentou 17% dos explantes contaminados por fungos, bactérias e oxidados. Com os resultados obtidos pode-se recomendar para a desinfestação de explantes de babosa o T2, que consistiu na imersão dos explantes em água+6 gotas de tween 20 por 15 minutos, em seguida imersão em hipoclorito de sódio 2% por 15 minutos, após álcool 70% por 5 minutos e a tríplice lavagem com água destilada e autoclavada.

**PALAVRAS-CHAVE:** Micropopagação, assepsia, babosa.

## DISINFESTATION AND INOCULATION OF *Aloe Vera L* EXPLANTS FOR *in vitro* CULTIVATION

**ABSTRACT:** Aloe vera L. popularly known as aloe vera, is a medicinal plant used in several segments of industries such as: pharmaceuticals, cosmetics, food and ornamentation. Conventionally it spreads through the side splitting, which makes it an expensive and low-yielding practice. In order to obtain a greater number of quality plants, the present study aimed to test disinfection protocols aiming at the *in vitro* cultivation of Aloe vera L. For this purpose, three asepsis tests were carried out at the Biotechnology Laboratory of PUCPR - Campus Toledo. The treatments consisted of varying the exposure time of the explants (buds) in germicidal solution such as 70% alcohol and 2% sodium hypochlorite. After the seven-day period, the following parameters were evaluated: percentage of explants contaminated by fungi, bacteria and oxidized explants. Treatment 1 presented 17% of explants contaminated by bacteria, T2 did not show contamination and oxidation, and T3 presented 17% of explants contaminated by fungi, bacteria and oxidized. With the results obtained, T2 can be recommended for the disinfection of aloe explants, which consisted of immersing the explants in water + 6 drops of tween 20 for 15 minutes, then immersion in 2% sodium hypochlorite for 15 minutes, after 70% alcohol for 5 minutes and the triple wash with distilled and autoclaved water.

**KEYWORDS:** Micropopagation, asepsis, *Aloe vera*.

## 1 | INTRODUÇÃO

*Aloe vera L.* pertencente à família Liliaceae, popularmente conhecida como babosa, é originária do sul da África e cultivada como planta ornamental. Possui caule ereto, de 1,5 m de altura, folhas carnosas, dispostas em espiral numa roseta (SIMÕES, 1998).

A babosa é uma planta medicinal que de acordo com Simões (2004) já foram descritos 70 diferentes compostos ativos que podem ser utilizados em diversos segmentos das indústrias farmacêuticas, cosméticos, alimentos e ornamentação.

A forma convencional para a obtenção de mudas é realizada por divisão de brotos laterais, com média de 4 brotos/ano/planta, o que torna a prática de baixo rendimento, morosa e cara, além de não garantir qualidade às mudas (DEBIASI et al., 2007).

Devido à importância econômica e medicinal da babosa faz-se necessário, a elaboração de estratégias de propagação dessa espécie, visando a obtenção de um maior número de plantas com qualidade.

A micropropagação pode ser uma estratégia de propagação para a espécie. Esse método baseia-se na produção de plantas mais uniformes, saudáveis e a uma velocidade muito maior do que os métodos convencionais (KERBAUY, 1997).

O processo de micropropagação compreende três etapas segundo Grattapaglia e Machado (1998). Na Etapa I, considerada uma das etapas mais críticas, ocorre a seleção de explantes adequados, sua esterilização e transferência para meios de cultura.

Para Sousa (2007), um dos maiores problemas que ocorre durante as etapas de propagação *in vitro* é a contaminação do meio nutritivo por fungos e bactérias. De acordo com o mesmo autor, a contaminação estabelece-se no meio de cultura e/ou material vegetal competindo pelos nutrientes, produzindo substâncias tóxicas e inibindo o desenvolvimento do explante, ocasionando, assim, sua perda.

A fim de obter um maior número de plantas com qualidade, o presente trabalho teve como objetivo testar protocolos de desinfestação de explantes de *Aloe vera* L. visando o cultivo *in vitro*.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Biotecnologia da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, PUCPR, *campus* Toledo-PR.

O material vegetal (meristemas) utilizado para a realização do experimento foi obtido de plantas matrizes mantidas em estufa da PUCPR.

Os meristemas foram coletados e levados ao laboratório para que se iniciasse o processo de desinfestação, o qual foi testado três protocolos de assepsia conforme apresentado na Tabela 1.

Tratamentos	Água+Tween	Hipoclorito 2%	Álcool 70%	Tríplice lavagem
T1	15 min	10 min	3 min	X
T2	15 min	15 min	5 min	X
T3	10 min	15 min	5 min	X

Tabela 1. Tempo de imersão de meristema de *Aloe vera* L. para estabelecimento *in vitro*. Toledo-PR, 2018.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com três tratamentos e seis repetições.

Após a realização dos protocolos de assepsia, os explantes foram inoculados em tubo de ensaio, contendo 10 ml de meio de cultura Murashige e Skoog (1962). Em seguida, os tubos foram levados para sala de crescimento com temperatura de  $25^{\circ}\text{C} \pm 2$ , onde permaneceram no escuro por sete dias.

Após sete dias de inoculação foram avaliados os seguintes parâmetros: porcentagem de explante sadio, porcentagem de explantes contaminados por fungos ou bactérias e porcentagem de explantes oxidados.

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância e comparados pelo teste de Tukey a um nível de 5% de probabilidade, utilizando software MINITAB-17.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Embora os tratamentos tenham proporcionado diferentes comportamentos, estatisticamente não houve diferença significativa entre eles, os dados foram submetidos ao teste de Tukey a um nível de 5% de significância.

Dentre todos os tratamentos, o tratamento 2 não apresentou nenhuma contaminação e oxidação, supostamente devido ao tempo de imersão do protocolo, onde englobou o melhor conjunto de tempo proporcionando assim em um resultado satisfatório (Figura 1).

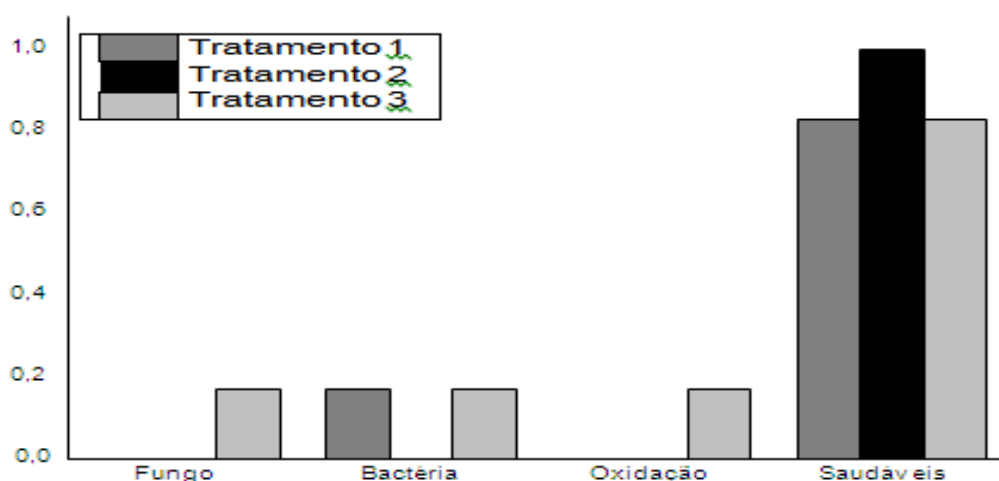


Figura 1. Níveis de explantes de *Aloe vera* sem ou com contaminações após tratamentos assépticos no meio de cultura MS.

Já o tratamento 1 e 3 não se destacou, onde resultou em uma elevada contaminação bacteriana, como pode-se observar a partir da Figura 2 e dos dados apresentados na Tabela 2.





Figura 2. Tratamentos após ser retirado da estufa para avaliações . Toledo, 2018.

	Protocolos de Assepsia		
	T1	T2	T3
<b>Fungo %</b>	0,00 a	0,00 a	0,17 a
<b>Bactéria %</b>	17 a	0,00 a	0,17 a
<b>Oxidação %</b>	0,00 a	0,00 a	0,17 a
<b>Saudáveis %</b>	83 a	100 a	83 a

Tabela 2. Porcentagem de contaminação fúngica e bacteriana, porcentagem de oxidação e tecidos saudáveis de meristemas de Aloe vera. L submetidos a diferentes protocolos de desinfestação, ao Teste de Tukey a um nível de 5% de significância. Toledo-PR, 2018.

Em trabalho realizado por Calixto (2016), foi verificado que o protocolo de assepsia semelhante ao tratamento 2 teve eficiência semelhante ao deste trabalho.

VIANNA et al. (1997), realizaram protocolos de assepsia para explantes com hipoclorito de sódio a 1% por 10 minutos, onde não observou efeitos no controle de qualquer contaminação, sendo contrário aos resultados obtidos no presente experimento.

Segundo LEIFERT et al., (1991) as condições fitossanitárias da planta matriz determinam a eficiência do processo de desinfecção dos explantes antes do seu estabelecimento *in vitro*.

Partindo disto, pode ser esse um dos motivos para explicar a diferença do presente trabalho, pois nos explantes do tratamento 2, eram explantes do ápice meristemal, ou de brotações laterais jovens, estando menos sujeitas a contaminação de patógenos no campo, e tendo maior poder de brotação e menos chance de oxidação em função da idade do explante.

Segundo DINIZ et al. (2008), que realizaram um experimento Protocolo para desinfestação, multiplicação e enraizamento *in vitro* de *Spathiphyllum wallisi*, concluiu que utilizando somente hipoclorito de cálcio, observou grande contaminação

por bactérias na ordem de 69% sobre 83% dos explantes contaminado, podendo sugerir que a utilização de álcool pode ser um complemento na assepsia do material vegetal e colaborar para diminuição de contaminação patogênicas.

Trabalhando com *Zingiber officinale*, Debiassi et al. (2004) relatam arranque no processo de estabelecimento inicial *in vitro*, houve maior presença de fungos do que de bactérias, sendo o mesmo comportamento observado neste ensaio.

## 4 | CONCLUSÕES

Com os resultados obtidos pode-se recomendar para a desinfestação de explantes de babosa o T2, que consistiu na imersão dos explantes em água+6 gotas de tween 20 por 15 minutos, em seguida imersão em hipoclorito de sódio 2% por 15 minutos, após álcool 70% por 5 minutos e a tríplice lavagem com água destilada e autoclavada.

## REFERÊNCIAS

CALIXTO, G. B. **Desenvolvimento de protocolos para micropropagação de Aloe vera L.** *Revista Cultivando o Saber*. p. 302 a 308. 2016. Disponível em: [https://www.fag.edu.br/upload/revista/cultivando\\_o\\_saber/58051eb874624.pdf](https://www.fag.edu.br/upload/revista/cultivando_o_saber/58051eb874624.pdf) Acesso em: 01/09/2018.

DEBIASI, C.; SILVA, C. G.; PESCADOR, R. **Micropropagação de babosa (Aloe vera L.).** *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, p. 36-43, 2007.

DINIZ, J. D. N.; ALMEIDAS, J. L.; OLIVEIRA, A. B.; BEZERRA, A. M. E. **Protocolo para desinfestação, multiplicação e enraizamento in vitro de Spathiphyllum wallisi.** *Rev. Ciên. Agron.*, Fortaleza, v. 39, n. 01, p. 107-113, Jan.- Mar., 2008. Centro de Ciências Agrárias - Universidade Federal do Ceará.

GRATTAPAGLIA, D.; MACHADO, M.A. **Micropropagação.** In: Torres *et al.* **Cultura de tecidos e transformação genética de plantas.** EMBRAPA, Brasília – DF, v.1, p. 183-260, 1998.

KERBAUY, G.B. **Clonagem de plantas in vitro.** *Biotechnology Ciência & Desenvolvimento*, Brasília, v.1, n.1, p.30-33, 1997.

LIMA, M. A. C. S. **Babosa, Saúde e bem-estar.** Disponível em: < <https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/saude-bem-estar/babosa.htm> > Acesso em: 01/09/2018.

LEIFERT, C.; RITCHIE, J.Y.; WAITES, W.M. **Contaminants of plant tissue and cell cultures.** *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, v.7, p.425-69, 1991.

MORAIS, T. P. et al. **Aplicações da cultura de tecidos em plantas medicinais.** *Rev. Bras. Pl. Med.*, Botucatu, v. 14, n. 1, p. 110-121, 2012.

ROSE, C.; SILVA, L.; CARDOSO, M.; SIBOV, S. **Influência de métodos de assepsia na germinação in vitro de sementes de Swietenia macrophylla King (MELIACEAE).** Disponível em <<http://www.sbpnet.org.br/livro/63ra/resumos/resumos/6270.htm>>. Acesso em : 5 de setembro de 2018

TAMBOSI, G.; ROGGE-RENNER, G. D. **Avaliação de métodos de esterilização, concentração de ágar e composição de meio de cultura para propagação in vitro de Pimpinella anisum (Linn.)–**

**Apiaceae.** Semina: Ciências Biológicas e da Saúde, v. 31, n. 2, p. 189-194, 2010. Disponível em <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/seminabio/article/download/8798/8346>>Aces so em: 5 de setembro de 2018.

VIANNA, G. R. et al. **A rifampicina na descontaminação bacteriana de explantes de mamoeiro provenientes do campo.** Bragantia, Campinas, v. 56, n. 2, p. 249-254, 1997.

SIMÕES, C. M. O. (Org.). **Plantas da medicina popular no Rio Grande do Sul.** 5. ed. Porto Alegre: UFRGS, p. 28-29. 1998.

SIMÕES, C. M. O. (Org.). **Farmacognosia: da planta ao medicamento.** 5. ed. Porto Alegre: UFRGS, p. 675-676. 2004.

SOUSA, G. C. et al. **Contaminação Microbiana na Propagação in vitro de *Cattleya walkeriana* e *Schomburgkia crispera*.** Revista Brasileira de Biociências, Porto Alegre, v. 5, supl. 1, p. 405-407, jul. 2007.

## ESTABELECIMENTO *in vitro* DE MARACUJÁ *Passiflora tenuifila*

Data de aceite: 12/05/2020

Data de submissão: 24/04/2020

### **Luiz Henrique Silvério Junior**

Laboratório de Cultura de Tecidos Vegetais -  
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita  
Filho”,  
Ilha Solteira - SP.

### **Glaucia Amorim Faria**

Laboratório de Cultura de Tecidos Vegetais -  
Laboratório de Estatística Aplicada, Universidade  
Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”,  
Ilha Solteira - SP.

### **Beatriz Garcia Lopes**

Universidade de São Paulo - Piracicaba - SP.  
Laboratório de Estatística Aplicada - Universidade  
Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”,  
Ilha Solteira - SP.

### **Antonio Flávio Arruda Ferreira**

Universidade do Estado de Mato Grosso “Carlos  
Alberto Reyes Maldonado”, Alta Floresta - MT.  
Laboratório de Estatística Aplicada - Universidade  
Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”,  
Ilha Solteira - SP.

### **Cintia Patrícia Martins de Oliveira**

Laboratório de Cultura de Tecidos Vegetais -  
Laboratório de Estatística Aplicada, Universidade  
Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”,  
Ilha Solteira - SP.

### **Camila Kamblevicius Garcia**

Laboratório de Cultura de Tecidos Vegetais -

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita  
Filho”,  
Ilha Solteira - SP.

### **Lucas Menezes Felizardo**

Laboratório de Estatística Aplicada - Universidade  
Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”,  
Ilha Solteira - SP.

### **Paula Suares Rocha**

Laboratório de Estatística Aplicada - Universidade  
Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”,  
Ilha Solteira - SP.

### **Beatriz Cardoso Ribeiro**

Laboratório de Cultura de Tecidos Vegetais -  
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita  
Filho”,  
Ilha Solteira - SP.

### **José Carlos Cavichioli**

APTA - Polo Regional Alta Paulista,  
Adamantina - SP.

### **Enes Furlani Junior**

Laboratório de Cultura de Tecidos Vegetais -  
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita  
Filho”,  
Ilha Solteira - SP.

**RESUMO:** A espécie *Passiflora tenuifila*,  
endêmica do Brasil, ocorre em regiões de  
Cerrado e Mata Atlântica. Devido às suas  
características silvestres, existem poucos  
estudos relacionados ao seu cultivo *in vitro*. Até

o momento, não foram encontrados protocolos definitivos que minimizem as chances de ocorrência de variantes somaclonais, que poderiam causar perdas genóticas significativas para a espécie. Deste modo, o objetivo deste trabalho foi desenvolver um protocolo de estabelecimento *in vitro* de gemas axilares de *P. tenuifila*, utilizando o meio MS completo e com a metade da concentração de sais (½ MS) sem adição de fitormônios. Para o estabelecimento *in vitro* foram utilizadas microestacas oriundas de plantas em casa de vegetação, obtidas através da germinação de sementes de acessos de *P. tenuifila* selecionadas a partir da morfometria das variáveis massa, espessura, largura e comprimento das sementes. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com 25 repetições e as seguintes variáveis foram avaliadas: número de gemas, comprimento da brotação, número de folhas, coloração da folha e desenvolvimento da microestaca. A utilização do meio a 50% se mostrou viável para o estabelecimento *in vitro* da espécie estudada, em virtude da redução dos custos na produção do meio MS, sem o comprometimento no desenvolvimento e da qualidade das plantas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Maracujá silvestre, cultura de tecidos, micropropagação, casa de vegetação.

#### *In vitro* ESTABLISHMENT OF PASSION FRUIT *Passiflora tenuifila*

**ABSTRACT:** The species *Passiflora tenuifila*, endemic to Brazil, occurs in the regions of Cerrado and Atlantic Forest. Due to its wild characteristics, there are few studies, especially related to its *in vitro* cultivation. So far, no definitive protocols have been found that minimize the chances of somaclonal variant occurrence, which could lead to significant genotypic losses for the species. Therefore, the objective of this work was to develop a protocol for establishing *in vitro* axillary buds of *P. tenuifila*, using the complete MS medium and with half the concentration of nutrients (1/2 MS) without adding phytohormones. For *in vitro* establishment, micropile originated from greenhouses' plants were used, obtained by means of seeds germination of *P. tenuifila* accessions, selected by the morphometric variables of mass (mg), thickness (mm), width (mm) and length (mm) of the seeds. The experiment was performed in a completely randomized design with 25 replications and the following variables were evaluated: number of buds, sprouting length, number of leaves, leaf color and development of the micropile. The use of 50% medium proved to be feasible for the *in vitro* establishment of the studied species, due to the reduction in costs in the production of MS medium, without compromising the development and quality of the plants.

**KEYWORDS:** Wild passionfruit, plant tissue culture, micropropagation, greenhouse.

## 1 | INTRODUÇÃO

O gênero *Passiflora* possui mais de 500 espécies vegetais distribuídas na Ásia, Oceania e América. A maioria é nativa de países tropicais, como o Brasil, que possui 150 espécies de *Passiflora*, sendo 87 endêmicas (BERNACCI *et al.*, 2015). Dentre as endêmicas, encontra-se a espécie silvestre *Passiflora tenuifila*, com ocorrência principalmente nos estados de Minas Gerais, São Paulo, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (MADALENA *et al.*, 2013).

Apesar do Brasil ser líder mundial na produção de maracujá, especialmente no estado da Bahia, que representa 27% da produção nacional da fruta (IBGE, 2018), a produção é basicamente formada por *Passiflora edulis* (maracujá amarelo). Entretanto, diversas espécies, têm despertado o interesse de pesquisadores, por apresentar resistência a doenças, podendo servir como porta-enxertos para espécies comerciais, por suas propriedades medicinais ou por seu potencial ornamental.

*P. tenuifila* é uma herbácea que possui caule lenhoso e gavinhas, sendo uma planta trepadeira que apresenta folhas fendidas. Seus frutos são bagas carnosas e glabras de formato globoso (LIMA *et al.*, 2010). Quando maduros, conferem uma coloração que varia do amarelo esverdeado ao amarelo alaranjado, com polpa de cor amarela intensa e com aroma peculiar, semelhante ao alho, o que faz o fruto dessa espécie ser popularmente conhecido como maracujá alho (PEREIRA *et al.*, 2017). Possui resistência à bacteriose e autocompatibilidade genética, ao contrário da espécie comercial *P. edulis* que requer polinização natural ou manual para sua frutificação, características desejadas no melhoramento genético (DIANESE *et al.*, 2017; PREISIGKE *et al.*, 2017).

A micropropagação oferece uma excelente alternativa para o maracujazeiro, produzindo em larga escala, mudas sadias e livres de patógenos, de clones selecionados, com alta fidelidade genética, em qualquer época do ano, em tempo e espaço físico reduzido, garantindo maior produtividade, maior uniformidade e desempenho no campo (GUTIÉRREZ *et al.*, 2011). O processo de micropropagação pode ser dividido basicamente em três etapas: 1- seleção, desinfestação e estabelecimento do explante; 2- multiplicação, e 3- enraizamento e transferência das plantas para o ambiente externo. A resposta aos estímulos na indução da morfogênese, pode ser influenciada por vários fatores, como o explante a ser utilizado, a via de regeneração (via organogênese ou embriogênese somática), o uso de aditivos no meio de cultivo, assim como o excesso de subcultivos, e todos esses fatores podem causar variações somaclonais (OLIVEIRA *et al.*, 2013). De modo direto, as células e tecidos vegetais produzem o primórdio vegetativo ou radicular, que é uma estrutura unipolar com sistema vascular conectado com o tecido de origem; já de modo indireto, há a formação de calos (CAMPOS *et al.*,

2017).

Meristemas apicais, gemas axilares e segmentos nodais são os mais indicados por possuírem maior capacidade de expressar sua totipotencialidade, diferenciação celular e regeneração, e, conseqüentemente maior competência, determinação para crescimento vegetativo e maior desenvolvimento de microplanta (ELHITI et al., 2013). A técnica da micropropagação via organogênese direta é a mais recomendada para o estabelecimento desta espécie e manutenção de bancos de germoplasmas *in vitro*, pois garante a manutenção da fidelidade genética do material propagado, desde que tomados os devidos cuidados com o estímulo utilizado no meio de cultura e subcultivos (CRUZ, 2018).

Diferentes meios de cultivo vêm sendo utilizados para a regeneração de diferentes espécies. Os meios mais utilizados são o de Murashige e Skoog (MS) (MURASHIGE e SKOOG, 1962), e o Woody Plant Medium (WPM) (LLOYD e MCCOWN (1980). Esses meios, que podem ser líquidos ou sólidos, contêm em suas formulações macro e micronutrientes, carboidratos, vitaminas, mioinositol e água. A esses meios podem ainda ser adicionados reguladores de crescimento, antioxidantes, aminoácidos, água de coco, extratos vegetais, ou outras misturas complexas, além de antibióticos, antifúngicos e outros aditivos (GOLLO et al., 2016).

Devido às suas características silvestres, existem poucos estudos com *P. tenuifila*, especialmente relacionados a trabalhos com cultivo *in vitro*. Deste modo, o objetivo deste trabalho foi desenvolver um protocolo de estabelecimento *in vitro* de gemas axilares de *P. tenuifila*, utilizando o meio MS em diferentes concentrações (100 e 50%), avaliando assim a eficácia do meio nessas concentrações.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

Para o estabelecimento *in vitro* foram utilizados como material vegetal acessos de *P. tenuifila* da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA) - Polo Regional Alta Paulista - Adamantina-SP. Foi realizada morfometria das sementes, sendo avaliadas as variáveis massa (mg), espessura (mm), largura (mm) e comprimento (mm). Após a mensuração foi realizada a análise descritiva dos dados e separação das sementes para germinação com base nas inferências obtidas.

A germinação das sementes e crescimento inicial das plantas foi realizada em casa de vegetação de acrílico do tipo 'Pad&Fan' (Figura 1A) com temperatura controlada em 28°C, umidade relativa do ar em 60% e irrigação duas vezes ao dia por 3 minutos (1800 cm<sup>3</sup> min<sup>-1</sup>) no Campus de Ilha Solteira (Figura 1B) da Universidade Estadual Paulista 'Júlio de Mesquita Filho' (UNESP), São Paulo. A cidade de Ilha Solteira está localizada a 20°25'24,4" de latitude sul e 51°21'13,1" de longitude

oeste, com altitude de 337 metros (Figura 1B).

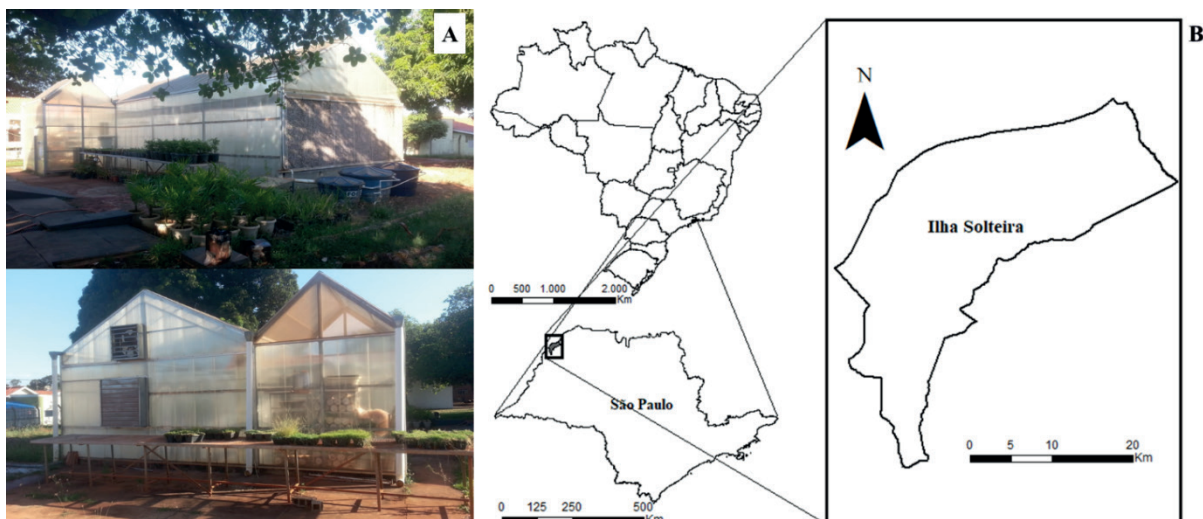


Figura 1. Casa de vegetação com sistema Pad&Fan (A) e mapa de localização do Município de Ilha Solteira – SP (B).

O material seminífero foi semeado em copos plásticos (200 ml) em substrato autoclavado e após a emergência das plântulas, estas foram transplantadas para vasos retangulares (jardineiras) (Figura 2A) com 47 x 15 x 20 cm (comprimento x altura x largura) (Figura 2B) preenchidos com substrato composto por solo e esterco bovino (3:1), acrescido de três quilos de superfosfato simples e um quilo de cloreto de potássio para cada 1 m<sup>3</sup> de solo.

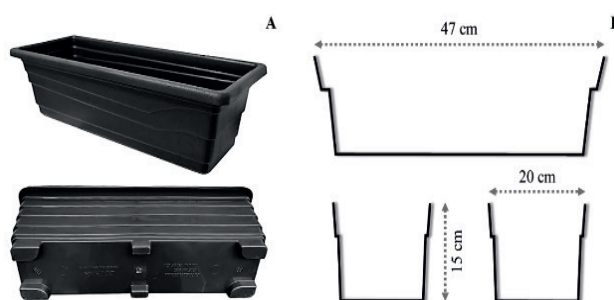


Figura 2. Vasos retangulares (A) utilizados para a transferência das plântulas emergidas, e suas dimensões (B).

As plantas conduzidas na casa de vegetação (Figura 3E) foram utilizadas como matrizeiras para obtenção de segmentos nodais para o estabelecimento *in vitro* da espécie. Esse processo foi realizado no Laboratório de Cultura de Tecidos Vegetais (LCTV). Em laboratório, na câmara de fluxo laminar, as microestacas (os segmentos nodais contendo gemas axilares (Figura 3F), foram desinfestadas em etanol a 70% por 40 segundos e posteriormente em solução de hipoclorito de sódio a 0,2% por 15 minutos, sendo a lavagem tripla realizada com água deionizada



autoclavada (Figura 3G).

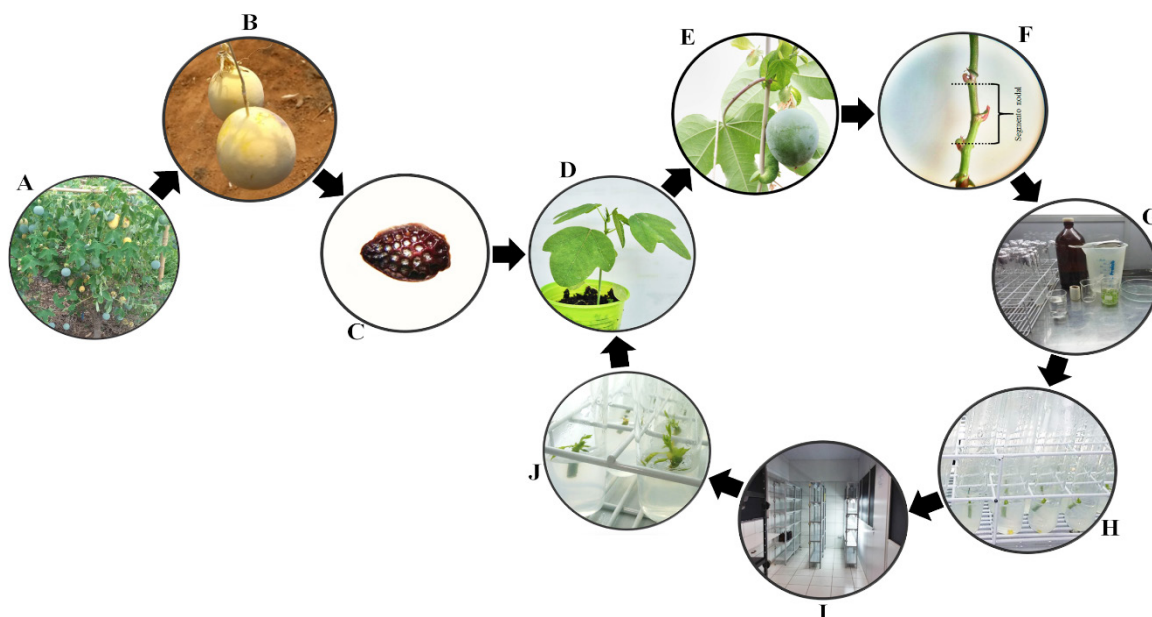


Figura 3. Esquema do processo de estabelecimento *in vitro* de *Passiflora tenuifila*. A. Planta; B. Fruto; C. Semente; D. Germinação em copos plásticos em casa de vegetação; E. Transferência para vasos para crescimento em casa de vegetação; F. Estaca com segmentos nodais; G. Desinfestação em câmara de fluxo laminar; H. Inoculação em câmara de fluxo laminar; I. Sala de crescimento; J. Formação de brotos de *P. tenuifila*.

Após a desinfestação essas microestacas, com aproximadamente 1 cm de comprimento, foram inoculadas na posição vertical (Figura 3H) em tubos de ensaio com 20 ml de meio MS (MURASHIGE e SKOOG, 1962), com 50% ( $\frac{1}{2}$ MS) e 100% (MS) das concentrações de macro, micronutrientes e compostos orgânicos (Tabela 1). Os meios foram suplementados com  $30 \text{ g L}^{-1}$  de sacarose, gelificado com  $2 \text{ g L}^{-1}$  de phytigel®, pH ajustados em 5,8 e autoclavados a  $121 \text{ }^\circ \text{C}$  ( $1 \text{ kg cm}^{-2}$ ) durante 20 minutos, sem adição de hormônio vegetal. As microestacas inoculadas foram mantidas em sala de crescimento com fotoperíodo de 16 horas, temperatura de  $27 \pm 1 \text{ }^\circ \text{C}$  e densidade de fluxo de fótons de  $22 \mu\text{E m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  (Figura 3I).

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com 25 repetições. Após 60 dias da inoculação da microestaca, as seguintes variáveis foram avaliadas: número de gemas (NG), comprimento da brotação (CB), número de folhas (NF), coloração da folha (COR) e desenvolvimento da microestaca (ESCDDES) (Tabela 2). A variável NG foi obtida através de contagem direta do número de gemas viáveis e a variável CB foi medida com o auxílio de uma régua milimetrada.

Macronutrientes	MS	½MS
	mg L <sup>-1</sup>	
CaCl <sub>2</sub> .2H <sub>2</sub> O	440,00	220,00
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	170,00	85,00
KNO <sub>3</sub>	1900,00	950,00
MgSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	370,00	185,00
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	1650,00	825,00
Micronutrientes	mg L <sup>-1</sup>	
CoCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O	0,025	0,0125
CuSO <sub>4</sub> .5H <sub>2</sub> O	0,025	0,0125
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	6,20	3,10
KI	0,83	0,415
MnSO <sub>4</sub> .4H <sub>2</sub> O	22,30	11,15
H <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> .H <sub>2</sub> O	0,25	0,125
Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O	8,60	4,30
ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	27,80	13,90
Fe(SO <sub>4</sub> ).7H <sub>2</sub> O	37,20	18,60
Orgânicos	mg L <sup>-1</sup>	
Ácido nicotínico	0,50	0,25
Glicina	2,00	1,00
Mio-inositol	100,00	50,00
Piridoxina	0,50	0,25
Tiamina	0,10	0,05

Tabela 1. Composição do meio MS completo e com metade da concentração ½MS para macronutrientes, micronutrientes e compostos orgânicos do meio Murashige e Skoog (MS).





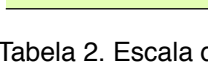
Escala de Cores	Número	Identificação	Escala de Desenvolvimento	Número
	5	verdes escuras	Planta completa (folhas e raízes)	5
	4	verdes médias	Planta regenerada e alongada	4
	3	verdes claras	Brotos com folhas expandidas	3
	2	verde-amareladas	Formação de Brotos	2
	1	amareladas	Gema vigorosa	1

Tabela 2. Escala de cores e desenvolvimento da plântula com respectivos números atribuídos.

Os dados foram analisados utilizando o software estatístico SAS® on demand (SAS, 2018). A hipótese da normalidade foi testada pelo teste de Shapiro-Wilk, utilizando o teste F na análise de variância, a 5% de probabilidade, para detectar a diferença entre os fatores (meios) e comparar as médias quando encontrada diferença significativa. As análises descritivas, bem como os gráficos ilustrativos foram realizadas utilizando o software Excel Microsoft.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a estatística descritiva, as sementes de *P. tenuifila* apresentaram média da massa da semente igual a 7,14 mg, enquanto a espessura, largura e comprimento tiveram médias de 1,57; 2,48 e 3,91 mm, respectivamente (Tabela 3).

<b>Estatística Descritiva</b>	<b>MS (mg)</b>	<b>ES (mm)</b>	<b>LS (mm)</b>	<b>CS (mm)</b>
Média aritmética	7,138	1,570	2,481	3,910
Mínimo	4,900	1,350	1,860	3,140
Máximo	9,500	1,750	4,170	4,680
Variância	1,087	0,009	0,072	0,081
Desvio Padrão	1,043	0,093	0,269	0,285
Erro Padrão	0,104	0,009	0,027	0,029
CV (%)	14,609	5,919	10,863	7,292

Tabela 3. Estatística descritiva da caracterização biométrica das sementes de *P. tenuifila*.

MS(mg): Massa da semente; ES (mm): Espessura da semente; CS (mm): Comprimento da semente; LS (mm): Largura da semente.

O intervalo interquartilístico IQ (quartil 3 - quartil 1) da variável MS foi de 1,57 (7,90 - 6,33), para ES foi de 0,13 (1,64 - 1,51), para LS foi de 0,25 (2,59 - 2,34) e para CS foi de 0,39 (4,11 - 3,72), ou seja, o maior intervalo foi encontrado para variável MS que apresentou maior variabilidade dos dados em relação às outras variáveis, com coeficiente de variação (CV) de 14,60% ; o que traduz a maior dispersão dos dados, seguida por LS (10, 86%), CS (7,29%) e ES (5,91%). Pode-se notar, que todas as variáveis possuem distribuição normal, contudo somente as variáveis MS, ES e CS apresentaram simetria. Foram observados dois valores discrepantes na variável LS, o que visualmente causa uma distorção na figura; afetando a média dos dados, todavia não influencia o intervalo interquartilístico, consequentemente não interferiu neste estudo (Figura 3).

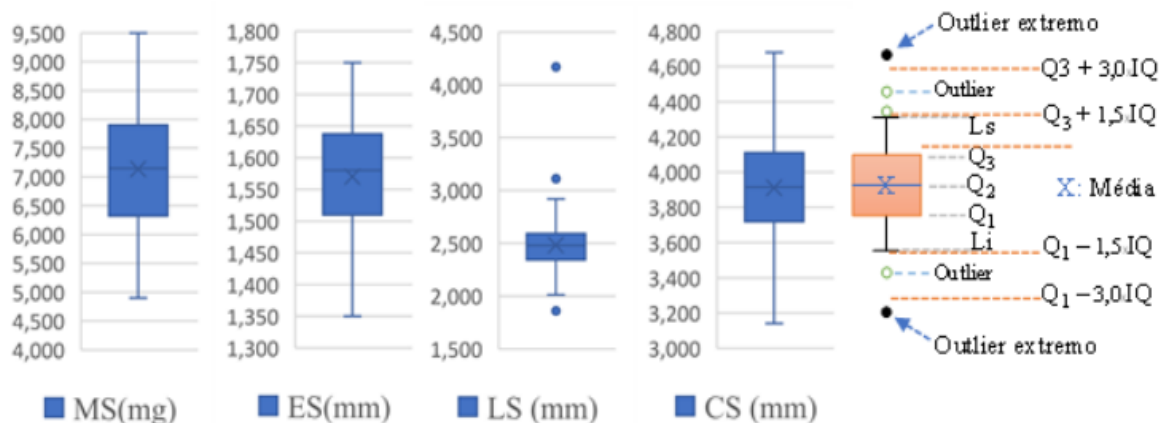


Figura 3. Boxplot das características biométricas de *P. tenuifila*. A- MS (Massa da semente mg); B- ES (Espessura da semente mm); C- LS (Largura da semente mm); D-CS (Comprimento da semente mm) de *P. tenuifila*. Ls: limite superior; Li: limite inferior;  $Q_1$ : quartil 1;  $Q_3$ : quartil 3;  $Q_2$  ou Md: mediana; X: média aritmética; IQ: intervalo interquartil ( $Q_3 - Q_1$ ); Outlier superior:  $>Q_3 + 1,5IQ$ ; Outlier inferior:  $<Q_1 - 1,5IQ$ ; Outlier extremo superior:  $>Q_3 + 3IQ$ ; Outlier extremo inferior:  $<Q_1 - 3IQ$ .

As sementes utilizadas para germinação foram as que estavam dentro do intervalo interquartil, ou seja, foram selecionadas 50% das sementes avaliadas com base nas três variáveis que apresentaram simetria (MS, ES e CS). Desta forma buscou-se maior homogeneidade na germinação.

Não foram encontrados trabalhos com caracterização biométrica nas sementes em *P. tenuifila*, porém, Da Silveira et al. (2019) realizaram a caracterização biométrica de frutos e sementes na espécie silvestre *P. cristalina*, constando valores de CV de 10,63% (ES), 4,92% (LS) e 4,99% (CS), com médias de 1,28; 3,24 e 4,92 para espessura, largura e comprimento, respectivamente. Moreno et al. (2015) caracterizando frutos e sementes da espécie comercial *P. edulis*, encontraram valores de CV de 6,94% (ES), 5,67% (LS) e 4,91% (CS), com médias de 1,88; 4,15 e 5,88; para espessura, largura e comprimento, respectivamente. Segundo Da Silveira et al. (2019), variações nas características morfológicas das sementes advêm principalmente da expressão gênica e da variabilidade genética existente nas populações de *Passiflora* associadas às condições ambientais locais.

De acordo com Gonçalves et al. (2013), o conhecimento da variação biométrica de sementes é importante para o fornecimento de informações para a conservação e exploração da espécie. Dessa forma, os resultados obtidos neste estudo servem como base para auxiliar na escolha de genitores que tenham características para manutenção fitossanitária de espécies comerciais, como também para manutenção de futuros programas de melhoramento genético (DA SILVEIRA et al., 2019).

Com base na análise de variância para o estabelecimento *in vitro* de *P. tenuifila*, as variáveis escala de desenvolvimento, número de gemas, comprimento de gemas,

número de folhas e cor das folhas apresentaram médias de 1,82; 1,49; 0,89; 2,84 e 2,30 respectivamente (Tabela 4).

Fontes de Variação	ESCDES	NG	CB	NF	COR
	p – valor				
Meios	0,5526 <sup>ns</sup>	0,2670 <sup>ns</sup>	0,3173 <sup>ns</sup>	0,6221 <sup>ns</sup>	0,7449 <sup>ns</sup>
Média Geral	1,82	1,49	0,89	2,84	2,30
CV (%)	60,79	67,69	24,42	45,81	33,46

Tabela 4. Análise de variância para escala de desenvolvimento (ESCDES), número de gemas (NG), comprimento de brotação (CB), número de folhas (NF) e coloração da folha (COR) no estabelecimento dos genótipos de *Passiflora tenuifila*. Ilha Solteira - SP, 2017.

ns não significativo a 5% de probabilidade pelo Teste F.

Conforme a estatística descritiva, as variáveis qualitativas apresentaram médias para a escala de desenvolvimento de (1,74) em (½ MS) e (1,89) em (MS), comprimento da brotação de (0,80) em ½ MS e (0,91) em MS, número de gemas de (1,35) ½ MS e (1,62) em MS, número de folhas de (2,67) em ½ MS e (2,94) em MS e coloração da folha de (2,26) em ½ MS e (2,32) em MS. Mesmo sem a ocorrência de diferença significativa entre os meios, o meio de cultura MS apresentou maiores resultados que o meio ½ MS para todas variáveis avaliadas (Tabela 5).

Estatística	ESCDES		CB		NG		NF		COR	
	½MS	MS	½MS	MS	½MS	MS	½MS	MS	½MS	MS
Média	1,74	1,89	0,80	0,91	1,35	1,62	2,67	2,94	2,26	2,32
Mínimo	0,00	0,00	0,50	0,50	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Máximo	4,00	4,00	1,00	1,00	5,00	5,00	6,00	5,00	3,00	4,00
Variância	0,93	1,49	0,08	0,04	0,78	1,24	2,00	1,53	0,50	0,67
Desvio Padrão	0,96	1,22	0,27	0,20	0,88	1,11	1,41	1,24	0,71	0,82
Erro Padrão	0,17	0,20	0,05	0,03	0,15	0,18	0,24	0,20	0,12	0,13
CV (%)	55,51	64,48	34,23	21,55	65,31	68,72	53,03	42,10	31,33	35,21

Tabela 5. Estatística descritiva para escala de desenvolvimento (ESCDES), comprimento da brotação (CB), número de gemas (NG), número de folhas (NF) e coloração da folha (COR), em meio de cultivo ½MS e MS, no estabelecimento de *Passiflora tenuifila*. Ilha Solteira - SP, 2017.

O intervalo interquartilício IQ (quartil 3 - quartil 1) da variável ESCDES foi de 1,3 (2,3 - 1,0) com ½ MS e de 2,0 (3,0 - 1,0) com MS para CB foi de 1,5 (10,0 - 8,5) com ½ MS, para NG foi de 1,0 (2,0 - 1,0) com MS, para NF foi de 1,0 (3,0 - 2,0) com ½ MS e 2,2 (4,0 - 1,8) com MS e COR foi de 1,0 (3,0 - 2,0) com ½ MS e 1,0 (3,0 - 2,0) com MS, ou seja, o maior intervalo foi encontrado para a variável NG que apresentou maior variabilidade dos dados em relação às outras variáveis, com

coeficiente de variação (CV) de (68,72%) MS e (65,31%) ½ MS; o que traduz a maior dispersão dos dados, seguida por ESCDES de (64,48% ) MS e (55,51%) ½ MS, NF de (53,03%) ½ MS e (42,10%) MS , COR de (35,21%) MS e (31,33%) ½ MS e CB de (34,23%) ½ MS e (21,55%) MS. Foram observados valores discrepantes nas variáveis CB, NG e NF, causando alterações na figura; influenciando a média dos dados, sem influenciar o intervalo interquartil, portanto não houve interferência no estudo (Figura 4).

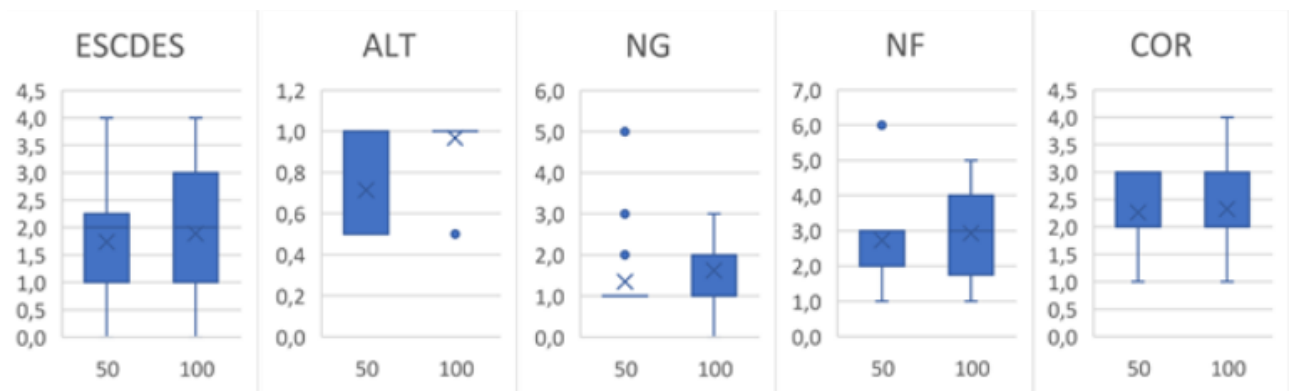


Figura 4. Boxplot para escala de desenvolvimento (ESCDES), número de gemas (NG), comprimento da brotação (CB), número de folhas (NF) e coloração da folha (COR) no estabelecimento dos genótipos de *Passiflora tenuiflora*. Ilha Solteira - SP, 2017.

Os valores médios para a escala de desenvolvimento *in vitro* dos segmentos nodais de *P. tenuiflora* demonstraram valores em torno de (1,74) para o meio ½ MS e de (1,89) para o meio MS (Tabela 5), demonstrando que esses meios proporcionaram o desenvolvimento adequado para formação de brotos conforme o estabelecido na escala de desenvolvimento proposto neste estudo (Tabela 2).

Segundo Monfort et al. (2015), não há uma formulação padrão para os meios de cultivo *in vitro*, mas o meio MS (Murashige e Skoog, 1962), na sua formulação original ou com modificações e diluições, tem sido utilizado com sucesso para várias espécies. Neste estudo, o meio de cultura MS, em sua formulação original, proporcionou a indução de brotações de *P. tenuiflora* com número médio de gemas de (1,35) para o meio ½ MS e de (1,62) para o meio MS (Tabela 5).

No entanto, alguns autores só conseguiram induzir brotações e estabelecer um protocolo para regeneração *in vitro* via organogênese de espécies silvestres de maracujazeiro, como a *P. miniata* (CARVALHO et al., 2019) e *P. foetida* (SHEKHAWAT et al., 2015), por meio de modificações do meio MS com a suplementação exógena de reguladores de crescimento de plantas, demonstrando assim, que o meio MS básico é suficiente para o estabelecimento *in vitro* de espécies silvestres *P. tenuiflora*.

Faria et al. (2007), avaliando a influência de meios de cultura MS no estabelecimento e crescimento em espécies de maracujazeiro, observaram, para

a variável CB, valores satisfatórios de (3,20) no MS em *P. giberti* e (1,79) no meio  $\frac{1}{2}$  MS em *P. edulis*. Contudo, na tabela 5, ambos os meios com valores de (0,91) em MS e (0,80) em  $\frac{1}{2}$  MS, não apresentaram valores satisfatórios no alongamento das brotações quando comparado a valores médios de CB para outras espécies de *Passiflora*.

O baixo desenvolvimento das brotações de *P. tenuifila* pode estar relacionado a fisiologia da própria espécie, tendo em vista que as respostas fisiológicas das espécies são variadas (TAIZ et al., 2017). Gutiérrez et al. (2011) relatam que o efeito genotípico no alongamento das brotações de uma espécie pode ser influenciada pelas diferenciações das concentrações de hormônios endógenos.

Em relação ao número de folhas formadas ao final do processo de análise, foram observadas médias de (2,66) para o meio de cultura  $\frac{1}{2}$  MS e (2,91) para o meio MS (Tabela 5). A formação de folhas indica que os tecidos de *P. tenuifila* apresentam exigências de concentrações próximas ao meio MS e respondem de maneira positiva a esse meio de cultura no estágio de desenvolvimento avaliado. Tendo em vista que a indução ou a inibição dos processos morfogenéticos *in vitro* dependem do balanço e da interação entre as substâncias que compõem o meio de cultivo (MONFORT et al., 2015).

Embora os explantes da espécie *Passiflora tenuifila* tenham respondido de forma similar em ambas as concentrações de sais minerais e nutrientes provenientes do meio de cultura (Tabela 5), com base nas variáveis analisadas, é possível observar que a fisiologia desta espécie permite a organogênese em meio de cultura com concentração reduzida sem afetar estatisticamente os processos morfogenéticos. Deste modo, o uso do meio  $\frac{1}{2}$  MS se torna vantajoso em relação ao uso do meio MS, uma vez que a produção do meio diluído apresenta menor custo e seu uso acarreta uma menor incidência de contaminações, devido às menores concentrações de carbono e nitrogênio (BARROSO e NAHAS, 2008).

Apesar do meio de cultivo MS ser o mais utilizado, principalmente em trabalhos de multiplicação de diversas espécies, pode ser que este meio não seja satisfatório em alguns casos, principalmente quando o material a ser introduzido apresenta maiores exigências em relação às composições ou necessita de composições mais diluídas para ter melhor desempenho. Neste caso, pode ser uma alternativa recorrer a outras formulações de meio de cultivo, a exemplo do WPM que na formulação básica contém 25% das concentrações de íons nitrato e amônia do meio MS, além de uma maior concentração de potássio e um alto nível de íons sulfato (WERNER et al., 2010), ou recorrer a outras concentrações do meio MS (como foi utilizado neste trabalho), podendo realizar também algumas correções, de acordo com a necessidade de cada espécie.

Apesar dos estudos com micropropagação em *Passiflora* concentrarem-se

basicamente em espécies comerciais como a *P. edulis* Sims e a *P. alata* Curtis, nos últimos anos, mediante a importância genética, ecológica, ornamental, medicinal e fitopatogênica de espécies silvestres de *Passifloras*, estão sendo realizados estudos na área de cultura de tecidos com essas espécies em todo o mundo. Dentre esses estudos, trabalhos com a *P. tenuifila* descrevendo protocolos completos ou partes deles já são possíveis de serem encontrados na literatura (Tabela 6).

Título	Sistema de cultivo	Conclusões
Cultura <i>in vitro</i> e Análise Fitoquímica de <i>Passiflora tenuifila</i> Killip e <i>Passiflora setacea</i> DC (Passifloraceae) (SOZO <i>et al.</i> , 2016)	Indução de calo a partir de caule, hipocótilo, nó cotiledonar, nó foliar e cotilédones oriundos de germinação <i>in vitro</i> e <i>ex vitro</i> em meio de cultivo MS + 59 ou 88.5 mM sacarose, glicose ou frutose + 2,5 µM 2,4-D + 1.25 ou 2.5 µM NAA.	Os protocolos otimizados de micropropagação e cultura de calos têm grande potencial para técnicas de cultura de tecido, para propagação vegetativa, conservação <i>in vitro</i> de germoplasma e produção de metabólitos.
Propagação, estabelecimento <i>in vitro</i> e tamanho de parcelas experimentais de espécies de maracujazeiro (PIGARI, 2018).	Estabelecimento <i>in vitro</i> a partir de microestacas, oriundas de germinação <i>ex vitro</i> . Em meio MS com 50% das concentrações de sais + 30 g L <sup>-1</sup> de sacarose + 6 g L <sup>-1</sup> de Ágar, com pH de 5,8.	Os resultados mostraram que <i>P. tenuifila</i> se adaptou bem ao protocolo utilizado.
Produção de fenólicos, flavonoides e potencial antioxidante de extrato de calos de <i>Passiflora setacea</i> e <i>Passiflora tenuifila</i> (Passifloraceae) cultivados <i>in vitro</i> (PERDOMO, 2016).	Indução de calo a partir de sementes e caule de plântulas, em meio MS + 59 ou 88,5 mM sacarose, glicose ou frutose + 0,2% de Phytigel para o estabelecimento de plântulas + 2,4 de 2,4-D ou 2,5 µM de ANA para a indução de calos + 1,25 µM de AIB para manutenção <i>in vitro</i> .	Os níveis de flavonoides, fenólicos e atividade antioxidante, indicam grande potencial de aplicação da abordagem biotecnológica para a produção <i>in vitro</i> de compostos, e contribuir na conservação de germoplasma, indústrias nutraceuticas e farmacêuticas.
Germinação de sementes de <i>Passiflora tenuifila</i> Killip e <i>P. setacea</i> DC. e cultura <i>in vitro</i> de <i>P. tenuifila</i> (Passifloraceae) (CRUZ, 2016)	Estabelecimento <i>in vitro</i> a partir de sementes embebidas em solução de GA3. Inoculadas em meio MS suplementado com 88,5 mM de glicose, 0,2% de Phytigel™ e 1,25 µM AIB (ácido indolbutírico).	O Protocolo é eficaz para o desenvolvimento de microplantas <i>in vitro</i> , que permitirão a adoção de abordagens biotecnológicas de conservação <i>in vitro</i> de germoplasma de <i>P. tenuifila</i> .
Cultura <i>in vitro</i> a partir de sementes maduras de espécies de <i>Passiflora</i> . (GUZZO <i>et al.</i> , 2004)	Cultivo <i>in vitro</i> de embriões em meio MS + 2%, 3% ou 6% sacarose + 2,25 ou 13,6 µmolL <sup>-1</sup> 2,4-D + 9,3 µmol L <sup>-1</sup> cinetina + 0,8% ou 0,9% Agar + 1,0 µmol L <sup>-1</sup> NAA + 1,0 µmol L <sup>-1</sup> GA3+ 1,1 µmol L <sup>-1</sup> 6BAP +1,4 µmol L <sup>-1</sup> IAA + 2,46 µmol L <sup>-1</sup> IBA.	A cultura embrionária é uma possível estratégia para se obter plantas de <i>Passiflora</i> , visto que permite a produção de calos de 29 espécies e regeneração de 13 delas.

Tabela 6. Protocolos de organogênese desenvolvidos e em desenvolvimento para espécies de *Passiflora*.

Vale ressaltar que na maioria desses trabalhos listados (Tabela 6) são utilizados aditivos ou a via de regeneração não é a organogênese direta, fato que poderia contribuir para perda do material genético e causar variantes somaclonais. Pacheco *et al.*, (2016), relata que a organogênese é a via morfogenética predominante



observada em *Passiflora*. Por via direta, é a melhor maneira de garantir que a preservação do genótipo. Pois, é um sistema de regeneração baseado na formação de órgãos adventícios que resulta na geração de uma estrutura unipolar com conexão vascular ao explante original (DE CARVALHO et al., 2017). Há na literatura relatos de protocolos de estabelecimento utilizando explantes de segmentos nodais para indução de organogênese em outras espécies de *Passiflora*, como *P. foetida* (SHEKHAWAT et al., 2015), *P. giberti*, *P. edulis* e *P. laurifolia* (FARIA et al., 2007).

#### 4 | CONCLUSÃO

As informações biométricas das sementes *P. tenuifila* poderão auxiliar pesquisas futuras em quaisquer áreas de interesse, principalmente em virtude do potencial fitossanitário desta espécie.

A propagação *in vitro* de *Passiflora tenuifila* é possível utilizando-se o segmento nodal como fonte de explante, em meio de cultura MS, em concentrações de 50 e 100%.

A fisiologia desta espécie permite a organogênese em meio de cultura com concentração reduzida sem afetar os parâmetros avaliados.

A utilização do meio ½ MS se mostrou viável para o estabelecimento *in vitro* da espécie estudada em virtude da redução dos custos na produção do meio MS, sem o comprometimento no desenvolvimento e na qualidade das plantas.

#### REFERÊNCIAS

- BARROSO, C. B.; NAHAS, Ely. **Solubilização do fosfato de ferro em meio de cultura**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 2008, v. 43, n. 4, p. 529-535.
- BERNACCI, L. C. et al. ***Passifloraceae* in lista de espécies da flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2013.
- CAMPOS, N. A., PANIS, B., CARPENTIER, S. C. **Somatic Embryogenesis in Coffee: The Evolution of Biotechnology and the Integration of Omics Technologies Offer Great Opportunities**. Frontiers in plant science, 2017, v.8, p:1-12. 2017.
- CARVALHO, P. P. de et al. ***In Vitro* Organogenesis from Root Explants of *Passiflora miniata* Mast., an Amazonian Species with Ornamental Potential**. Brazilian Archives of biology and technology, v. 62, e19170803, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-4324-2019170803>
- CRUZ, D. C. (2016). **Germinação de sementes de *Passiflora tenuifila* Killip e *Passiflora setacea* DC. e cultura *in vitro* de *Passiflora tenuifila* (*Passifloraceae*)**. (Monografia da Graduação). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis-SC.
- DA SILVEIRA, G. F. et al. **Análise biométrica de frutos e sementes de *Passiflora cristalina* Vanderplank & Zappi**. Nativa, Sinop, 2019., v. 7, n. 2, p. 138-144.
- DE CARVALHO, P. P. et al. **Regeneração *in vitro* de *Passiflora miniata* Mast**. Ornamental

Horticulture, 2017, v. 23, n. 1, p. 88-95.

DIANESE, A. C.; SUSSEL, A. A. B.; GUIMARÃES, T. G.; COSTA, A. M.; JUNQUEIRA, N. T. V. **Doenças dos maracujazeiros silvestres *Passiflora tenuifila*, *Passiflora setacea* e *Passiflora alata* em Planaltina, DF.** Embrapa Cerrados, 2017, p. 23. (Documento 344).

DUTRA, L. F.; WENDLING, I.; BRONDANI, G. E. **A micropropagação de eucalipto.** Pesquisa Florestal Brasileira, Colombo, 2009, n. 58, p. 49-59.

ELHITI, M., STASOLLA, C., WANG, A. **Molecular regulation of plant somatic embryogenesis.** In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant. 2013, v. 49, issue 6, p.631-642. 2013.

FARIA, G. A. et al. **Meio de cultura e tipo de explante no estabelecimento *in vitro* de espécies de maracujazeiro.** Bragantia, 2007, v. 66, n. 4, p. 535-543.

GOLLO, A. L.; SILVA, A. L. L.; LIMA, K. K. D.; COSTA, J. L.; CAMARA, M. C.; BIASI, L. A.; RODRIGUES, C.; VANDENBERGHE, L. P. S.; SOCCOL, V. T.; SOCCOL, C. R. **Developing a plant culture medium composed of vinasse originating from *Haematococcus pluvialis* culture.** Pakistan Journal of Botany, 2016, v. 48, p. 295-303.

GONÇALVES, L. G. V. et al. **Biometria de frutos e sementes de mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes) em vegetação natural na região leste de Mato Grosso, Brasil.** Revista de Ciências Agrárias, 2013, v. 36, n. 1, p. 31-40.

GUTIÉRREZ, I. E. M. et al. **Regeneração *in vitro* via organogênese direta de *Bauhinia cheilantha*.** Ciência Rural, Santa Maria, 2011, v. 41, n. 2, p. 260-265.

GUZZO, F. et al. **In vitro culture from mature seeds of *Passiflora* species.** Scientia Agricola, 2004, v. 61, n. 1, p. 108-113.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Produção Agrícola Municipal.** 2018. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 23 fev. 2020.

LIMA, H. C. et al. **Indicadores de maturação para definição de ponto de colheita do maracujá selvagem (*Passiflora tenuifila*) cultivado na região de cerrado.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 21., Natal, 2010. Frutas: saúde, inovação e responsabilidade - anais. Natal: SBF, 2010.

LLOYD, G.; McCOWN, B. **Commercially-feasible micropropagation of Mountain laurel, *Kalmia latifolia*, by use of shoot tip culture.** International Plant Propagation Society Proceedings, v. 30, n. 1, p. 421-427, 1980.

MADALENA, J. O.; COSTA, A. M.; LIMA, H. C. **Avaliação de usos e conhecimentos de maracujás nativos como meio para definição de estratégias de pesquisa e transferência de tecnologia.** Cadernos de Ciência & Tecnologia, v. 30, p. 33-53, 2013.

MONFORT, L. E. F. et al. **Micropropagação e germinação de sementes in vitro de atroveran.** Revista Ceres, 2015, v. 62, n. 2, p. 215-223.

MORENO, E. C. et al. **Caracterização morfométrica de frutos e sementes do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* Sims f. *Flavicarpa* Degener).** Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer, 2015. v.11 n.21, p. 2975-2983.

MURASHIGE, T.; SKOOG, F.; **A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures.** Physiologia Plantarum, 1962. v. 15, n.1, 473-497.

- OLIVEIRA, L. S.; DIAS, P. C.; BRONDANI, G. E. **Micropropagação de espécies florestais brasileiras**. Pesquisa Florestal Brasileira, 2013. v. 33, n. 76, p. 439-453.
- PACHECO, Georgia et al. **In vitro conservation of *Passiflora* - A review**. Scientia Horticulturae, v. 211, p. 305-311, 2016.
- PERDOMO, I. C. (2016). **Produção de fenólicos, flavonoides e potencial antioxidante de extrato de calos de *Passiflora setacea* e *Passiflora tenuifila* (*Passifloraceae*) cultivados in vitro** (Dissertação de mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC.
- PEREIRA, R.; DA SILVEIRA, M. R. S.; COSTA, A. M. **Maracujá silvestre (*Passiflora tenuifila* Killip): aspectos agrônômicos e características dos frutos**. Embrapa Cerrados-Comunicado Técnico (INFOTECA-E), 2017.
- PIGARI, L. B.; (2018). **Propagação, estabelecimento in vitro e tamanho de parcelas experimentais de espécies de maracujazeiro**. (Dissertação de Mestrado) e Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP, Ilha Solteira-SP.
- PREISIGKE, S.C. et al. **Seleção precoce de espécies de *Passiflora* resistente a fusariose**. Summa phytopathol., Botucatu. Dec. 2017 v. 43, n. 4, p. 321-325.
- QUISEN, R. C.; ANGELO, P. C. S. **Manual de procedimentos do laboratório de cultura de tecidos da Embrapa Amazônia Ocidental**. AM: Manaus. 2008, p.44. (Documento 61).
- SCHUCH, M. W.; ERIG, A. C. Micropropagação de Planta Frutíferas. In: FACHINELLO, J. C.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J. C. **Propagação de plantas frutíferas**. Brasília: Embrapa, 2005. Cap. 8, p. 155-173.
- SHEKHAWAT, Mahipal S. et al. **In vitro regeneration of shoots and ex vitro rooting of an important medicinal plant *Passiflora foetida* L. through nodal segment cultures**. Journal of Genetic Engineering and Biotechnology. 2015, v. 13, n. 2, p. 209-214.
- SAS Institute Inc. 2018. Base SAS® 9.3 Procedures Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc.
- SOZO, J. S. et al. **In Vitro Culture and Phytochemical Analysis of *Passiflora tenuifila* Killip and *Passiflora setacea* DC (*Passifloraceae*)**. In: **Protocols for In Vitro Cultures and Secondary Metabolite Analysis of Aromatic and Medicinal Plants**. Humana Press, New York, NY, 2016. p. 13-30.
- TAIZ, L. et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6, ed, Porto Alegre: Artmed, 2017, 858p.

## ESTUDO DA CINÉTICA DE SECAGEM DO CAPIM SANTO (*Cymbopogon citratus*)

Data de aceite: 12/05/2020

Data de submissão: 12/02/2020

**Claudiana Queiroz Gouveia**

João Pessoa – PB

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

**Joana Angélica Franco Oliveira**

João Pessoa – PB

<http://lattes.cnpq.br/5819741454175078>

**Manoel Teodoro da Silva**

João Pessoa – PB

<http://lattes.cnpq.br/9234559176530289>

**Quissi Alves da Silva**

João Pessoa – PB

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

**Josilene de Assis Cavalcante**

João Pessoa – PB

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

**Karina Soares do Bonfim**

João Pessoa – PB

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

**Clóvis Queiroz Gouveia**

João Pessoa – PB

<http://lattes.cnpq.br/7878321138893398>

**Amanda Silva do Carmo**

João Pessoa – PB

<http://lattes.cnpq.br/8384752772936470>

**Carolina Zanini Oliveira**

João Pessoa – PB

<http://lattes.cnpq.br/1420016536271897>

**RESUMO:** A espécie *Cymbopogon citratus*, conhecida como capim-santo, capim-limão ou erva-cidreira, é uma erva aromática com propriedades medicinais que pode ser utilizada como calmante, sedativo, repelente de insetos, no tratamento de diabetes, úlcera e problemas gastrointestinais. Seu principal uso se dá por meio de chá. Nas espécies medicinais, a secagem é uma operação unitária de preparação para o armazenamento a fim de atender às necessidades da indústria que não tem estrutura para usar as plantas frescas nas quantidades exigidas. O presente trabalho objetivou obter a cinética de secagem das folhas do capim santo. As folhas foram secas em secador de leito fixo nas condições controladas de temperatura, 50°C e 65°C, com diferentes velocidades do ar de secagem. Foi observado que o aroma característico das folhas foi mantido, entretanto o processo de secagem proporcionou o escurecimento das folhas. Observou-se também que para a temperatura de 65°C e velocidade do ar de secagem de 2,2 m/s, a umidade do material em base seca foi de aproximadamente 0,25 em 50 min de secagem, nesse mesmo tempo, à temperatura de 50°C se tem umidade em base seca de 1,5. Por fim, concluiu-se que o aumento da temperatura acompanhado do aumento da velocidade do ar

favoreceu a redução do tempo de secagem do material.

**PALAVRAS-CHAVE:** Chá, escurecimento, secagem convectiva.

### STUDY OF THE DRYING KINETICS OF LEMONGRASS (*Cymbopogon citratus*)

**ABSTRACT:** The species *Cymbopogon citratus*, known as lemongrass or oilgrass, is an aromatic herb. It can be used as a tranquilizer, sedative, insect repelente, to treat gastrointestinal and ulcer problems, besides diabetes. Its main use is through the tea obtained from the leaves. In medicinal species, drying is a unit operation of preparation for storage of the herb in order to meet the needs of the industry that has no structure to use fresh plants in the required quantities. The present work aimed to obtain the drying kinetics of the lemongrass leaves. The leaves were dried in a fixed bed dryer under controlled temperature conditions, 50 °C and 65 °C, with different drying air speeds. It was observed that the characteristic aroma of the leaves was maintained, however the drying process caused the leaves to get darker; it was also observed that, for the temperature of 65 °C and the drying air speed of 2.2 m/s, the humidity, on a dry basis, was, approximately, 0.25 in 50 min of drying. At the same time, at temperature of 50 °C, the humidity on a dry basis was one of 1.5. It was concluded that the increase in temperature accompanied by the increase in air speed favored the reduction of the drying time of the material.

**KEYWORDS:** Tea, darkening, convective drying.

## 1 | INTRODUÇÃO

As plantas medicinais vêm obtendo um lugar cada vez maior no âmbito comercial sejam plantas usadas para fins alimentares, farmacêuticos ou estéticos (cosmético), devido à complexidade e inúmeras características químicas dos seus componentes. Com isso o uso de produtos naturais no Brasil, como em outros países tem aumentado constantemente (MELO et al., 2001).

O Brasil possui uma farmacopeia popular muito diversa baseada em plantas medicinais, resultado de uma miscigenação cultural envolvendo africanos, europeus e indígenas, com introdução de espécies exóticas pelos colonizadores e escravos. Além disso, o país possui a maior diversidade vegetal do planeta, aproximadamente 55 mil espécies de plantas superiores (SANTOS et al, 2014).

A espécie *Cymbopogon citratus*, pertence à família Poaceae, originária da Índia é amplamente cultivada em países de clima tropical e subtropical e se desenvolve bem em praticamente todo o Brasil. Popularmente conhecida como capim-limão, erva-cidreira ou capim-santo, é uma erva aromática cujas folhas contêm, em sua composição química, o óleo essencial encontrado em células oleríferas, o citral, composto antimicrobiano e antifúngico eficaz na inibição e destruição de micro-

organismos, mircenos, responsável pela ação analgésica, mentol, limoneno, linalol, flavonóides e alcaloides, que possuem o poder de inibição da coagulação sanguínea. Pode ser aplicado de diversas formas, como calmante, sedativo, em problemas gastrointestinais, repelente de insetos tratamento de diabetes e úlcera (FERREIRA e FONTELES, 1989; SOUZA et al., 2004; MARTINAZZO et al., 2007).

Para as espécies medicinais a secagem é uma operação unitária de preparação para o armazenamento a fim de atender às necessidades da indústria farmacêutica de fitoterápicos, que não tem estrutura para usar as plantas frescas nas quantidades exigidas para a produção industrial (MARTINAZZO et al., 2007). São inúmeras as vantagens de se utilizar o processo de secagem, como: a facilidade na conservação do produto, proteção contra degradação enzimática e oxidativa, redução do peso do produto e a economia de energia por não necessitar de refrigeração (SANTOS; BONOMO; CHAVES, 2010).

Com a redução da água disponível, conseqüentemente serão reduzidas a atividade de água e a velocidade das reações químicas no produto, bem como o desenvolvimento de microrganismos (MARTINAZZO et al., 2007).

A análise da cinética de secagem fornece informações sobre o comportamento da transferência de massa entre o material e o agente de secagem, normalmente o ar atmosférico, o qual é de fundamental importância para o projeto e simulação de secadores (GUEDES e FARIA, 2000).

O presente trabalho teve como objetivo o estudo da cinética de secagem do capim santo (*Cymbopogon citratus*) em leito fixo, avaliando a influência de diferentes temperaturas e fluxos de ar para secagem.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Engenharia de Alimentos (LEA), no *Campus I* da Universidade Federal da Paraíba (UFPB). As análises físicas e físico-químicas da matéria seca foram conduzidas no Laboratório de Termodinâmica.

### 2.1 Obtenção da matéria prima

A matéria-prima utilizada foi uma amostragem de folhas de capim santo (*Cymbopogon citratus*) adquiridas na horta do Centro de Biotecnologia no próprio *campus I* da UFPB.

### 2.2 Processo de secagem e determinação da cinética

As folhas foram submetidas à seleção, retirando os talos e as partes ressecadas, e lavadas em água corrente. Foram padronizadas com comprimento médio de 12,5

cm e dispostas em bandejas com orifícios para uso no secador de circulação de ar forçado, com leito fixo e fluxo de ar ascendente sob quatro condições controladas de temperatura e velocidade: 50°C ( $\pm 1^\circ\text{C}$ ) com velocidades de 0,56 m/s e 2,66 m/s e 65°C ( $\pm 1^\circ\text{C}$ ) com velocidades de 0,53 m/s e 2,2 m/s.

O fluxo do ar foi monitorado, com um anemômetro de fio quente (modelo AK833), no secador até velocidade constante antes do início do experimento. As amostras foram pesadas em balança analítica (modelo THB-600) intercaladamente em intervalos pré-determinados de 5, 10, 20, 30 e 60 minutos, até obtenção do equilíbrio dinâmico, conforme a aproximação dos resultados na pesagem.

### 2.3 Determinação da umidade via base seca ( $X_{bs}$ )

A umidade em base seca das amostras de folhas de capim santo foi obtida pelo processo de aquecimento direto da amostra em estufa a 105°C por 24h conforme descrito por AOAC (2005). A determinação foi realizada em triplicata.

### 2.4 Determinação da atividade de água ( $A_w$ )

A atividade de água ( $A_w$ ) foi realizada para a amostra *in natura* e amostra seca através da leitura direta no medidor de atividade de água Novasina LabMaster-aw, seguindo as recomendações da AOAC (2005).

### 2.5 Determinação do pH

Para determinação do pH as amostras *in natura* e seca foram diluídas na proporção de 0,5 gramas da amostra em 10 mL de água destilada. O índice de pH foi obtido por potenciômetro (modelo: mPA-210), calibrado com tampões de pH 7,0 e pH 4,0, segundo a metodologia descrita por AOAC (2005). A determinação foi feita em triplicata.

### 2.6 Determinação da acidez total titulável (ATT)

A acidez total titulável (ATT) foi determinada segundo metodologia descrita na AOAC (2005), mediante titulação com NaOH a 0,1N, sendo expressa em porcentagem. A determinação foi realizada em triplicata.

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

As folhas do capim santo (*Cymbopogon citratus*), antes (*in natura*) e após a secagem nas temperaturas de 50° e 65°C, podem ser observadas na Figura 1. Onde pode ser verificada pequena alteração na coloração, de verde para levemente amarronzada e a redução das dimensões das folhas devido o processo de retirada do teor de água livre no processo de secagem.



Figura 1. Folhas de capim santo: (A) antes da secagem e após a secagem (B) a 50 °C e (C) a 65°C.

Apesar da leve alteração na coloração das folhas de capim santo após a secagem, as mesmas mantiveram o aroma característico.

Na Tabela 1 estão apresentados os resultados obtidos nas análises de atividade de água (aw), pH, e acidez total titulável (ATT) das folhas *in natura* e secas.

Amostra	aw	pH	ATT
Folhas de capim santo <i>in natura</i>	0,9927	5,32 ± 0,02	3,86 ± 0,27
Folhas de capim santo seco	0,6968	5,66 ± 0,04	13,63 ± 0,72

Tabela 1. Resultados das análises de aw, pH e ATT para as folhas de capim santo.

Pela Tabela 1 é possível observar que o valor de acidez das folhas aumentou consideravelmente. Os valores de pH evidenciados para as amostras *in natura* e seca foram respectivamente de 5,32 e 5,66, portanto não são considerados restritivos ao desenvolvimento de microrganismos como fungos e bactérias apesar de serem levemente ácidos.

Segundo a Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS), alimentos considerados potencialmente perigosos possuem pH entre 4,6 e 7,0. Porém, o pH não é o único fator determinante para contaminação e/ou deterioração dos alimentos. Os estudos científicos demonstraram que os alimentos levemente ácidos (com pH superior a 4,5) apresentam mais condições para o desenvolvimento de bactérias, incluindo as patogênicas, além de bolores e leveduras (ASSIS, 2014).

A atividade de água (Aw) encontrada foi 0,9927 para as folhas *in natura* e 0,6968 para as folhas secas, mostrando que as folhas *in natura* possuem alta concentração de umidade, podendo deteriorar-se rapidamente dependendo das condições de armazenamento. O teor de água livre é a forma preferencial de água usada pelos microrganismos. Quanto maior a Aw em um alimento, maior pode ser o desenvolvimento microbiano (ASSIS, 2014).



### 3.1 Cinética de secagem

Na Tabela 2, estão apresentados os dados de umidade de equilíbrio ( $X_{bs}$ ) e do tempo de secagem (t) para se atingir o equilíbrio dinâmico para as temperaturas e fluxos de ar utilizadas.

T (°C)	Velocidade do ar (m/s)	$X_{bs}$	t (horas)
50	0,56	0,3049	4 h e 40 min
	2,66	0,3846	
65	0,53	0,1345	3 h e 15 min
	2,20	0,1564	

Tabela 2. Valores de umidade ( $X_{bs}$ ) e tempo de secagem (t) para as folhas de capim santo.

Pela Tabela 2 pode ser observado que o aumento da temperatura proporcionou uma diminuição do tempo para se atingir o equilíbrio entre a umidade da amostra e a umidade do ar de secagem. Para a temperatura de secagem de 50°C o processo estabilizou com teor de água ( $X_{bs}$ ) variando entre 0,30 e 0,38, com velocidade do ar de 2,66 e 0,56 m/s respectivamente, durante 4 horas e 40 minutos. Para a temperatura de 65°C o teor de água ( $X_{bs}$ ) variou entre 0,13 e 0,16, nas velocidades de 0,53 e 2,20 m/s respectivamente, processo que durou 3 horas e 15 minutos.

Durante o processo de secagem, o perfil cinético das folhas do capim santo foi avaliado através da redução da massa das folhas em função do tempo até o equilíbrio.

Na Figura 2 é mostrada a influência da velocidade do ar na curva da cinética de secagem a temperatura de 50°C, e na Figura 3 a influência da velocidade do ar na curva da cinética de secagem a temperatura de 65°C.

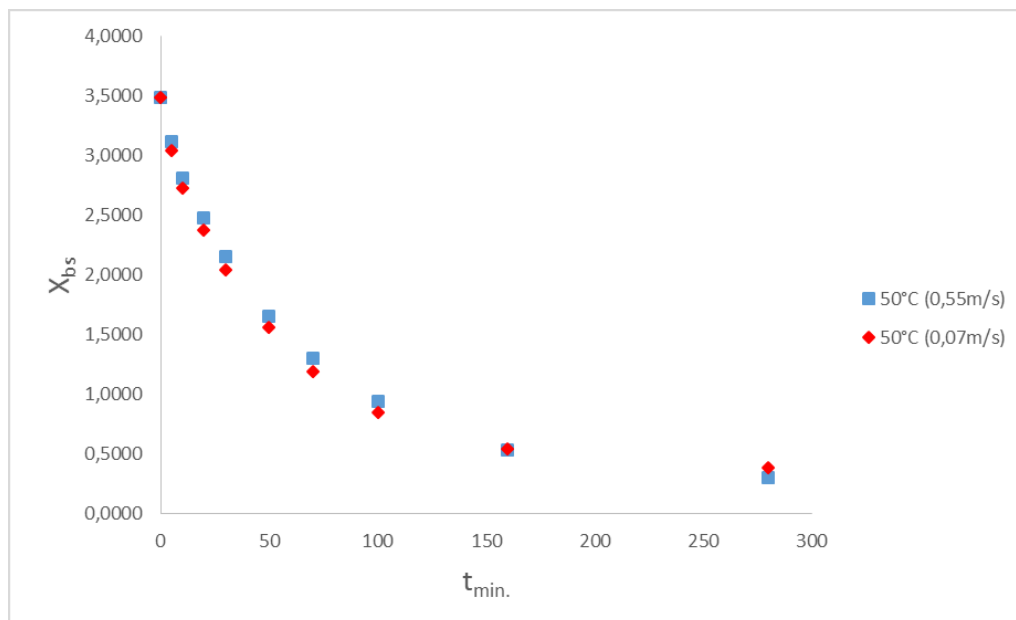


Figura 2. Influência da velocidade do ar na curva de cinética de secagem a temperatura de 50 °C.

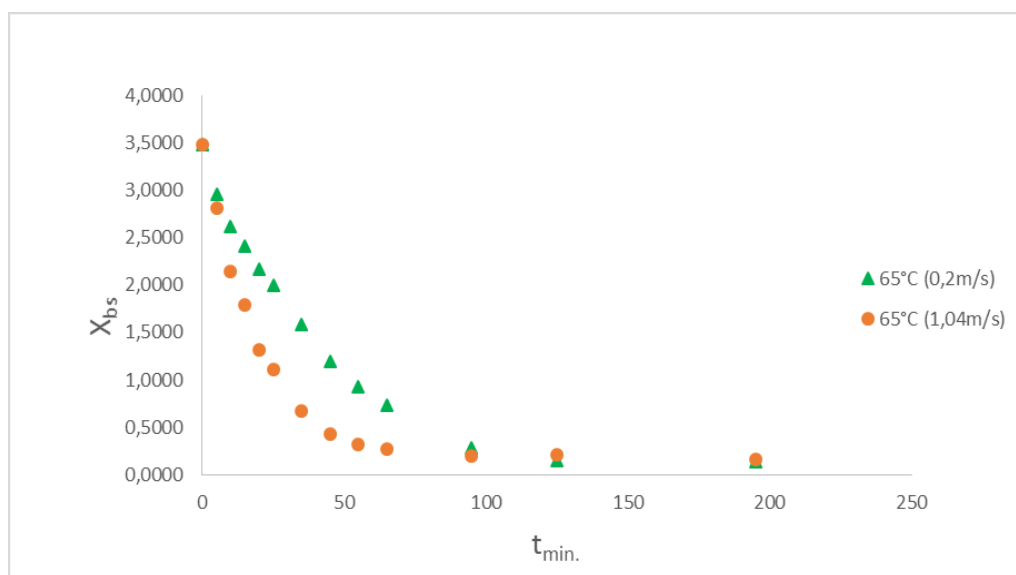


Figura 3. Influência da velocidade do ar na curva de cinética de secagem a temperatura de 65°C.

Na Figura 2 pode ser observado que a redução do teor de umidade ocorre com o tempo, continuamente para ambas as velocidades do ar utilizadas. A variação da velocidade do ar não influenciou na cinética de secagem a temperatura de 50°C.

Já na Figura 3, pode ser observado que para uma maior temperatura, o aumento da velocidade do ar promoveu uma diminuição no tempo de secagem até a condição de equilíbrio, redução essa em torno de 1 hora e 25 minutos.

Martinazzo (2007) obteve um teor de água em torno de 0,12 b.s., para o capim santo seco em secador de bandeja com temperatura controlada, o mesmo necessitou de 4 e 7 horas para as temperaturas de 60°C e 50°C, respectivamente.

Assim, foi verificado que a variação e controle da velocidade do ar utilizada em

ambas às temperaturas têm grande influência na redução do tempo de secagem das folhas do capim santo, favorecendo assim o processo.

## 4 | CONCLUSÕES

O aumento da temperatura de 50 para 65°C acompanhado do aumento da velocidade do ar favoreceu a redução do tempo de secagem de capim santo. Também foi observado que o processo de secagem das folhas do capim santo, proporcionou condições intrínsecas favoráveis a conservação do produto obtido.

## REFERÊNCIAS

AOAC INTERNATIONAL. **Official methods of analysis of AOAC International**. AOAC International, 2005.

ASSIS, L. **Alimentos seguros: ferramentas para gestão e controle da produção e distribuição**. 2. ed. Rio de Janeiro: Senac Nacional, 2014. 376 p.

BRASIL. Instituto Adolfo Lutz. **Métodos Físico-Químicos para análise de Alimentos**. Brasília. IV ed. 2008.

FERREIRA, M. S. C.; FONTELES, M. C. **Aspectos etnobotânicos e farmacológicos do *Cymbopogon citratus* Stapf (capim limão)**. Revista Brasileira de Farmácia, v. 70, n. 4, p. 94-7, 1989.

GUEDES, A. M. M.; FARIA, L. J. G. **Determinação da constante de secagem de Urucum (*Bixa orellana* L.) em secador convectivo de leito fixo**. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande, v. 2, n. 1, p. 73-86, 2000.

MARTINAZZO, A. P.; CORRÊA, P. C.; RESENDE, O.; MELO, E. de C. **Análise e descrição matemática da cinética de secagem de folhas de capim-limão**. R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, v. 11, n. 3, p. 301-306, 2007.

MELO, S. F.; SOARES, S. F.; da COSTA, R. F.; da SILVA C. R.; de OLIVEIRA M. B.; BEZERRA, R. J.; CALDEIRA-DE-ARAÚJO, A.; BERNARDO-FILHO, M. **Effect of the *Cymbopogon citratus*, *Maytenus ilicifolia* and *Baccharis genistelloides* extracts against the stannous chloride oxidative damage in *Escherichia coli***. Elsevier Science, v. 496, p. 33–38, 2001.

SANTOS, C. T.; BONOMO, R. F.; CHAVES, M. A. **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.

SANTOS, U. V.; SANTOS, B. S. ; SILVA, G. F. ; CONSTANT, P. B. L.; SANTOS, J. A. B. dos. **Avaliação de Potencial de Ervas Mediciniais: Capim-Limão (*Cymbopogon citratus* D.C.), Chá Verde (*Camellia sinensis* L.) e Hibisco (*Himiscus sabdariffa* L.) para obtenção de chás solúveis**. Geintec, v. 4, n. 4, p. 1399-1408, 2014.

SOUZA, M. P.; MATOS, F. J. de A.; MATOS, M. E. O.; MACHADO, M. I. L.; CRAVEIRO, A. A. **Constituintes químicos ativos e propriedades biológicas de plantas medicinais brasileiras**. 2º ed. Fortaleza: Editora UFC, p. 448, 2004.

## CINÉTICA DE SECAGEM DAS FOLHAS DO ALECRIM (*Rosmarinus officinalis*)

Data de aceite: 12/05/2020

Data de submissão: 12/02/2020

### **Lucas Ryhan Formiga Caminha**

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

<http://lattes.cnpq.br/5073209712351610>

### **Fagner Bruno Dias Lino**

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

<http://lattes.cnpq.br/3450010022485305>

### **Antonio Ferreira da Silva Netto**

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

<http://lattes.cnpq.br/3783841979278093>

### **Maria Bárbara Tenório de Macêdo Barbosa**

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

<http://lattes.cnpq.br/8008546397720322>

### **Mariana Sales Carvalho**

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

<http://lattes.cnpq.br/3243444318161697>

### **Josenaide Mirelly da Mata Oliveira**

Departamento de Engenharia Química,

Universidade Federal da Paraíba,  
João Pessoa, PB.

### **Julia Falcão de Moura**

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

<http://lattes.cnpq.br/7180108272865489>

### **Josilene de Assis Cavalcante**

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

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

**RESUMO:** O alecrim (*Rosmarinus officinalis*) é uma planta originária da Europa, e é uma das ervas mais completas em termos de benefícios à saúde, sendo assim, tornou-se frequente objeto de estudo de cientistas. Esse trabalho teve como objetivo obter a cinética de secagem das folhas do alecrim. Para isso foi usado o método de secagem de leito fixo, com fluxo de ar forçado e aquecido, em duas temperaturas (50°C e 70°C). Para a caracterização do produto obtido foram realizadas análises de pH, atividade de água, massa seca e sólidos solúveis totais (SST). Foi observado que a comparação entre as cinéticas de secagem a 50°C e 70°C mostrou que em maiores temperaturas e maiores velocidades do ar, o teor de umidade decresce mais

rapidamente. Ao final da secagem foram obtidos como atividade de água os valores de 0,240 e 0,242, respectivamente para a secagem a 50°C e 70°C, que são resultados excelentes de acordo com os valores de inibição de crescimento de microrganismos. Não houve mudança significativa entre o pH das amostras *in natura* e secas. Não houve mudança significativa no SST das amostras secas. O odor foi conservado, mas ocorreu mudança de coloração nas amostras secas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Atividade de água, teor de umidade, SST.

### KINETIC DRYING OF ROSEMARY LEAVES (*Rosmarinus officinalis*)

**ABSTRACT:** Rosemary (*Rosmarinus officinalis*) is a plant originally from Europe and is one of the most complete herbs in terms of health benefits, so it has become a frequent object of study by scientists. This work had as objective to obtain the drying kinetics of the rosemary leaves, for that it was used the method of fixed bed drying, with forced and heated air flow, in two temperatures (50° C and 70° C). For the characterization of the obtained product, analyzes of pH, water activity, dry mass and total dissolved solids (TDS) were performed. It was observed that the comparison between drying kinetics at 50° C and 70° C showed that at higher temperatures and higher air velocities, the humidity content decreases more quickly. At the end of drying, the values of 0.240 and 0.242 were obtained as water activity, respectively for drying at 50°C and 70°C, which are excellent results according to the values of inhibition of growth of microorganisms. There was no significant change between the pH of fresh and dry samples. There was no significant change in the TDS of the dry samples. The odor was preserved, but a color change occurred in the dry samples.

**KEYWORDS:** Water activity, humidity content, TDS.

## 1 | INTRODUÇÃO

Alecrim é um nome popular que é utilizado para diversas espécies de plantas aromáticas medicinais, mesmo que estas possuam sua composição química de voláteis e propriedades farmacológicas diferentes. Algumas das espécies conhecidas que são comercializadas com este nome são: *Lippia sidoides*; *Holocalyx glaziovii* Taub. ex Glaz; *Lantana microphylla* Franch; *Rosmarinus officinalis* L.; *Dicliptera aromatica* L. (CAMELO et al., 2014)

*Rosmarinus officinalis* pertence à família *Lamiaceae*, a qual engloba 150 gêneros com aproximadamente 2800 espécies distribuídas pelo mundo, tendo na região do Mediterrâneo o seu maior centro de dispersão (PORTE e GODOY, 2001).

Segundo Lorenzi e Matos (2008) a planta possui porte subarborescente lenhoso, ereto e pouco ramificado de até 1,5 m de altura. As folhas são lineares, coriáceas e muito aromáticas, medindo 1,5 a 4 cm de comprimento por 1 a 3 mm de espessura.

As flores são azulado-claras, pequenas e de aroma forte e muito agradável.

Essas folhas possuem propriedades conhecidas de controle e melhora dos sistemas nervoso e digestivo, ação antioxidante, alívio do estresse e ansiedade, diminuição das dores provocadas pela artrite e pela inflamação da garganta (MCINTYRE, 2010). Sendo essas propriedades atribuídas ao 1-8 cineol, alfa-pineno, borneol, canfeno, flavonoides (esteroides do luteol, diosmetol ) e flavonas metoxiladas em C-6 e C-7, ácidos fenólicos derivados cafeicos (ácido caeico, ácido clorogênico e rosmarínico), diterpenos tricíclicos, taninos, saponinas e álcool perílico (BRUNETON, 2001), entre outros constituintes. O modo de utilização das folhas pode ser em chá, banho, aromatizador do ar, massagem com óleo essencial ou como tempero na comida (MCINTYRE, 2010).

Após a colheita, as plantas medicinais iniciam um processo de degradação, como alternativa tem-se a secagem, que retira um percentual de água livre das células e dos tecidos, reduzindo os processos de degradação enzimática e proporcionando a sua conservação, com manutenção da qualidade em composição química. Por outro lado, há a necessidade de observar a sensibilidade dos princípios biologicamente ativos e a preservação do produto final para que não haja perda (GASPARIN, 2012).

O processo de secagem é uma operação unitária utilizada para remover uma quantidade de líquido (em geral água) de um sólido, por meio de transferência de calor e massa (CELESTINO, 2010). O ar é utilizado como meio de secagem por sua abundância, conveniência e por ser de fácil controle durante a sua utilização já que não é necessário nenhum sistema de recuperação da umidade como alguns outros gases (GAVA; SILVA; FRIAS, 2008).

Um dos benefícios do processo de secagem é a redução no peso e no volume do produto a ser seco diminuindo os custos com transporte e necessitando uma área menor para armazenamento (FELLOWS, 2006). E durante a secagem pode-se obter curvas cinéticas, que demonstram o comportamento do material sólido submetido a secagem e geram informações importantes para o desenvolvimento de processos o correto dimensionamento de equipamentos (VILELA e ARTUR, 2008; MENEZES et al., 2013).

Diante deste fato, o presente trabalho teve por objetivo obter a cinética de secagem do alecrim em leito fixo.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos no laboratório de Operações Unitárias do Departamento de Engenharia de Alimentos e as análises foram realizadas no laboratório de Termodinâmica e no laboratório de Bioengenharia do Departamento

## 2.1 Obtenção do alecrim

O alecrim utilizado nos experimentos foi adquirido em um mercado público da cidade de João Pessoa. Antes de iniciar os experimentos, o alecrim foi lavado (Figura 1) para retirada das impurezas maiores e depois foi retirado o excesso de água.



Figura 1. Alecrim in natura.

As folhas foram submetidas à uma seleção, retirando os talos e as partes ressecadas. Em seguida, foram dispostas em bandejas com orifícios para uso no secador de leito fixo, com fluxo de ar ascendente para duas condições controladas de temperatura e velocidade: 50°C ( $\pm 3^\circ\text{C}$ ) e 70°C ( $\pm 3^\circ\text{C}$ ).

## 2.2 Cinética de secagem

Por limitações do equipamento (Figura 2), as velocidades do ar de secagem dependem das temperaturas, logo se teve para cada temperatura estudada, duas velocidades diferentes:

- Temperatura de 50 °C ( $\pm 3^\circ\text{C}$ ) - velocidades de 0,51 m/s e 1,72 m/s.
- Temperatura de 70 °C ( $\pm 3^\circ\text{C}$ ) - velocidades de 0,35 m/s e 1,32 m/s.

O fluxo do ar foi monitorado, com um anemômetro de fio quente (modelo AK833), no secador até velocidade constante antes do início do experimento.

As amostras foram pesadas em balança analítica (modelo THB-600) intercaladamente em intervalos pré-determinados de 5, 10, 20, 30 e 60 minutos, até obtenção da umidade de equilíbrio, conforme a aproximação dos resultados nas três últimas pesagens.



Figura 2. Secador de leito fixo

### 2.3 Análise de umidade em base seca

A análise do teor de umidade em base seca foi determinada pelo método gravimétrico da estufa do Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2008). O procedimento foi realizado em triplicata utilizando amostras do alecrim in natura. Pesou-se cerca de 1 g da amostra que em seguida foi colocada na estufa a 105°C por 24 h, sendo realizada uma nova pesagem ao fim do procedimento.

### 2.4 Determinação da atividade de água (aw)

A análise de atividade de água foi obtida à uma temperatura de 30°C, utilizando o aparelho Novasina LabMaster-aw. Para tal procedimento foram colocados 0,5 g das folhas do alecrim seco, produtos das duas temperaturas de secagem, em uma cápsula e em seguida obtida a leitura no aparelho.

### 2.5 Determinação do potencial hidrogeniônico (pH)

O pH foi obtido utilizando o método do Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2008) em um pHmetro DLA- pH, para isso as amostras de alecrim seco, nas duas temperaturas, foram maceradas e misturadas com água destilada em proporção de 1g de amostra para 10mL de água, em seguida a mistura foi agitada com um agitador tipo *Vortex*, depois de filtradas em papel filtro, o filtrado foi utilizado para a leitura.

Este potencial é um dos fatores intrínsecos ao produto que está relacionado ao desenvolvimento de micro-organismo, atividades enzimáticas, retenção do sabor e odor e da conservação geral do produto (VASCONCELOS e MELO FILHO, 2010).

### 2.6 Determinação dos sólidos solúveis (SST)

A determinação de sólidos solúveis totais (SST) foi obtida utilizando um refratômetro NOVA WYA-2S, para isso as amostras de alecrim seco, nas duas



temperaturas, foram maceradas e misturadas com água destilada em proporção de 1g de amostra para 10mL de água, em seguida a mistura foi agitada com um agitador *vortex*, depois de filtradas em papel filtro, o filtrado foi utilizado para a leitura no refratômetro (BRASIL, 2008).

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas amostras secas, obtidas nas temperaturas de 50°C e 70°C, foi observado o mesmo comportamento de perda da coloração verde nas folhas, resultando em folhas com coloração amarronzadas. Foi observada também considerável redução do volume das folhas.

Quanto à propriedade organoléptica odor, foi observado, qualitativamente, que não houve perda do odor característico do alecrim.

#### 3.1 Cinética de secagem

Os resultados obtidos para a cinética de secagem das folhas do alecrim são mostrados nas Figuras 3 e 4 para as temperaturas de 50°C e 70°C, respectivamente.

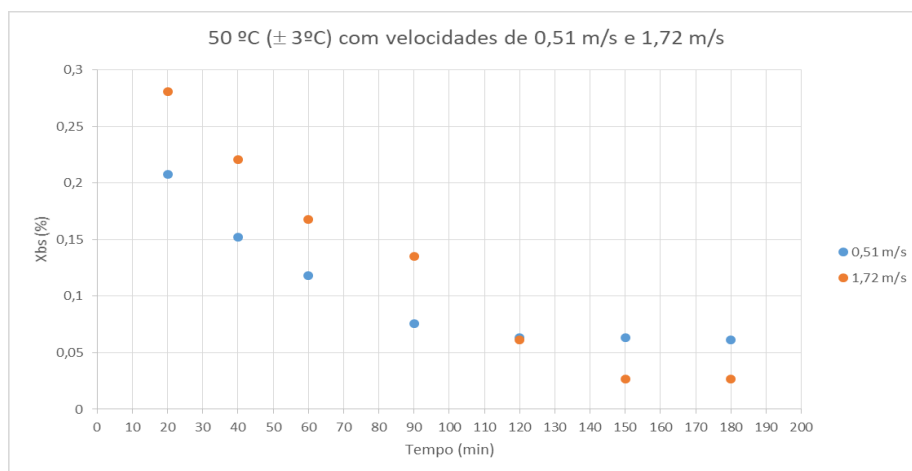


Figura 3. Cinética de secagem do alecrim a 50°C

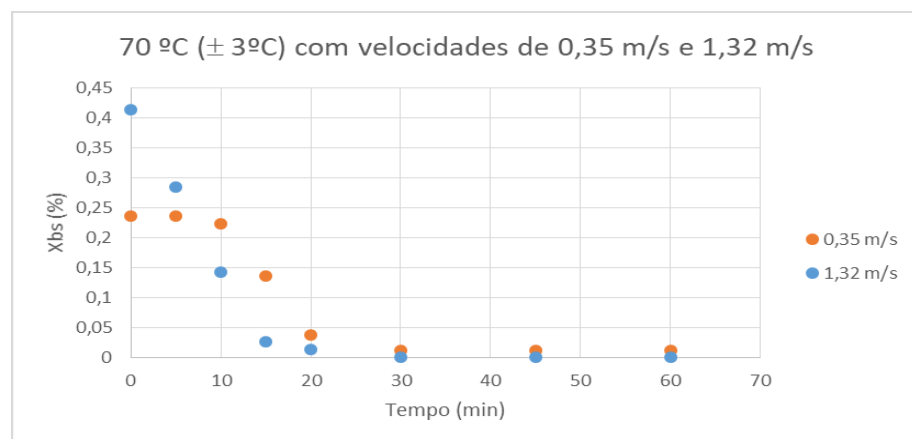


Figura 4. Cinética de secagem do alecrim a 70°C

Pela análise das duas Figuras pode-se observar que as cinéticas de secagem obtidas apresentam um comportamento esperado, conforme a literatura, com redução gradual do teor da umidade com o tempo. Observa-se também que a variação da velocidade do ar de secagem não demonstrou considerável influência nas cinéticas obtidas e nos tempos de secagem finais, para as duas temperaturas.

No entanto, na Figura 3 é observado que a partir dos 120 minutos de secagem o teor de umidade em base seca da maior velocidade de secagem (1,72 m/s) torna-se inferior aos obtidos para outra velocidade. Comportamento similar é observado na Figura 4, onde após os 10 minutos de secagem os teores de umidade ao longo do tempo são menores para a maior velocidade. O que demonstra que apesar de não ser observado efeitos acentuados no tempo de secagem final e nas cinéticas obtidas, o aumento na velocidade resulta na diminuição do teor de umidade obtido ao longo do tempo.

Ao comparar-se as duas figuras, observa-se que o tempo de secagem final e a umidade final em base seca são menores para a maior temperatura (70°C). Demonstrando que o aumento da temperatura é inversamente proporcional a estas variáveis. Este mesmo efeito foi observado por Radünz et al. (2001) na secagem em camada delgada de folhas de alecrim pimenta.

### 3.2 Atividade de água (aw)

Na Tabela 1 são mostrados os dados obtidos para atividade de água das folhas de alecrim secas em temperatura de 50 °C com as velocidades  $v_1=1,72$  m/s e  $v_2=0,51$  m/s e temperatura de 70 °C com as velocidades  $v_1=1,32$  m/s e  $v_2=0,35$  m/s.

A atividade de água influencia a vida útil do produto, valores próximos a 1 maximizam as alterações químicas, físicas e microbiológicas ou enzimáticas, levando à deterioração do produto.

	T = 50 °C		T = 70 °C	
	v1	v2	v1	v2
aw	0,442	0,455	0,240	0,242

Tabela 1. Valores da atividade de água das folhas de alecrim secas nas condições de secagem.

Portanto, pelos valores verificados, pode-se afirmar que a quantidade de água livre no produto não é suficiente para o desenvolvimento de microrganismos, principalmente para a temperatura de 70°C.

### 3.3 Determinação do pH

Na Tabela 2 são mostrados os valores de pH das folhas de alecrim secas nas condições de secagem: temperatura de 50°C com as velocidades  $v_1=1,72$  m/s e  $v_2=0,51$  m/s e temperatura de 70°C com as velocidades  $v_1=1,32$  m/s e  $v_2=0,35$  m/s.

	T = 50 °C		T = 70 °C	
	v1	v2	v1	v2
pH	6,21	6,41	6,74	6,20

Tabela 2. Valores do pH das folhas de alecrim secas nas condições de secagem.

Observa-se, pela Tabela 2, que os valores de pH das amostras secas é levemente ácido. Já para a folha *in natura* do alecrim o pH é de 6,43, levando como conclusão que não houve mudança significativa entre o pH do produto *in natura* e depois da secagem.

### 3.4 Determinação de sólidos solúveis (SST)

Na Tabela 3 são mostradas as médias dos valores de sólidos solúveis totais das folhas de alecrim secas nas condições de secagem: temperatura de 50°C com as velocidades  $v_1=1,72$  m/s e  $v_2=0,51$  m/s e temperatura de 70°C com as velocidades  $v_1=1,32$  m/s e  $v_2=0,35$  m/s.

	T = 50 °C		T = 70°C	
	v1	v2	v1	v2
SST(°Brix)	13	17	13	15

Tabela 3. Valores dos sólidos solúveis totais (SST) das folhas de alecrim secas nas condições de secagem.

Os sólidos solúveis totais apresentaram pouca variação entre si, independente da temperatura, mostrando que não há interferência da temperatura, nem da velocidade com a quantidade de SST.

## 4 | CONCLUSÕES

Apesar de o teor de água nas folhas *in natura* do alecrim ser de apenas 22,07%, com a secagem em leito fixo foi possível obter extrair uma significativa quantidade de umidade, tornando o produto com um tempo de vida maior.

De acordo com os resultados obtidos nesse trabalho, a propriedade de pH foi mantida inalterada em relação ao produto *in natura* como era esperado.

A comparação entre as cinéticas de secagem a 50°C e 70°C e diferentes velocidades mostrou o resultado esperado, em maiores temperaturas e maiores velocidades do ar, o teor de umidade decresceu mais rapidamente.

A atividade de água obtida foi fundamental para a verificação de que no produto seco não há quantidade de água livre suficiente para o crescimento de microrganismos.

Não houve mudança significativa entre o pH das amostras *in natura* e secas.

Não houve mudança significativa no SST das amostras secas.

O odor foi conservado, mas ocorreu mudança de coloração nas amostras secas.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 1 ed. online. São Paulo, 2008. 1020 p.

BRUNETON, J. **Farmacognosia, Fitoquímica. Plantas Medicinales**. 2ªed. P. 1099, Espanha, 2001.

CAMELO, A. L. M.; OLIVEIRA, F. C.; SILVA, F. F. M.; SOUZA, F. T. C.; LONGHINOTTI, E. **Análise comparativa da composição química volátil de amostras do alecrim in natura com a disponível comercialmente**. Holos, v. 5, 2014.

CELESTINO, S. M. C.. **Princípios de Secagem de Alimentos** – Documentos 276. Embrapa Cerrados. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Planaltina, DF. 2010.

FELLOWS P. J. **Tecnologia do Processamento de Alimentos: Princípios e prática**. 2º edição – Porto Alegre: Artmed, 2006.

GASPARIN, P. P.. **Secagem da Mentha piperita em leito fixo, utilizando diferentes temperaturas e velocidades do ar**. Universidade Estadual Oeste do Paraná. Dissertação do Programa de pós graduação em engenharia agrícola. p. 11. Cascavel/PR, 2012.

GAVA, A. J.; SILVA, C. A. B.; FRIAS, J. B.G. **Tecnologia de alimentos: princípios e aplicações**. 2ª ed. São Paulo: Nobel, 2008.

LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas**. 2ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum. 2008. 544p.

MCINTYRE, A. **Guia Completo de Fitoterapia: um curso estruturado para alcançar a excelência profissional**. São Paulo: Pensamento, p. 153, 2010

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.

PORTE, A.; GODOY, R. L. O.. **Alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.): propriedades antimicrobiana e química do óleo essencial**. B. CEPPA, v. 19, n. 2, p. 194 – 196,. 2001.

RADÜNZ, L. L.; MELO, E.; MACHADO, M.; SANTOS, R.; SANTOS, R. **Secagem em camada delgada de folhas de *Lippia sidoides* Cham**. In: Anais do XXX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. Paraná. 2001.

VASCONCELOS, M. A. S.; MELO FILHO, A. B. **Conservação dos Alimentos**. Programa Escola Técnica Aberta do Brasil (ETEC – Brasil). Recife: EDUFRPE, 2010, 130 p.

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.

## VERIFICAÇÃO DA QUALIDADE DO MEL COMERCIALIZADO EM CUIABÁ E VÁRZEA GRANDE

Data de aceite: 12/05/2020

Cuiabá – MT.

Data de submissão: 06/03/2020

<http://lattes.cnpq.br/7127637833429064>

### **Thamara Larissa de Jesus Furtado**

Curso de Engenharia de Alimentos, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Mato Grosso, *Campus* Cuiabá, Bela Vista, Cuiabá – MT.

<http://lattes.cnpq.br/9229068503718361>

### **Natalia Marjorie Lazon 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>

### **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,

**RESUMO:** Nos últimos anos observa-se um aumento no consumo do mel, no entanto, devido à quantidade de fatores que influenciam na composição do mesmo, suas características microbiológicas são muito variáveis. O presente trabalho teve como objetivo verificar a qualidade do mel comercializado nas cidades de Cuiabá e Várzea Grande - MT por meio de análises bacteriológicas (isolamento de *Salmonella* sp., quantificação de coliformes a 45°C, mesofilos, psicrotróicos, bolores e leveduras). Foram adquiridas 12 amostras de mel provenientes de diferentes estabelecimentos. Todas as amostras apresentaram ausência de *Salmonella* spp. Em 1 amostra foi identificado coliformes a 45°C, enquanto que em 5 amostras foram obtidas contagens de coliformes totais. Por não existir padrão descrito na legislação vigente para análise de mel, foi levado em consideração o limite máximo de 10<sup>7</sup> UFC/g previsto pela ICMSF para contagem total de aeróbios, estando então às amostras aptas ao consumo humano.

**PALAVRAS-CHAVE:** Microrganismos, análise, mel, legislação.

**ABSTRACT:** In recent years there has been an increase in honey consumption, however, due to the number of factors that influence its composition, its microbiological characteristics are very variable. The present work aims to verify the quality of honey sold in the cities of Cuiabá and Várzea Grande - MT by means of bacteriological analyzes (isolation of *Salmonella* sp., Quantification of coliforms at 45 ° C, mesophylls, psychrototics, molds and yeasts). 12 samples of honey were purchased from different establishments. All samples showed absence of *Salmonella* spp. In 1 sample, coliforms were identified at 45 ° C, while in 5 samples total coliform counts were obtained. As there is no standard described in the current legislation for honey analysis, the maximum limit of 107 CFU / g foreseen by the ICMSF for total aerobic count was taken into account, so the samples are suitable for human consumption.

**KEYWORDS:** Microorganisms, analysis, honey, legislation.

### 1 | INTRODUÇÃO

O mel é um produto elaborado pelas abelhas a partir do néctar das flores, que é coletado pelas abelhas campeiras, e transformado através da evaporação da água e da adição de enzimas presentes na vesícula melífera ou papo das abelhas (LEGLER, 2007). Sendo utilizado na alimentação humana à milênios, onde na antiguidade era designado com “néctar dos Deuses”, esse produto alimentício de grande valor nutritivo tem alta aceitabilidade por parte do consumidor principalmente por ser considerado um produto terapêutico, benéfico à saúde (BOGDANOV, 2006; RACOWSKI, 2009).

Observa-se nas últimas décadas um aumento mundial no consumo do mel, impulsionado pela busca de uma alimentação natural mais saudável. Tal fato fez com que houvesse uma melhora na qualidade do mel produzido, visando principalmente a segurança alimentar do consumidor, através da comercialização de um produto livre de contaminantes e microrganismos (BERTOLDI, 2008; SCHLABITZ; SILVA e SOUZA, 2010).

A microbiota do mel pode ser composta por microrganismos presentes naturalmente no mel, como bolores e leveduras não patogênicos, e por microrganismos oriundos de uma contaminação secundária, que estão relacionados diretamente com o processo de extração e beneficiamento deste produto que podem ser patogênicos ou não. Os coliformes a 35°C e os bolores e leveduras são indicativos de higiene associada à manipulação, e os coliformes a 45°C avaliam as condições higiênico-sanitárias, podendo ser causadores de enfermidades (MURATORI e SOUZA, 2002)

Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo verificar a qualidade do mel comercializado nas cidades de Cuiabá e Várzea Grande - MT através de

análises bacteriológicas.

## 2 | METODOLOGIA

Foram adquiridas um total de 12 amostras de mel de três estabelecimentos comerciais. Estas amostras foram acondicionadas em caixa isotérmica e após isso, encaminhadas até o Laboratório de Microbiologia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso, campus Cuiabá, Bela Vista.

As análises bacteriológicas realizadas consistiram na pesquisa 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 coliformes a 45°C (plaqueamento em ágar VRB e confirmação em Caldo EC), quantificação de bactérias heterotróficas aeróbias mesófilas e psicrotróficas (plaqueamento por profundidade e superfície respectivamente em ágar PCA), além da contagem de bolores e leveduras (plaqueamento por superfície em ágar BDA), sendo todas as análises feitas de acordo com a metodologia descrita no Manual de Métodos de Análise Microbiológica para alimentos e Água (SILVA et al., 2010) e na Instrução Normativa N° 62 que Oficializar 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 e posteriormente analisados por meio de estatística descritiva.

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 estão apresentados os resultados das contagens microbiológicas realizadas no presente estudo.

Amostra	Microrganismos (UFC / ml)				
	Salmonella	Coliformes 45°C	BHAM	BHAP	Bolores/leveduras
A1	Ausente	Ausente	3,3 x 10	0	1,7 x 10 <sup>2</sup>
A2	Ausente	Ausente	2,0 x 10 <sup>5</sup>	5	1,4 x 10 <sup>2</sup>
A3	Ausente	Ausente	2,2 x 10 <sup>5</sup>	4,7 x 10 <sup>4</sup>	1,3 x 10 <sup>5</sup>
A4	Ausente	Ausente	2,0 x 10 <sup>4</sup>	6,7 x 10 <sup>2</sup>	3,9 x 10 <sup>2</sup>
A5	Ausente	Ausente	6,5 x 10 <sup>4</sup>	0	5,7 x 10 <sup>3</sup>
A6	Ausente	3,0 x 10 <sup>4</sup>	1,9 x 10 <sup>4</sup>	6,7 x 10 <sup>2</sup>	3,7 x 10
A7	Ausente	Ausente	1,8 x 10 <sup>2</sup>	0	3,4 x 10 <sup>2</sup>
A8	Ausente	Ausente	7,7 x 10 <sup>3</sup>	0	3,3 x 10 <sup>2</sup>



<b>A9</b>	Ausente	Ausente	1,8 x 10 <sup>3</sup>	0	3,8 x 10 <sup>2</sup>
<b>A10</b>	Ausente	Ausente	3,1 x 10 <sup>4</sup>	4,4 x 10 <sup>3</sup>	1,1 x 10 <sup>3</sup>
<b>A11</b>	Ausente	Ausente	9,6 x 10 <sup>3</sup>	1,1 x 10 <sup>4</sup>	2,2 x 10 <sup>3</sup>
<b>A12</b>	Ausente	Ausente	5,1 x 10 <sup>2</sup>	2,7 x 10 <sup>3</sup>	3,3 x 10

Tabela 1. Resultados obtidos nas análises microbiológicas.

Dentre as amostras analisadas, nenhuma apresentou *Salmonella* sp., bactéria classificada como patogênica e responsável por graves intoxicações alimentares ao ser humano, podendo causar gastroenterites, podendo até levar a morte em alguns casos. Pode ser encontrada, em geral, em alimentos de origem animal, como carnes, ovos, aves, leite e outros. A Agência Nacional de Vigilância Sanitária, por meio da Resolução RDC número 12, de 2 de janeiro de 2001 estabelece para o grupo “Açúcares, Adoçantes e Similares” ausência de *Salmonella* sp. em 25mL do alimento (BRASIL, 2001), sendo assim todas as amostras estavam conforme rege a legislação.

Dentre as 12 amostras analisadas, em apenas uma foi identificado a presença de coliformes a 45°C, ou termotolerantes, com contagem de 3,0 x 10<sup>4</sup> UFC/g. A contagem destes é de extrema importância para garantir a segurança microbiológica dos alimentos uma vez que microrganismos patogênicos fazem parte deste grupo, como a *Escherichia coli*. Em relação as coliformes totais, 33,3% das amostras analisadas tiveram contagens que variaram de 2,4 x 10<sup>3</sup> a 2,9 x 10<sup>5</sup> UFC/g. A identificação deste grupo de microrganismos se torna importante uma vez que pode indicar condições nas quais os alimentos são produzidos.

Quanto à contagem de bactérias heterotróficas aeróbias mesófilas e psicotróficas as contagens variaram de 3,3 x 10 a 2,2 x 10<sup>5</sup> e de 0,0 a 2,2 x 10<sup>5</sup>, respectivamente. Borges (2012) em seus estudos não constatou a presença de aeróbios psicrotrofícos, no entanto em 85% de suas amostras ele percebeu a presença de aeróbio mesófilos, assim como Iurlina e Fritz (2005) que, avaliando 70 amostras de méis, verificaram a presença de aeróbios mesófilos em todas as amostras, com valores variando entre 3,0 x 10 e 1,2 x 10<sup>3</sup> UFC/g, para méis comerciais, resultados estes semelhantes ao presente estudo.

A presença de microrganismos aeróbios mesófilos e psicotróficos possui relação direta com as condições gerais da coleta, temperatura e armazenamento do mel e não é desejável em alimentos, tendo em vista que provocam deterioração, gerando características sensoriais indesejáveis e reduzindo a vida útil do produto (FRANCO e LANFGRAF, 2005). Por mais que a legislação nacional não preconize limites microbiológicos para o mel, existe na legislação internacional um limite de 107 (ICMSF, 1986) para contagem total nos alimentos (mesófilos ou psicotróficos)

uma vez que se entende que as altas contagens destes microrganismos aumentam a possibilidade da presença de um patógeno.

Avaliando a contagem de bolores e leveduras, foram encontrados valores que variaram de  $3,3 \times 10$  a  $1,3 \times 10^5$ . Souza et al. (2009), encontraram o valor máximo de  $4,4 \times 10^3$  UFC/g em seus estudos, enquanto Alves et al. (2011), no entanto encontrou valores inferiores em amostras de méis, apresentando resultados menores que  $1,0 \times 10^2$  UFC/g. O maior problema relacionado com a presença de bolores e leveduras é a fermentação, a qual resulta no consumo dos açúcares pelas leveduras, com produção de numerosos subprodutos que alteram as características sensoriais do mel.

Os fungos são trazidos pelas abelhas para a colmeia. Muitos deles não sobrevivem quando ocorre a elevação da concentração dos açúcares à medida que o néctar é transformado em mel, mas outros, considerados osmofílicos, podem resistir e se multiplicar, tornando o produto impróprio para o consumo (SANTOS et al. 2010). No entanto, de acordo com Souza et al. (2009) a origem dos fungos e leveduras no mel muitas vezes é de ocorrência natural.

#### 4 | CONCLUSÃO

Conclui-se que as amostras de mel analisadas estão aptas ao consumo, uma vez que não há padrões microbiológicos estabelecidos em âmbito nacional, e que mesmo quando se leva em consideração o padrão internacional para contagem total de aeróbios, as contagens estão abaixo do limite de  $10^7$ .

#### REFERÊNCIAS

ALVES, T. T. L. **Caracterização físico-química e avaliação microbiológica de méis de abelhas nativas do Nordeste Brasileiro**. Revista Verde, Mossoró – RN, v.6, n.3, p.91-97 jul./set. 2011.

BERTOLDI, C. R. C. **Meliponicultura uma alternativa sustentável**. Embrapa. Agosto de 2008. Disponível em , acesso em 06/05/2018.

BOGDANOV, S. **Contaminants of bee products**. Apidologie, 37: 1-18, 2006.

BORGES, Jorge Alberto Cardoso Pereira. **Avaliação microbiológica, atividade de água e umidade em méis de espécies de abelhas sociais sem ferrão (apidae: meliponinae) de municípios do território de Irecê – BA**. 2012. Trabalho de conclusao de curso (Bacharelado em Ciências Biológicas) - Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas – BA, 2012.

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.

FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos Alimentos**. São Paulo: Ed. Atheneu, 2005.182p.

ICMSF (INTERNATIONAL COMMISSION ON MICROBIOLOGICAL SPECIFICATIONS FOR FOODS). **Microrganismos dos alimentos. 1. Técnicas de análises microbiológicas**. Zaragoza: Acribia. 1994. 804p.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas, métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, v. 4, p.533, 2008.

IURLINA, M. O.; FRITZ, R. **Caracterização de microrganismos em méis argentinos de diferentes fontes**. Revista Internacional de Microbiologia de Alimentos, v.105, p.297-304, mar.

LENGLER, S. **Inspeção e Controle de Qualidade do Mel**. 2007. Disponível em: [http://www.sebraern.com.br/apicultura/pesquisas/inspecao\\_mel01](http://www.sebraern.com.br/apicultura/pesquisas/inspecao_mel01)>. Acessado em 04/05/2018.

MARCHINI, L. C.; GENI, S.S.; MORETI, A. C. de C. C. **Mel Brasileiro: Composição e normas**. Ribeirão Preto: 2004.

MURATORI, M. C. S. & SOUZA, D.C. **Características microbiológicas de 132 amostras de mel de abelhas do Piauí**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 14, Campo Grande, 2002. Anais, Campo Grande, 2002, p. 77.

RACOWSKI, i. et al. **Ação Antimicrobiana do Mel em Leite Fermentado**. Revista Analytica. Nº 30. 106- 114 p. Agosto/Setembro 2009.

SANTOS, D. C.; MARTINS, J. N.; SILVA, K. F. N. L. **Aspecto Físico-químicos e microbiológico do mel comercializado no município de Tabuleiro do Norte-Ceará**. Revista Verde, Mossoró - RN. v.5, n.1, p.79-85, jan./mar. 2010.

SCHLABITZ, C.; SILVA, S. A. F.; SOUZA, C. F. V. de. **Avaliação de parâmetros físico-químicos e microbiológicos em mel**. Revista brasileira de tecnologia agroindustrial. v.04, n.01, p.80-90, 2010.

SOUZA, B. A. et al. **Avaliação microbiológica de amostras de mel de trigoníneos (Apidae: Trigonini) do estado da Bahia**. Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, v.29 n.4, p.798-802, out./dez, 2009a.

SOUZA, B. A. et al. **Caracterização do mel produzido por espécies de Melipona illiger, 1806 (Apidae: Meliponini) da região nordeste do Brasil: 1. Características físico-químicas**. Quimica Nova, São Paulo. v.32, n.2, p.303-308, fev. 2009b.

## AVALIAÇÃO DO FLUÍDO RUMINAL: REVISÃO DE LITERATURA

Data de aceite: 12/05/2020

**Muriel Magda Lustosa Pimentel**

Centro Universitário Cesmac,  
Marechal Deodoro - AL.

<http://lattes.cnpq.br/2377308283755406>

**Andrezza Caroline Aragão da Silva**

Universidade Federal do Piauí,  
Teresina - PI.

<http://lattes.cnpq.br/5453333117044135>

**Claudia Alessandra Alves de Oliveira**

Centro universitário Cesmac,  
Marechal Deodoro - AL.

<http://lattes.cnpq.br/5513725991119046>

**Julia Pedrosa Costa**

M.V. autônoma.

<http://lattes.cnpq.br/4269846945649039>

**Isabella Cordeiro Fireman**

M.V. autônoma.

<http://lattes.cnpq.br/1304114742951572>

**Liz de Albuquerque Cerqueira**

<http://lattes.cnpq.br/9457591238492776>

**Luiz Eduardo de Sá Novaes Menezes**

M.V. autônomo.

**Larissa Carla Bezerra Costa e Silva**

<http://lattes.cnpq.br/5030056265152509>

**Fernanda Pereira da Silva Barbosa**

Centro universitário Cesmac.

<http://lattes.cnpq.br/4040416803890162>

**Regina Valéria da Cunha Dias**

Universidade Federal Rural do Semi-Árido.

<http://lattes.cnpq.br/7320882633592257>

**Mayara Freire de Alcantara Lima**

<http://lattes.cnpq.br/7570212648734480>

**Isabelle Vanderlei Martins Bastos**

<http://lattes.cnpq.br/8275140942469423>

**RESUMO:** Os transtornos ruminais e metabólicos podem ser detectados através da análise de amostras biológicas. O exame do fluído ruminal é de grande importância para detectar desordens metabólicas subclínicas e ajudar no possível diagnóstico, evitando prejuízos econômicos e proporcionando o bem estar animal. O exame é composto pela avaliação física da cor, odor, consistência, sedimentação e flutuação, pela determinação do pH e da atividade redutiva bacteriana, além da avaliação de protozoários. O presente trabalho tem como objetivo demonstrar a importância do exame para firmar diagnósticos e prognósticos de várias patologias que acometem os ruminantes, esclarecer as suas etapas e parâmetros avaliados, e ainda explanar as situações em que se deve realizar o exame.

**PALAVRAS-CHAVE:** Avaliação laboratorial, fluído ruminal, líquido ruminal, rúmen.

**ABSTRACT:** Ruminal and metabolic disorders can be detected by analyzing biological samples. The examination of ruminal fluid is of great importance to detect subclinical metabolic disorders and help in the possible diagnosis, avoiding economic losses and providing animal welfare. The test consists of physical evaluation of color, odor, consistency, sedimentation and fluctuation, determination of pH and bacterial reductive activity, in addition to the evaluation of protozoa. The present study aims to demonstrate the importance of the exam to establish diagnoses and prognosis of various pathologies that affect ruminants, clarify their stages and evaluated parameters, and also explain the situations in which the exam should be performed.

**KEYWORDS:** Laboratory evaluation, ruminal fluid, ruminal fluid, rumen.

### 1 | INTRODUÇÃO

Os ruminantes, entre os herbívoros, são os animais que melhor utilizam as frações fibrosas da parede celular para obtenção de energia. A celulose e a hemicelulose são polissacarídeos que conferem resistência e rigidez às plantas, permanecendo inacessíveis para animais que não ruminam. A microbiota que habita o sistema digestório dos ruminantes, principalmente no retículo e no rúmen, degrada esses açúcares, fornecendo energia para o animal (WATTIAUX e HOWARD, 2018).

Os transtornos metabólicos, em sua maioria, podem ter suas alterações iniciais detectadas através da análise do líquido ruminal, da urina e do leite. O sangue também pode ser utilizado para análise, porém os desvios dos seus valores normais não têm expressão significativa devido aos mecanismos de homeostase (BOUDA e QUIROZ-ROCHA, 2000).

Neste contexto, o exame físico do paciente aliado ao seu histórico, juntamente com a avaliação do fluído ruminal, assumem grande importância na avaliação dos problemas digestivos, podendo auxiliar no diagnóstico e terapia de certas patologias (GARRY, 2006).

A avaliação do líquido ruminal é composta por três etapas, a primeira é composta pela avaliação física, onde será avaliada a cor, o odor, a consistência, o tempo de sedimentação e flutuação da amostra. A segunda é a avaliação química onde terá a determinação do pH, a análise da atividade redutiva bacteriana, o teor de cloretos e a acidez total titulável. E por fim, é composto pela avaliação dos aspectos microbianos (VIEIRA, 2007).

A manutenção das condições adequadas no complexo retículo-rúmen, tais como pH, anaerobiose, umidade e temperatura, é fundamental para o desenvolvimento contínuo da população microbiana. Neste contexto, o exame do conteúdo ruminal

costuma ser indispensável na clínica de ruminantes, possibilitando o firmamento de diagnósticos e tratamentos. O presente trabalho teve como objetivo demonstrar a importância do exame para firmar diagnósticos e prognósticos de várias patologias, esclarecer as suas etapas e parâmetros avaliados, e ainda explicar as situações em que se deve realizar o exame.

## 2 | REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Fisiologia do trato digestório dos ruminantes

Os ruminantes são animais herbívoros que possuem quatro compartimentos gástricos, sendo eles: rúmen, retículo, omaso e abomaso.

Estes animais podem ser facilmente reconhecidos devido aos frequentes movimentos de mastigação, mesmo quando não estão pastando ou comendo.

Este ato é denominado ruminação, e é uma etapa importante do processo digestivo, pois permite o melhor aproveitamento do alimento para obtenção de energia através da degradação de suas fibras. Estas, entre as várias estruturas presentes nas plantas, são as responsáveis pela sua resistência e rigidez. A celulose é o principal constituinte da parede das células vegetais, e trata-se de um polissacarídeo não digerível pela maioria dos animais, incluindo o homem (WATTIAUX e HOWARD, 2018).

Diferentemente dos humanos que não possuem essa flora bacteriana complexa, os ruminantes possuem uma população de micro-organismos no seu trato digestório responsáveis por fermentar os alimentos fibrosos e sintetizar nutrientes, principalmente proteína e algumas vitaminas, necessários ao animal. (BARCELOS, 2001).

A anatomia do trato digestivo dos ruminantes confere a esses animais uma digestão mais complexa que a dos monogástricos. O processo de digestão tem início com a ruminação que irá reduzir o tamanho das fibras e expor seus açúcares à flora microbiana presente no rúmen. A fermentação microbiana produz ácidos graxos voláteis (AGV) a partir da degradação da celulose e de outros polissacarídeos. O terceiro estômago, o omaso, tem grande capacidade de absorção e permite a reciclagem da água e minerais, como o fósforo e o sódio. E por fim, o quarto e último compartimento gástrico, o abomaso, conhecido como o estômago verdadeiro, secreta o ácido clorídrico e enzimas digestivas que irão auxiliar na digestão dos alimentos não fermentados no rúmen (WATTIAUX e HOWARD, 2018).

Os alimentos fibrosos são necessários na alimentação dos animais ruminantes, uma vez que a retenção de partículas longas na forragem estimulam a ruminação e a produção de saliva. Esta contém compostos, como bicarbonatos e

fosfatos, que neutralizam os ácidos produzidos pela fermentação, mantendo o pH ruminal levemente ácido, assim, são necessários para o correto funcionamento do rúmen juntamente com o crescimento microbiano nesse compartimento (WATTIAUX e HOWARD, 2018).

## 2.2 Líquido ruminal

O conteúdo encontrado no rúmen é denominado líquido ruminal, suco ruminal ou fluído ruminal. É um líquido funcional e essencial aos ruminantes por ser rico em micro-organismos que vivem em simbiose com o animal. A microbiota fornece ácidos graxos voláteis (AGV), proteína microbiana e vitaminas ao animal, enquanto este fornece substratos e ambiente ideal para o crescimento e desenvolvimento dos micro-organismos. Esse ecossistema microbiano dentro do rúmen é estável e ao mesmo tempo dinâmico. Ele é estável pelo fato do ruminante saudável não ter contaminação do rúmen, mesmo com o contato de vários micro-organismos diariamente através dos alimentos, água e ar. E ele é dinâmico, pois a sua população muda consideravelmente de acordo com a dieta do animal (OLIVEIRA; ZANINE; SANTOS, 2007).

A maioria dos transtornos metabólicos causa alterações iniciais detectáveis principalmente no líquido ruminal. A análise deste pode ser realizada mediante provas e equipamentos muito simples e baratos, quando comparados com outros tipos de exames (BOUDA; QUIROZ-ROCHA; GONZÁLEZ, 2000).

O estudo do suco ruminal pode diagnosticar como também pode ser utilizado na terapêutica de problemas no trato digestório. O seu uso é recomendado nas indigestões primárias de origem alimentar e como auxílio no tratamento de problemas que alteram as funções dos pré-estômagos ou de doenças metabólicas (SOUZA, 1990).

## 2.3 Análise do líquido ruminal e coleta de amostra

A avaliação do suco ruminal se inicia com a coleta da amostra, e posteriormente com a avaliação física, química e microbiológica. O médico veterinário ou pesquisador irá determinar qual a técnica é melhor para a obtenção da amostra, para isso ele deve levar em consideração o propósito da investigação e o parâmetro que deseja analisar (VIEIRA, 2007).

A coleta do líquido ruminal pode ser feita pela colocação de uma fístula ruminal ou por uma sonda oro-gástrica. O uso da primeira técnica exige intervenção cirúrgica para a colocação da fístula, aumentando os gastos do procedimento, contudo essa maneira facilita a colheita e a homogeneização do conteúdo ruminal. Na colheita da amostra através da sonda se torna mais simples e com um gasto menor, permitindo a realização dessa avaliação com um maior número de animais

e em animais a campo. Entretanto, nessa técnica pode haver contaminação por saliva, o que pode gerar dúvidas no resultado final do exame (SALLES, 2003).

Lavezzo, Faria e Mattos (1988) concluíram que as amostras obtidas através do uso da fístula teriam valores reais dos parâmetros de fermentação, enquanto que a colheita por sonda seria indicada para se avaliar a eficácia dos tratamentos. Segundo Oliveira et al. (1999), o conteúdo ruminal obtido por meio da sonda é o menos indicado para a obtenção dos teores de ácidos graxos voláteis e de nitrogênio amoniacal. Estes mesmos autores também concluíram que o método de coleta não afeta o número total de protozoários, porém a coleta manual, isto é, a coleta realizada por meio da fístula aumenta o número de protozoários holotríquios.

### 2.3.1 Avaliação física

No exame físico, os parâmetros avaliados são: cor, odor e consistência do líquido. Ainda deve-se observar a sedimentação e flutuação. A cor do líquido dependerá do tipo de alimentação fornecida ao animal, podendo ser com tons de verde oliva em animais que se alimentam apenas com volumoso, marrom amarelado ou verde amarelado em animais alimentados com silagem. A cor também pode indicar como está a nutrição do animal e se ele está com estase ruminal ou acidose ruminal. Quando o líquido apresenta-se cinza leitoso ou cinza amarelado é sugestivo de acidose ruminal; já o líquido verde enegrecido é sugestivo de estase ruminal e em casos de putrefação do conteúdo rumino-reticular (GARRY, 2006).

O odor “*sui generis*” lembra ao cheiro do alimento consumido pelo animal. Em animais com distúrbios digestivos há alteração no cheiro, tornando-se repugnante, azedo ou ácido em casos de acidose ruminal; pútrido quando há putrefação ruminal ou em casos em que o alimento fica parado dentro do rúmen, gerando um quadro de empanzimento; amoniacal pode ser sugestivo de intoxicação por amônia e o odor insípido em líquido ruminal inativo (DIRKSEN, 1993). E ainda segundo Neto et al. (2005) o odor ácido pode ser classificado em levemente ácido, moderadamente ácido e ácido.

O líquido ruminal deve ser levemente viscoso, ao contrário disso, quando se apresenta meio aquoso, pode estar inativo; também pode apresentar bolhas pequenas em caso de timpanismo espumoso. Se a amostra estiver contaminada por saliva, a consistência fica bastante viscosa (DIRKSEN, 1993; GARRY, 2006).

A prova de sedimentação e flutuação consiste em deixar em repouso uma amostra do conteúdo do líquido ruminal e medir o tempo em que aparecem os eventos de sedimentação e flutuação (RADOSTITS; MAYHEW; HOUSTON, 2002). Este teste mede a capacidade de fermentação através da produção de gás pelas bactérias ruminais. No processamento das amostras, as partículas menores (a parte



fibrosa digerida) começam a decantar para o fundo do tubo e as maiores (a parte fibrosa não digerida) flutuam para a superfície pelas bolhas de gás provenientes da fermentação. Se isso não ocorrer indica a ausência de digestão, ausência de fibra na dieta ou ainda ausência de bactérias e protozoários no rúmen (sem fermentação). O líquido ruminal inativo pode apresentar rápida sedimentação e flutuação ausente. Em bovinos saudáveis, essa separação ocorre de 4 a 8 minutos, dependendo do tipo e do tempo passado desde a sua última alimentação (DIRKSEN, 1993).

### *2.3.2 Avaliação química*

O exame químico se inicia com a determinação do potencial hidrogeniônico (pH) através da imersão da fita de pH na amostra. Esse parâmetro é um indicador sensível da dinâmica normal do rúmen. Os valores sofrem interferência da alimentação, podendo variar entre 5,5 a 7,4, tendendo a ser mais ácido quando a alimentação é composta principalmente por concentrados, e aproxima-se do limite superior em animais alimentados com forragem. O tempo decorrido da última ingestão de alimento até o momento da colheita do líquido também interfere no valor do pH (GARRY, 2006).

Quando a alimentação é baseada em concentrados, o animal leva menos tempo para mastigar e digerir a ração ofertada, assim, há uma produção acelerada de ácidos graxos voláteis e um menor fluxo de saliva, o que levará a diminuição do valor do pH. Já em animais que possuem uma dieta baseada principalmente em volumoso, as fibras dessas plantas levam mais tempo para serem digeridas, assim o animal tenderá a ruminar durante mais tempo e misturar o alimento com mais saliva, por isso há a elevação do valor do pH. Isto também ocorre depois de um longo tempo sem ofertar alimento (jejum), devido à elevação da quantidade de saliva presente no rúmen (SOUZA, 1990).

O método da coleta também pode interferir nesse teste. Quando o fluido é obtido através da sonda oro-gástrica pode haver a contaminação por saliva, e esta por ter caráter alcalino influencia no valor do pH, o deixando elevado. (SALLES et al., 2003) A alcalose e a putrefação ruminal são alguns dos processos patológicos que também agem elevando o pH (DIRKSEN, 1993).

O pH pode apresentar valores menores de 4,0 em quadros de acidose ruminal devido à maior concentração e acúmulo de ácido lático (OWENS et al., 1998).

O volume coletado é outro fator que pode influenciar no resultado final. Se for coletado um volume entre 100 e 300 ml, o efeito tamponante da saliva é minimizado e o valor do pH alterado (GARRY, 2006).

A prova de redução do Azu de Metilene – PRAM, avalia a atividade da flora

bacteriana presente no líquido ruminal. O corante azul de metileno é adicionado à amostra para ser degradado pelas bactérias, fazendo com que a amostra retorne a sua cor original. A parte da amostra que fica em contato com o ar permanece corada, em razão da grande maioria das bactérias ruminais ser anaeróbicas (DIRKSEN, 1993).

O teste é baseado na medição do tempo transcorrido desde a adição do corante até o retorno da cor original da amostra. Os tempos de redução são interpretados da seguinte forma: de 3 a 6 minutos a microflora é considerada normal, mais de 8 minutos pode sugerir uma indigestão simples, e em mais de 30 minutos pode ser sugestivo de acidose aguda (RADOSTITS; MAYHEW; HOUSTON, 2002). O tempo de redução quando prolongado para mais de 15 minutos pode indicar inatividade da flora bacteriana (GARRY, 2006).

O teor de Cloretos (TC) é um importante indicativo da disfunção gastrointestinal, pois mede a concentração de cloretos no fluido ruminal. O ácido clorídrico produzido no estômago verdadeiro, ou seja, no abomaso, normalmente segue o fluxo da digestão em direção aos intestinos juntamente com o alimento. No entanto, o conteúdo tende a retornar para o rúmen em casos de obstrução do fluxo ou por estase do abomaso e/ou do intestino, assim, o teor de cloretos no fluido pode aumentar (DIRKSEN, 1993).

A quantificação da acidez, expressa em unidades clínicas, é determinada pelo teor de ácidos tituláveis presentes na amostra, através do teste de acidez total titulável (ATT). O valor normal de ATT no fluido ruminal é de 8 a 25 UC, e em casos de hiperacidose esse teor pode chegar a 70 UC. Esse teste é influenciado pela atividade microbiana, e conseqüentemente pela alimentação, pois a dieta fornecerá substrato necessário às bactérias para estas produzirem ácidos graxos voláteis, determinando a acidez (DIRKSEN, 1993).

Feitosa et al. (1993), em seus estudos com ovinos criados extensivamente, encontrou níveis maiores no verão do que no inverno, estes valores podem ser reflexo da maior ingestão de capim nesta época, como também podem ser atribuídos à maior porcentagem de proteínas no pasto nesse período, intensificando a taxa de fermentação e, conseqüentemente, a concentração dos ácidos graxos voláteis (AGV).

### *2.3.3 Aspectos microbianos do fluido ruminal*

O rúmen é considerado um ecossistema único e diverso, povoado por micro-organismos, como as bactérias, os fungos e os protozoários. Sendo de 60 a 90% da biomassa microbiana composta por bactérias (Kozloski, 2011). A população de micro-organismos que habita o rúmen é bastante diversificada, possuindo inúmeras

espécies. Para uma espécie ser considerada pertencente à microbiota ruminal, ela deve ser anaeróbia, gerar subprodutos no rúmen e apresentar crescimento ativo, ou seja, apresentar metabolismo conciliável com as condições ambientais de um rúmen normal (STEWART; FLINT; BRYANT, 1997).

As bactérias ruminais são indispensáveis para a saúde dos ruminantes, assim como para a manutenção da produtividade destes animais (WELKIE; STEVENSON; WEIMER, 2010). Estes micro-organismos são os seres mais diversos no conteúdo ruminal, tanto em número quanto em atividade metabólica. Assumem grande importância no processo de fermentação e na degradação das fibras obtidas através da alimentação (WLODARSKI et al., 2017). O tipo de alimento fornecido ao animal influencia na quantidade e qualidade da flora bacteriana. Há predominância de formas grandes de bactérias quando o animal recebe alimento rico em fibra. Já na alimentação rica em amido, a população é mais uniforme (HUNGATE, 1996).

O surgimento de formas geralmente não observadas, bem como a ausência de bactérias normais para o tipo de alimento fornecido ao animal podem ser sinais de um transtorno digestivo (DIRKSEN, 1993). Segundo Arcuri, Lopes e Carneiro (2006) as bactérias podem ser classificadas de acordo com o tipo de substrato degradado e dos produtos finais da fermentação. Sendo assim, podem ser denominadas como fermentadoras de carboidratos estruturais (celulolíticas), fermentadoras de carboidratos não-estruturais, sendo estas as amilolíticas e pectinolíticas, como também metanogênicas, proteolíticas, lipolíticas e lácticas.

As bactérias fermentadoras de carboidratos estruturais são gram-positivas. Elas degradam a celulose, formando o acetato que servirá de substrato para as demais bactérias, principalmente para as metanogênicas (Kamra, 2005).

Algumas das principais bactérias celulolíticas são *Ruminococcus flavefaciens*, *Fibrobacter succinogenes* e *Ruminococcus albus*, são elas que aderem ao substrato, onde 91% das atividades endoglucanas são de responsabilidade delas (BEELEN, 2006). Celulolíticas produzem principalmente, acetato, propionato, butirato, succinato, CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>, bem como liberados também etanol e lactato (HUNGATE, 1966).

As bactérias Amilolíticas são gram-negativas e são responsáveis por digerirem o amido, nessa digestão ocorrerá à formação do propionato, que será utilizado como precursor da gliconeogênese nos ruminantes (Kamra, 2005).

São bactérias que precisam se encontrar em um pH mais baixo do que 5,8 para atuar, ou seja o pH do líquido ruminal vai ter influência na degradação dos alimentos. As mesmas são responsáveis por digerir o amido da alimentação e transformá-lo em propionato, que é o precursor da gliconeogênese que é a responsável pela síntese da glicose (LETÍCIA, 2017).

Principais espécies envolvidas são *Bacteróides amilophilus*, *Streptococcus*

*bovis* e *Selenomonas ruminantium*, são elas as principais fermentadoras do amido, porém são incapazes de utilizar monossacarídeos (SIQUEIRA, 2014)

Assim como as bactérias amilolíticas, as pectinolíticas dependem do pH para atuarem onde iram fermentar pectina (OLIVEIRA; ZANINE; SANTOS, 2007).

As Bactérias Metanogênicas são capazes de produzir metano. Estas bactérias são especialmente importantes para o ecossistema ruminal, pois tem um papel importante na fermentação pela remoção das moléculas de H<sub>2</sub> (TEIXEIRA, 1991). Comparada às outras bactérias as metanogênicas são diferenciadas por causa da parede celular, pois nessa bactéria é ausente (KOZLOSK, 2011). São elas que viabilizam o funcionamento do rúmen, pois funciona como um dreno de hidrogênio. O volume produzido pelos bovinos de metano é considerado grande e uma preocupação mundial por ser considerado um importante emissor de gases que causam o efeito estufa. São do grupo de microrganismos Archeae (SIQUEIRA, 2014).

As Proteolíticas são bactérias gram-positivas, capazes de degradar proteína. Nessa degradação há a liberação de amônia e ácidos graxos voláteis. São bactérias que degradam mais intensamente as proteínas do que as demais (OLIVEIRA; ZANINE; SANTOS, 2007). A proteolítica diferente das demais bactérias ela não precisam do aminoácido para seu crescimento, algumas outras bactérias são até incapazes de crescer usando a fermentação dos aminoácidos, elas usam carboidrato como fonte de energia para crescimento, comparada as outras bactérias as proteolíticas fazem a desaminação dos aminoácidos em taxa 20 vezes maior do que as demais (SIQUEIRA, 2014).

Considerando as bactérias anaeróbicas facultativas em sua localização, estão associadas principalmente à parede celular do rúmen. Os principais gêneros são *Lactobacillus sp.* e *Streptococcus sp.*, onde vão digerir celular epiteliais mortas bem como apresentam papel importante nas atividade ureolíticas, apesar de ter importância na fermentação as bactérias anaeróbicas facultativas não exercem nem 1% da microbiota total do rúmen (SIQUEIRA, 2014). Já as Lipolíticas são bactérias que faz a hidrólise dos triglicerídeos em glicerol (OLIVEIRA; ZANINE; SANTOS, 2007). As bactérias lácticas são usadas para servir de substrato energético (KOZLOSK, 2011). A produção de ácido láctico no rúmen é maximizada quando a fermentação pelas bactérias lácticas (TOMICH 2003).

#### 2.3.4 Protozoários

São conhecidos como infusórios da fauna ruminal e não são essenciais para o funcionamento do rúmen, visto que animais desfaunados conseguem viver bem. Porém, é certo que os protozoários vivem em simbiose com o próprio ruminante e

com a flora bacteriana, controlando seu crescimento e metabolismo, e tornando o meio propício à fermentação (VAN SOEST, 1994).

Os protozoários ruminais são estritamente anaeróbios e são considerados proteína de alta qualidade biológica. Podem ser de diferentes tamanhos, grandes, médios ou pequenos. E em distúrbios digestivos, os primeiros a serem mortos são os grandes protozoários, seguidos pelos médios, e por fim, os pequenos (DIRKSEN, 1993).

Os holotríquios e os oligotríquios são os dois principais grupos de protozoários. O primeiro grupo apresenta morfologia simples e cílios por todo o corpo, como os protozoários dos gêneros *Isotricha* e *Dasytricha*, já o segundo apresenta morfologia complexa e cílios distribuídos em algumas áreas do corpo, como os dos gêneros *Entodinium sp.*, *Diplodinium sp.*, *Epidinium sp.* e *Ophryoscolex* (BACILA, 2003).

A densidade de população e a intensidade de movimentos destes microorganismos são as características mais importantes a serem avaliadas no exame microbiológico do líquido ruminal. Esses seres, por serem grandes, podem ser vistos a olho nu em uma amostra recém-coletada. Assim, o exame dos protozoários pode ser feita de duas formas: em um tubo de vidro ou em uma lâmina com a gota do líquido para ser visualizada no microscópio óptico com o aumento de 100 vezes (BOUDA, QUIROZ-ROCHA, GONZÁLEZ, 2000).

A sua densidade é classificada em abundante (+++), moderada (++) , escassa (+) ou ausente. A classificação da motilidade também segue o mesmo padrão, sendo considerada ausente quando os infusórios estão mortos. (DIRKSEN, 1993).

## 2.4 Utilidade do exame

A avaliação do líquido ruminal pode ser utilizada para detectar a maioria dos transtornos metabólicos e anomalias digestivas provocadas pela dieta (BOUDA, QUIROZ-ROCHA, GONZÁLEZ, 2000). Além disso, essa análise pode servir como uma ferramenta importante na prevenção de doenças, possibilitando o tratamento de diferentes afecções digestivas, através da substituição da flora do rúmen por meio da transfaunação (PEREIRA et al., 2018).

A transferência de certo volume de suco ruminal proveniente de um animal sadio para um receptor doente é denominado transfaunação. É um procedimento muito utilizado na clínica buiátrica para o tratamento de transtornos metabólicos e digestivos (PEREIRA et al., 2018). A amostra a ser transferida de um animal ao outro deve ser obtida de um ruminante sadio, e este ainda deve possuir os mesmos hábitos alimentares, isto é, a mesma alimentação que o animal receptor (SMITH, 2015).

O volume a ser transferido e a frequência de administrações são variáveis, dependendo do quadro clínico em que se encontra o animal, não existindo um

protocolo estabelecido (PEREIRA et al., 2018). Restabelecer a população microbiana e a atividade fermentativa nos pré-estômagos é o objetivo da realização da transfaunação, sendo assim, ela é indicada nos casos de indigestões e quando a microbiota ruminal estiver comprometida, tendo a sua atividade reduzida (PUGH, 2004; RADOSTITS et al., 2007).

A análise do líquido é importante na rotina da clínica de grandes animais, onde pode observar se houve redução da atividade das bactérias que vivem em simbiose com o animal, já na avaliação dos protozoários é analisada a densidade da população a intensidade dos movimentos (ZILIO, 2008). Após a coleta é feito várias análises e quando alterado pode ser sugestivos de inúmeras patologias, com relação à consistência do líquido quando se observa espuma é associado a timpanismo espumoso.

O odor já é associado a outras patologias como o líquido ruminal, onde amostra que não contenha odor pode se associar a líquido inativo no animal, já aquela amostra que contém odor de mofo ou algo podre é indicativo de putrefação de proteínas, ácido láctico sendo formado em abundância, onde esse ácido láctico em grandes quantidades no rúmen pode desenvolver uma acidose láctica. É feito a sedimentação e flutuação do líquido que o tempo esperado é de 4 a 5 minutos, porém quando o tempo é muito superior a isso pode vim a pensar em uma acidose. A cor informa algumas coisas, cor leitoso ou cinza é característico em animais com acidose ruminal, e a cor verde muito escura sugestivo de alcalose ruminal ou putrefação (REAGRO, 2018).

Quando o exame é realizado inicialmente as doenças ruminais e metabólicas podem ser detectada pelo líquido rumina, urina e leite, onde terá mais alterações significativas do que o próprio sangue (BAUDA, 2000). A utilização da avaliação do líquido ruminal é imponte para diagnosticar anormalidades no sistema digestivo provocado pelo mau manejo ou patologias, onde pode ser um exame de grande importância na veterinária para prevenção de doenças metabólicas, onde pode também ser analisado esse líquido do rúmen para ser feito uma substituição de flora de um animal sadio para um enfermo (REAGRO, 2018).

### 3 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O exame do líquido ruminal é de grande importância para a clínica de grandes animais, principalmente para a clínica de ruminantes. Vários transtornos ruminais e metabólicos podem ser detectados e diagnosticados através da realização desse exame, sendo este o exame de eleição por ser eficaz, simples e econômico. Além disso, ele também pode ser utilizado para prevenção de doenças metabólicas e digestivas através da transfaunação. Sendo assim, a avaliação do líquido ruminal

deve acontecer sempre que o animal apresentar sinais sugestivos de problemas metabólicos e ruminais. Onde não são encontrados motilidade ruminal, ruminação suspeita de ácidos.

## REFERÊNCIAS

- ARCURI, P. B.; LOPES, F. C. F.; CARNEIRO, J. C. Microbiologia do rúmen. In: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. **Nutrição de Ruminantes**. Jaboticabal: Funep, p. 111-116, 2006.
- BACILA, M. Bioquímica do rúmen. In: \_\_\_\_\_. **Bioquímica veterinária**. 2.ed. São Paulo: Robe, 2003. Cap.6, p. 167-181.
- BAUDA, J.; ROCHA, G. F. Q.; BARCELOS, A.F. et al. **Fatores antinutricionais da casca e da polpa desidratada de café (Coffea arabica L.) armazenadas em diferentes períodos**. Revista Brasileira Zootecnia. v. 30, n. 4, 1316-1324, 2001.
- BEELEN, G. M. et al.. **Efeito dos taninos condensados de forrageiras nativas do semi-árido nordestino sobre o crescimento e atividade celulolítica de Ruminococcus flavefaciens FD1**. Arq. Bras. Med. Vet. Zootec., v.58, n.5, p.910-917, 2006.
- BOUDA, J.; QUIROZ-ROCHA, G.; GONZÁLEZ, F. H. D. Importância da coleta e análise de líquido ruminal e urina. In: GONZÁLEZ, F. H. D.; BORGES, J. B.; CECIM, M. **Uso de provas de campo e de laboratório clínico em doenças metabólicas e ruminais dos bovinos**. Porto Alegre: Gráfica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2000. P. 13-16.
- DIRKSEN, G. Sistema digestivo. In: Dirksen G; Grunder H.D.; Stober M. **Exame Clínico dos Bovinos**. 3.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1993. p.166-228.
- FEITOSA, F.L.F. et al.. **Determinação da Concentração Hidrogeniônica (pH) e Acidez Total Titulável do líquido ruminal de ovinos das raças Merino Australiano e Corriedale criados em regime extensivo de pastagem**. Braz. J. vet. Res. anim. Sci. v.30. p.51-54, 1993.
- GARRY F.B. Indigestão em ruminantes. In: Smith B.P. **Medicina interna de grandes animais**. 3.ed. Barueri-SP: Manole, 2006. p.722-747.
- HUNGATE, R.E. **The rumen and its microbres**. Nova York: Academic Press, 1996.
- KAMRA, D.N. Rumen microbial ecosystem. **Curr. Sci.**, v. 89. n. 1. p. 124-134, 2005.
- KOZLOSKI, G.V. **Bioquímica dos ruminantes**. 3.ed. Santa Maria: Editora da Universidade Federa de Santa Maria, 2011. 212 p.
- LAVEZZO, O.E.N.M.; FARIA, V.P.; MATTOS, W.R.S. **Influência de métodos de coleta de fluido ruminal sobre os parâmetros de fermentação em bovinos alimentados com diferentes fontes de proteína**. Rev. Soc. Bras. Zootec., v.17, p.281-291, 1988.
- LETÍCIA W. **Determinação e quantificação de protozoários ciliados e bactérias do rúmen de bovinos em pastagens temperadas e tropicais**. 2017. 68f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária). Universidade Tecnológica Federal do Paraná Departamento de Zootecnia. 2017.
- NETO, E.G.M. et al. **Estudo clínico e características do suco ruminal de caprinos com acidose láctica induzida experimentalmente**. Pesq. Vet. Bras. v.25, n. 2, p. 73-78, abr./jun. 2005.

OLIVEIRA, J.S. ; ZANINE, A.M.; SANTOS, E.M. **Diversidade microbiana no ecossistema ruminal.** Rev. electrón. vet. Viçosa, v. 8, n. 6. 2007. Disponível em: <<http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n060607.html>> Acesso em: 30 out, 2018.

OLIVEIRA, M. D. S. et al. **Efeito de métodos de coleta de fluido ruminal em bovinos sobre alguns parâmetros ruminais e microbiológicos.** Pesq. agropec. bras., Brasília, v. 34, n. 5, p. 867-871, May 1999. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-204X1999000500019&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X1999000500019&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 30 out. 2018.

OLIVEIRA, V. S.; SANTANA NETO, J. A.; VALENÇA, R. L. **Características químicas e fisiológicas da fermentação ruminal de bovinos em pastejo – revisão de literatura.** Revista científica eletrônica de medicina veterinária. Garça – SP, Ano XI – Número 20 – Janeiro de 2013 – Periódicos Semestral. Disponível em: <[http://faef.revista.inf.br/imagens\\_arquivos/arquivos\\_destaque/ArUrZtm2EdeQKqr\\_2013-6-21-15-40-8.pdf15-40-8.pdf](http://faef.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/ArUrZtm2EdeQKqr_2013-6-21-15-40-8.pdf15-40-8.pdf)> Acesso em: 07 out. 2018.

OWENS et al. **Acidosis in cattle: a review.** J. Anim. Sci. Stillwater.1998. Disponível em: <<http://animalrange.montana.edu/documents/courses/ANSC320/Owensetal1998acidosisreview.pdf>> Acesso em: 31 out, 2018.

PEREIRA, P. F.V. et al. **Importância da transfaunação no tratamento da acidose láctica ruminal aguda induzida em cabras e ovelhas.** Pesq. Vet. Bras., Rio de Janeiro, v. 38, n. 4, p. 670-678, abr. 2018. Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-736X2018000400670&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-736X2018000400670&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso em : 01 no, 2018.

PUGH, D.G. **Enfermidades do sistema gastrointestinal.** In:\_\_\_\_\_. **Clínica de Ovinos e Caprinos.** São Paulo: Editora Roca, 2004. p.77-118.

RADOSTITS, O.M.; MAYHEW, I.G.J.; HOUSTON, D.M. **Exame Clínico e Diagnóstico em Veterinária.** 1 ed., Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p. 332–338, 2002.

RADOSTITS, O.M. **Diseases of the alimentary tract II.** In:\_\_\_\_\_. **Veterinary Medicine: a textbook of the diseases of cattle, horses, sheep, pigs and goats.** 10.ed. Philadelphia: Saunders Elsevier, 2007. p.293-382.

REAGRO BLOG. **Conheça os parâmetros de avaliação do líquido ruminal.** 2018 Disponível em:<https://reagro.com.br/blog/avaliacao-do-liquido-ruminal/>. Acesso em: 08 out. 2018.

SALLES, M.S.V. et al. **Avaliação de colheita de líquido ruminal por fístula ou sonda esofágica em bovinos.** Arq. Bras. Med. Vet. Zootec., Belo Horizonte, v. 55, n. 4, p. 438-442, Aug. 2003. Disponível em:<[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-09352003000400008&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-09352003000400008&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 31 Out, 2018.

SIQUEIRA, G. B. **Energia e Proteína na Nutrição de Ruminantes.** 2014. 51f. Dissertação (Doutorado em Zootecnia) Universidade Federal de Lavras, Palmas – TO, 2014.

SMITH, B.P. **Indigestion in ruminants.** In: \_\_\_\_\_. **Large Animal Internal Medicine.** 5. ed. St Louis: Elsevier Mosby, 2015. p.777-799.

SOUZA, P. M. **Conservação de suco de rúmen: avaliação das características macroscópicas, microscópicas e de determinadas provas funcionais.** 1990. 87f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.1990.

STEWART, C. S.; FLINT, H. J.; BRYANT, M. P. **The rumen bacteria.** In: Hobson, P.N.; Stewart, C. S. **The Rumen Microbial Ecosystem.** 2.ed. Nova York: Blackie Academic e Professional, 1997. Cap.2. p. 10-72.

TEIXEIRA, J.C. **Nutrição dos Ruminante.** Lavras: ESAL/ FAEPE, 1991.



TOMICK, T. R. **Características Químicas para Avaliação do Processo Fermentativo de Silagens: uma Proposta para Qualificação da Fermentação.** Embrapa, v 57, p. 20, 2003.

VAN SOEST, J.P. **Nutritional ecology of the ruminant.** New York: Cornell University, 1994.

VIEIRA, A.C.S. **Características do fluido ruminal em ovinos da raça Santa Inês criados sob regime extensivo.** 2007. 63f. Dissertação (Mestrado em Ciência Veterinária) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2007.

WATTIAUX, M.A.; HOWARD, W.T. **Processo Digestivo na Vaca de Leite.** 2018. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/documents/1354377/1743402/1%29+processo+digestivo+na+vaca+de+Leite.pdf/8e4d9ca4-204c-4821-8683-e7b7e41980ef?version=1.0>> Acesso em: 23 out.2018.

WELKIE, D.G.; STEVENSON, D.M.; WEIMER, P.J. **Analysis of ruminal bacterial community dynamics in lactating dairy cows during the feeding cycle.** Anaerobe.. p. 94-100. 2010.

WLODARSKI, L. et al. **Microbiota ruminal: diversidade, importância e caracterização.** Rev. electrón. vet. v.18, n.11.2017. Disponível em: <<http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n111117/111715.pdf>> Acesso em: 31 out, 2018.

ZILIO, B. S. et al.. **Análise do líquido ruminal – revisão de literatura.** Revista científica eletrônica de medicina veterinária. Garça-SP, ano VI, número 11, Julho de 2008 .

## IMPORTÂNCIA DA AVALIAÇÃO ANDROLÓGICA NA SELEÇÃO DE TOUROS EM FAZENDAS DE LEITE

*Data de aceite: 12/05/2020*

*Data de submissão: 04/02/2020*

### Jaci de Almeida

Centro Universitário de Barra Mansa - UBM,  
Barra Mansa - RJ.

<http://lattes.cnpq.br/0496544397311361>

### Maria Clara Stornelli Amante

Centro Universitário de Barra Mansa - UBM,  
Barra Mansa - RJ.

<http://lattes.cnpq.br/4704919077359287>

### Oswaldo Almeida Resende

Embrapa Agrobiologia, RJ,  
Seropédica - RJ.

<http://lattes.cnpq.br/8880214526674810>

**RESUMO:** A pecuária leiteira do Estado do Rio de Janeiro caracteriza-se pelas baixas taxas de fertilidade e desfrute, principalmente pela utilização de touros inférteis e subférteis na reprodução. Com o objetivo de confirmar esta hipótese, exames andrológicos foram realizados em uma fazenda de leite tecnificada. Os resultados médios encontrados para a motilidade espermática =  $34,5 \pm 31,5$ ; vigor =  $1,5 \pm 1,2$ ; concentração espermática =  $335 \pm 338,3$ ; defeitos maiores =  $4,5 \pm 3,1$  e defeitos menores =  $24,4 \pm 7,8$  permitiram as seguintes

considerações: do total de touros examinados (11), 18,2%(1 G e 1 GH) foram considerados Satisfatórios, 45,4%(3 G e 2 H) Questionáveis/Aptos com Restrição, 18,2%(1 G e 1 GH) Insatisfatórios/Ináptos Temporários e 18,2%(2 H) Insatisfatórios/Ináptos para a reprodução. Diante da alta prevalência de touros subférteis (questionáveis e insatisfatórios) conclui-se, que os touros utilizados na monta natural, são os principais responsáveis pelas baixas taxas de fertilidade do rebanho leiteiro. Em face dos resultados encontrados, os quais provavelmente refletem a situação reprodutiva da exploração, na maioria das propriedades do Estado, é economicamente recomendada a utilização do exame andrológico periódico de rotina, para evitar o uso de touros andrológicamente inferiores.

**PALAVRAS-CHAVE:** Exames andrológicos, touros leiteiros, potencial reprodutivo.

### IMPORTANCE OF ANDROLOGICAL EVALUATION IN THE SELECTION OF BULLS ON DAIRY FARMS

**ABSTRACT:** Dairy farming in the State of Rio de Janeiro is characterized by low fertility rates and enjoy, mainly by the use of infertile and subfertile bulls in natural mating. In order to

confirm this hypothesis, andrological examinations were carried out on a technified dairy farm. The average results found for sperm motility =  $34.5 \pm 31.5$ ; vigor =  $1.5 \pm 1.2$ ; sperm concentration =  $335 \pm 338.3$ ; major defects =  $4.5 \pm 3.1$  and minor defects =  $24.4 \pm 7.8$ , allowed the following considerations to be made: of the total number of bulls examined (11), 18.2%(1 G and 1 GH) were considered Satisfactory, 45.4%(3 G and 2 H) Questionable/Apt with Restriction, 18.2%(1 G and 1 GH) Unsatisfactory/Temporary Inept and 18.2%(2 H) Unsatisfactory/Inept for reproduction. In view of the high prevalence of subfertile bulls (questionable and unsatisfactory), it can be concluded that the bulls used in natural breeding are the main responsible for the low fertility rates of the dairy herd. In view of the results found, which probably reflect the reproductive situation of the farm, in most of the properties of the State, it is economically recommended to use the routine periodic andrological examination, to avoid the use of andrologically inferior bulls.

**KEYWORDS:** Andrological examinations, dairy bulls, reproductive potential.

## 1 | INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos expoentes na pecuária mundial, sendo o quinto maior país em extensão territorial e possuindo o maior rebanho bovino comercial do mundo, com 221,81 milhões de cabeças (IBGE, 2018). Dentre os principais estados produtores de leite, a inseminação artificial é aplicada entre 9 a 15% nas fêmeas em idade reprodutiva, conforme dados da ASBIA. Já para o ano de 2019, foram comercializadas 15,4 milhões de doses de sêmen (ASBIA, 2019), tendo grande parte desse material sido utilizado para a Inseminação Artificial em Tempo Fixo (IATF).

Diante dos dados supracitados fica explícita a importância dos touros dentro do contexto da pecuária leiteira, uma vez que entre 85 a 91% das fêmeas são servidas por touros através da monta natural (MN). No entanto, esse alto percentual de touros utilizados, não indica que esses animais possuam potencial genético, ou se quer passem por avaliação andrológica completa, permitindo informar tecnicamente se o reprodutor tem capacidade para copular e seja capaz de fertilizar.

No tocante ao uso de touros de leite na MN são escassos os trabalhos encontrados na literatura nacional, mesmo sendo os touros utilizados em mais de 85% das propriedades para a MN. Em estudo realizado por Almeida et al. (2007), avaliando 35 propriedades leiteiras, foi reportado que apenas 48,6% dos touros utilizados na região Sul Fluminense - RJ estavam aptos à reprodução. Porém os autores fazem um alerta, pois nem sempre um touro considerado satisfatório está apto para a reprodução, um exemplo disso é que de 28 touros considerados satisfatórios (Almeida et al., 2007), apenas 17 estavam aptos a reprodução. Trabalhos no exterior

também relataram a elevada percentagem de touros utilizados para a reprodução na pecuária leiteira, sem que haja uma adequada seleção e manejo (CHENOWETH e LARSEN, 1992).

Há consenso entre os pesquisadores em andrologia, de que os touros selecionados andrologicamente proporcionam um maior retorno econômico e um ganho em índices zootécnicos para as propriedades. O valor do acréscimo de fertilidade com o exame andrológico (EA) foi de 6% a mais em touros aprovados na avaliação andrológica, frente a touros não avaliados (WILTBANK e PARRISH, 1986).

Quanto ao impacto econômico do uso do EA no Brasil Menagassi et al. (2011) estimaram que a equação benefício/custo era de 36:1 para fazendas de gado de corte. Corroborando com Chenoweth (2000) que trabalhando com gado de corte nos USA, obtiveram uma relação benefício/custo de 17:1 e por Dwyer (2013) em gado leiteiro (14:1).

A utilização de touros a campo é altamente empregada na pecuária nacional, tornando a avaliação andrológica de extrema importância para melhorar a eficiência reprodutiva. Neste contexto, esse estudo teve como objetivo verificar a prevalência de reprodutores inférteis e subférteis em serviço, sendo utilizados nos plantéis leiteiros de uma propriedade leiteira tecnificada.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

A avaliação andrológica foi realizada em reprodutores bovinos de leite *Bos taurus taurus* e *Bos taurus indicus*, de diferentes raças, em uma fazenda de leite tecnificada na região Sul-Fluminense do Estado do Rio de Janeiro. Os exames foram executados no mês de maio de 2019, sendo os touros mantidos em pastagem de capim *Brachiaria decumbens* e *Brachiaria brizantha* (variedade Marandu), com sal e água *ad libitum*.

Foram avaliados 11 touros em sistema extensivo de MN convencional e controlada das raças Gir (G), Holandês (HO) e Girolando (GH).

Para a realização dos exames andrológicos foram seguidas as recomendações do Manual para Exame Andrológico e Avaliação de Sêmen Animal (CBRA, 2013). As coletas de sêmen foram realizadas com o auxílio do eletroejaculador Automático Biocon (12 volts - regularmente aferido e testado).

As características de peso corporal (PC), escore de condição corporal (ECC), perímetro escrotal (PE), consistência testicular (CT), volume (VOL.), motilidade (MOT.), vigor (VIG.) e concentração espermática/ejaculado (CONC/EJ), defeitos maiores (DM), defeitos totais (DT) e classificação andrológica por pontos (CAP), foram registrados em planilhas de campo do programa CAP (Melo, 2005).

A avaliação da motilidade espermática era realizada imediatamente pós-diluição final, sendo feita de forma subjetiva (microscópio de campo claro - T0 horas). Para a concentração espermática utilizou-se a contagem de células na câmara hematocitométrica de Neubauer numa diluição de 1:200 em solução formol-salina-tamponada (HANCOCK, 1957), também sob microscopia óptica convencional em aumento de 400 vezes (CBRA, 2013).

Posteriormente foi feita a morfologia espermática usando uma alíquota de 50 µL de sêmen adicionada a 1000 µL de uma solução formol-salina-tamponada (Hancock, 1957), depositando-se estes conteúdos de avaliação em tubos Eppendorff® cônicos de 1,5 mL, sendo a análise realizada em câmara úmida, com microscópio de contraste de fase em aumento de 1000 vezes. As patologias eram classificadas em defeitos maiores (DM), menores (Dm) e totais (DT), segundo o preconizado pelo (CBRA, 2013). Exames complementares para diagnósticos de Brucelose, Tuberculose, Tricomonose e Campilobacteriose foram realizados de acordo com Jesus (2008).

Para a avaliação reprodutiva dos touros examinados foi utilizado o SOFTWARE Classificação Andrológica por Pontos (CAP), usando os parâmetros: a) PE, b) motilidade/vigor e c) morfologia espermática, outorgando aos itens 40, 20 e 40 pontos, respectivamente, empregando cálculos recomendados por Fonseca (Melo, 2005). Para as demais avaliações foi utilizado o pacote STATA 12.0 Statistical Analysis Software (Statacorp, 2012).

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos com a avaliação andrológica de 11 touros, pertencentes a uma propriedade leiteira, que além da MN emprega as biotécnicas da reprodução IATF, FIV e TE estão registrados nas Tabelas 1, 2 e 3.

A presença de touros de várias raças, em fazendas de produção de leite, dificulta o manejo reprodutivo, pela dificuldade de manter os reprodutores separados nos piquetes e o risco de coberturas múltiplas impossibilitando a identificação de paternidade das crias, colocando em risco o aprimoramento genético das raças leiteiras nacionais.

Na região Sul Fluminense, Almeida et al. (2007) já haviam reportado a presença de vários touros de raças diferentes em rebanhos de leite não tecnificados, evidenciando que a situação não é recente no Estado do RJ.

Os valores para as características físicas do sêmen avaliado estão apresentadas na Tabela 1.

Touros	Parâmetros						
	Vol. (mL)	Turb. (1-5)	Mot. (%)	Vig. (1-5)	Conc. x10 <sup>6</sup> /mm <sup>3</sup>	DM (%)	DT (%)
1	2	1	20	1	780	5	33
2	7	1	65	2	390	13	39,5
3	12	0	60	2	375	2,5	21
4	-	-	-	-	-	-	-
5	8	1	40	2	250	3	31,5
6	-	-	-	-	-	-	-
7	1	2	55	2	1090	7	36
8	-	-	-	-	-	-	-
9	15	0	50	2	310	5,5	42
10	15	0	40	2	170	8	37
11	10	1	50	3	320	5	28
X±Dp	6,4±6,1	0,5±0,7	34,5±32,0	1,5±1,2	335±338,3	4,5±3.1	24,4±7.8

Tabela 1. Resultados para as principais características físicas e morfológicas do sêmen de touros leiteiros (n = 11) avaliados imediatamente pós-coleta.

Vol. = Volume; Turb. = Turbilhão; Mot. = Motilidade; Vig. = Vigor; Conc. = Concentração; DM = Defeitos maiores; DT = Defeitos totais; mL = mililitros; % = Porcentagem; mm<sup>3</sup> = Milímetros cúbicos; X = Médias; Dp = Desvios padrão e n = números.

Diante dos dados encontrados, para as características físicas do sêmen dos 11 touros avaliados, é possível verificar que nenhum dos animais atingiu todos os parâmetros mínimos recomendados pelo CBRA (2013), para que fossem utilizados na reprodução (MN). No entanto, apenas um exame andrológico não serve para avaliar o potencial reprodutivo de um touro, e julgá-lo capaz de ser utilizado ou não para reprodução. Isto porque, o exame andrológico avalia o animal naquele momento, e assim uma série de fatores podem ter contribuído para o resultado insatisfatório, o que certamente pode ser diferente se um reexame for realizado, principalmente no tocante as características físicas do sêmen.

Um bom exemplo pode ser retirado deste estudo, onde se verificou que 3 touros não apresentaram volume de ejaculado, sendo neste caso CAP considerado inválido. Sendo assim, não se pode afirmar, com apenas o resultado de um exame, que esse touro está impossibilitado de ser utilizado para a reprodução. Neste caso específico, os animais não ejacularam, devido ao elevado grau de estresse apresentado no momento da contenção, tendo deitados mais de uma vez no tronco e se machucado, o que impossibilitou a coleta do sêmen. No entanto, há caso de touros que realmente não ejaculam, não possuem espermatozoides no seu ejaculado (azoospermia) ou todos os espermatozoides estão mortos (necrospermia), nesses casos estes animais devem ser afastados da reprodução e terem seus exames repetidos 60 dias mais tarde, para verificar se a situação se normaliza, caso contrário deve ser retirado da reprodução.

Porém, é importante lembrar que os parâmetros do CBRA (2013) servem como

informações auxiliares na tomada de decisão, mas o conhecimento e o bom senso técnico, em alguns casos, pode ser fundamental para a utilização de um touro.

Em relação à motilidade espermática, que foi baixa para todos os touros nesse exame andrológico, cabem algumas considerações. Para os 2 animais mais jovens avaliados, provavelmente não haviam atingido a maturidade sexual o que pode explicar em parte os baixos percentuais de motilidade encontrados. Já para os 2 animais com maior idade (> 8 anos) além da questão de manejo e nutrição (MIES FILHO, 1987) um outro fator que pode comprometer a movimentação espermática é o envelhecimento dos espermatozoides (jejum sexual) uma vez que debilita a dinâmica espermática, pois quanto maior for a inatividade sexual, maiores variações de motilidade são observadas.

Os valores médios referentes as características físicas dos touros e pontuação do CAP para os parâmetros do sêmen, estão apresentados na Tabela 2.

Rep.	Raça	Parâmetros							
		Idade (mês)	PE (cm)	Peso (kg)	PE (40pts)	Mot/Vig (20pts)	DM/DT (40pts)	CAP (0-100)	Conc. CAP
1	G	65	36	680	32	3	14	49	Quest.
2	G	33	35	574	40	12	6,5	58,5	Quest.
3	G	117	41	750	40	12	25	77	Satisf.
4	H	30	36	637	24	0	0	-	Inval.
5	GH	25	38	590	40	3	21,5	64,5	Satisf.
6	H	48	39	687	40	0	0	-	Inval.
7	G	16	33	370	40	12	6,5	58,5	Quest.
8	GH	18	30	290	32	0	0	-	Inval.
9	G	27	24	250	10	3	14	27	Insat.
10	H	102	43	760	40	3	14	57	Quest.
11	H	84	44	820	40	3	6,5	49,5	Quest.
X	-	33	36,3	637	34,4	4,6	43,4	55,1	-
DP	-	35,5	5,8	195,1	9,7	4,9	62,9	14,4	-

Tabela 2. Características físicas e Classificação Andrológica por Pontos (CAP) para o sêmen de touros leiteiros (n = 11) avaliados imediatamente pós-coleta.

Rep. = Reprodutores; PE= Perímetro Escrotal; cm = Centímetros; kg = Quilogramas; Pts = Pontos; DM = Defeitos maiores; DT = Defeitos totais; Conc. = Conceito; G= Gir; H = Holandesa; GH= Girolando; Quest. = Questionável; Sat. = Satisfatório; Inv. = Inválido; X = Média e DP = Desvios padrão.

Esses valores médios permitem verificar que trata de alguns touros novos, sendo evidente a importância da realização do exame andrológico para evitar o uso de touros que ainda não atingiram a maturidade sexual, e que quando atingida e mantendo uma boa qualidade espermática poderiam ser utilizados para um número elevado de fêmeas, podendo reduzir o número de reprodutores na propriedade.

Em relação ao peso, apenas os dois touros mais jovens eram mais leves, com pesos abaixo de 300 kg.

Já para o perímetro escrotal (PE) os valores médios encontrados ( $36,3 \pm 5,8$ ) estão dentro da recomendação para cada raça de acordo com a idade. A técnica de avaliação do PE é utilizada por ser prática e econômica, e por apresentar alta repetibilidade,  $r = 0,98$ , (HAHN et al., 1969; GARCIA-DERAGON e LEDIC, 1989), qualidade do sêmen (SILVA et al., 1993), permitindo que grande número de touros sejam avaliados num mesmo dia.

Contudo, vale ressaltar que o PE nem sempre indica a produção e qualidade espermática, pois algumas patologias testiculares ou crônicas podem acarretar aumento do volume e conseqüentemente do perímetro do órgão. O aumento do perímetro escrotal tem sido relacionado com precocidade sexual, observando correlação favorável do perímetro escrotal com puberdade precoce nos filhos e nas filhas do reprodutor, corroborando com estudos realizados para a raça Nelore (BERGMANN et al., 1996 e GRESSLER et al., 2014).

Em relação as características morfológicas dos espermatozoides encontradas no estudo, o percentual médio para os DM (1 touro) e Dm (10 touros) estão acima dos valores recomendados pelo CBRA (2013), onde é preconizado um percentual máximo de DM  $\leq 10\%$  e Dm  $\leq 20\%$ . Almeida et al. (2007) reportaram vários touros holandeses com elevado percentual de patologias espermáticas. Novamente levando-se em conta o critério morfológico os touros seriam reprovados para uso na reprodução baseado apenas nesse exame andrológico.

Os resultados dessa avaliação permitem afirmar que touros *Bos taurus taurus* e *Bos taurus indicus*, criados extensivamente em regiões de clima quente, apresentam frequências elevadas de espermatozoides com anormalidades, em consequência das altas temperaturas e manejo deficiente da fazenda e alimentação com desequilíbrio nutricional (SIQUEIRA et al., 2012; GUIMARÃES, 2017), geralmente ocasionado por pastagens degradadas.

No presente trabalho, mesmo tendo sido realizadas as medidas de comprimento, largura, espessura testiculares e consistência testicular, optou-se por referenciar apenas o PE.

Os problemas físicos encontrados nos touros avaliados foram cifose (1 Holandês), hiperplasia inderdital (1 Holandês), fibrose na bainha prepucial e (1 Gir), sendo que os mesmos estavam presentes em diferentes animais. Estes reforçam a necessidade de se realizar exames andrológicos de rotina, para descartar das atividades reprodutores com avaliação questionável e insatisfatória. Em algumas patologias em que os animais podem não se recuperar como na cifose, fazendo com que o touro não consiga realizar o salto (devido a dores cervicais) e conseqüentemente a cópula, propiciando que muitas fêmeas não fiquem gestantes.

Galloway (1979) já alertava que alterações nos membros e cascos, principalmente nos posteriores, podem ser causas de baixa capacidade reprodutiva



de um animal em monta natural. Segundo Sorensen (1979), a manqueira prejudica, devido à dor, a detecção do cio, o ato da monta, e, mesmo, a cópula, comprometendo a taxa de fertilidade. Quanto aos fibromas interdigitais, laminites (provocados por suplementação desequilibrada), as artrites, artroses e a paresia espástica, são alguns dos problemas comprometedores da capacidade reprodutiva, em monta natural (GALLOWAY, 1979).

No Brasil são escassas as pesquisas em touros de leite, alertando para o elevado número de touros com problemas reprodutivos (ALMEIDA et al., 2007), indicando que os problemas detectados à décadas ainda persistem até os dias atuais, em rebanhos de leite.

No tocante aos exames complementares realizados (Brucelose, Tuberculose, Tricomonose e Campilobacteriose), não foram encontrados animais positivos ou reagentes. Resultados diferentes foram obtidos em um levantamento realizado entre 2002 a 2011 na região Sul Fluminense do Estado do Rio de Janeiro, no qual foram avaliados touros de leite e de corte num total de 604 animais, sendo encontrados dois touros em rebanho leiteiro da raça Girolando positivos para a Brucelose (ALMEIDA et al., 2013).

Em relação a pontuação do CAP, apenas 2 animais atingiram valores acima de 60 pontos (Tabela 2), sendo desta forma considerados satisfatórios. Os animais questionáveis foram assim classificados por apresentar baixa concentração espermática e sêmen com características físicas e morfológicas insatisfatórias. Já os touros insatisfatórios apresentaram azoospermia e/ou baixa concentração espermática, além dos problemas de cifose, hiperplasia intergital e fibrose na bainha prepucial dificultado a exposição do pênis.

Em levantamento realizado entre os anos de 2002 e 2004 na região Sul-Fluminense de Estado do Rio de Janeiro Almeida et al. (2007) relataram 14,3% de touros questionáveis 5,7% de touros insatisfatórios, sendo esses resultados de rebanhos leiteiros não tecnificados da região. Já os resultados do presente trabalho são de uma fazenda que trabalha com biotécnicas complementares de reprodução (IATF, FIV e TE), evidenciando que os problemas permanecem, e se considerarmos o uso das biotécnicas reprodutivas pode-se dizer que está mais grave, pois uma propriedade que trabalha com essas biotecnias da reprodução possui ou deveria possuir técnicos qualificados e capacitados, uma vez que os touros presentes na mesma tem sido utilizados para repasse no caso da IATF, ficando evidente o descaso com a avaliação andrológica dos animais.

Na Tabela 3 é possível verificar a classificação dos touros de acordo com a aptidão reprodutiva pelo CAP por raça.

Raças	Parâmetros				
	Aptos	Aptos c/ restrição	Ináptos temporários	Ináptos	Total
Gir	-	80,0(4/5)	20,0(1/5)	-	45,5(5/11)
Hol	-	50,0(2/4)	25,0(1/4)	25,0(1/4)	36,4(4/11)
GH	-	50,0(1/2)	50,0(1/2)	-	18,1(2/11)
Total (%)	-	63,6(7/11)	27,3(3/11)	9,1(1/11)	100,0(11/11)

Tabela 3. Comparações entre raça e parecer da aptidão reprodutiva (CAP) dos touros de leite *Bos taurus taurus* e *Bos taurus indicus* (n = 11) criados em uma fazenda da região Sul do Estado do Rio de Janeiro.

% = Porcentagem.

Dentre os animais avaliados em um exame andrológico, nenhum foi considerado apto sem restrição, percebe-se ainda, um alto número de touros classificados como inaptos temporários (3) e ináptos (1), representando 45,5% dos animais avaliados. Desperta a atenção por tratar-se de uma fazenda que trabalha com variadas biotécnicas reprodutivas.

Maciel et al. (2015) reportaram que existem vários fenômenos relacionados à diminuição da fertilidade do macho, tais como: produção espermática; viabilidade e capacidade fertilizante dos espermatozoides ejaculados; nutrição; desejo sexual e habilidade de praticar a cobertura.

Segundo Hafez e Hafez (2004) o reprodutor infértil é facilmente identificado, porém aqueles com fertilidade reduzida apresentam sérios problemas em sua identificação e ocasionam perdas econômicas para os criadores e para a bovinocultura.

Vale ressaltar que no referido Manual de Andrologia (CBRA, 2013) há recomendação para que salvo em algumas patologias, o laudo de inapto à reprodução deve ser dado somente após o terceiro exame andrológico, intercalado por 60 dias, o que totaliza 180 dias. De acordo com Guimarães (2017) esta prática normalmente não é adotada na rotina do campo, por problemas logísticos ou mesmo por tempo que levaria para alcançar este laudo final, tempo este, que muitas vezes, estaria além da EM adotada no Brasil. Desta forma é muito comum o laudo definitivo ser feito no primeiro exame andrológico.

Radostits et al. (1994) relataram que existem evidências que em uma população não seleta de touros, 20% a 40% dos animais apresentam infertilidade ou subfertilidade por inadequada qualidade seminal e/ou alterações físicas que impedem a cópula ou perda de libido, além de apresentar algum distúrbio de fertilidade ao exame andrológico. No entanto, na propriedade em que este estudo foi realizado, os animais possuíam potencial zootécnico de acordo com os registros, sendo creditada desta foram a condição reprodutiva ruim encontrada nos touros

ocasionada por erros de manejo.

Em face dos resultados encontrados, os quais provavelmente refletem a situação reprodutiva da exploração, na maioria das propriedades do Estado, é economicamente recomendada a utilização de exame andrológico periódico de rotina, para evitar o uso de touros andrológicamente inferiores. Sendo a CAP técnica adequada na identificação de touros subférteis e/ou inférteis, por incluir, além da circunferência escrotal, também as características ligadas à qualidade seminal dos reprodutores.

## 4 | CONCLUSÕES

O número de touros utilizados em propriedades leiteiras está acima do tecnicamente recomendado.

Para avaliação dos piores touros em reprodução não é necessária biotecnologia reprodutiva sofisticada.

As fazendas leiteiras devem incluir na programação das atividades reprodutivas a assistência veterinária de rotina para a avaliação andrológica adequada, com o intuito técnico e econômico de descartar da reprodução touros inférteis e subférteis.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, J.; GABRIEL, A.M.A.; JESUS, V.L.T.; RESENDE, O.A.; TRÉS, J.E.; NOGUEIRA, O.A. **Aspectos andrológicos de touros leiteiros na Região Sul-Fluminense - RJ**. Revista Científica do Centro universitário de Barra Mansa - UBM, v.9, n.18, p.36-49, dezembro de 2007.
- ALMEIDA, J.; JESUS, V.L.T.; TRÉS, J.E.; RESENDE, O.A. **Prevalência de tricomonose em bovinos na região Sul Fluminense**. In: Congresso Brasileiro de Reprodução Animal, 20, 2013, Uberlândia, MG. Anais... Belo Horizonte, CBRA, 2013.
- ASBIA - **Associação Brasileira de Inseminação Artificial**. Index ASBIA Mercado, 2019. Disponível em: <https://www.lancerural.com.br/vendas-de-semen-bovino-crescem-no-1o-semester-de-2018/presidente-da-asbiasergio-saud-anuncia-aumento-nas-vendas-de-semen/>. Acesso em: 20/03/2019.
- BERGMANN, J.A.G.; ZAMBORLINI, L. C.; PROCÓPIO, C.S.A.; ANDRADE, V.J.; VALE FILHO, V.R. **Estimativas de parâmetros genéticos do perímetro escrotal e do peso corporal em animais da raça Nelore**. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, v.48, n.1, p.69-78, 1996.
- CBRA - Colégio Brasileiro de Reprodução Animal. **Manual para exame andrológico e avaliação de sêmen animal**. 3ª ed. Colégio Brasileiro de Reprodução Animal, Belo Horizonte. 104p., 2013.
- CHENOWETH, P.J. **The breeding soundness evaluation of bulls: a rationale**. Compendium on Continuing Education for the Practising Veterinarian, v.22, n.2, p.48-55, 2000.
- CHENOWETH, P.J.; LARSEN, R.E. **Selection use and management of natural service bulls**. In: Van Horn, HH, Wilcox, CJ (Eds.), Large Dairy Herd Management. American Dairy Science Association, Champaign, Ill, p.209-218, 1992.

DWYER, C. **Results of an investigation into dairy Herd bull fertility and management in Tasmania.** In: Proceedings of the Australian Cattle Veterinarians, Darwin, p.123-126, 2013.

GALLOWAY, Y. D. B. **Fatores que afetam a fertilidade bovina.** Belo Horizonte, Colégio Brasileiro de Reprodução Animal, 256p., 1979.

GARCIA DERAGON, L.A.; LEDIC, I.L. **Avaliação da circunferência escrotal em touros nelore.** Revista Brasileira de Reprodução Animal, v.14, n.4, p.227-233, 1989.

GRESSLER, S.L.; GRESSLER, M.G.M.; BERGMANN, J.A.G. **Fatores ambientes e estimativas de parâmetros genéticos do perímetro escrotal na raça Nelore.** Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia, v.66, n.4, p.986-994, 2014.

GUIMARÃES, J.D. **Exame do potencial de fertilidade de touro: apto ou inapto à reprodução é suficiente?** Anais da 2ª Reunião da Associação Brasileira de Andrologia Animal - ABRAA, Uberlândia, MG, Documento 146, EMBRAPA - Pantanal, p.44-48, 2017. Acessado em 15/12/2019. <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1075910/1/DOC146.pdf>

HAFEZ, S.S.E.; HAFEZ, B. **Reprodução animal.** .Ed. São Paulo: Manole,2004.

HAHN, J.; FOOTE, R.H.; SEIDEL, G.E. **Testicular growth and related sperm output in dairy bulls.** Journal of Animal Science, Savoy, v.29, n.1, p.41-47, 1969.

HANCOCH, J.L. **The morphology of boar espermatozoa.** Journal of Reproductive Microscopy Society, n.76, p.84-97, 1957.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Sistema de Recuperação Automática (SIDRA). **Efetivo do rebanho brasileiro, 2018.** Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/3939#resultado>. Acesso em: 02/04/2019.

JESUS, V.L.T. **Doenças da reprodução e doenças que interferem na reprodução.** In: Reprodução de Bovinos Fisiologia, Terapêutica, Manejo e Biotecnologia, ed. L.F. Livros. 2ª edição, cap. 4, p.69-88, Rio de Janeiro, RJ, 2008.

MACIEL, J.P.O.; SILVA, E.J.; NASCIMENTO, P.S.; GUIDO, S.I.; SANTOS FILHO, A.S.; BARTOLOMEU, C.C. **Avaliação de parâmetros andrológicos de touros das raças Holandesa e Guzerá submetidos ao Semiárido.** Scientia Plena, v.11, n.4, p.1-5, 2015.

MELO, M.I.V. CAP - **Classificação Andrológica por Pontos** - SOFTWARE CAP-V 2.0, BH, MG, 2005.

MENAGASSI, S.R.O.; BARCELLOS, J.O.J.; LAMPERT, V.; BORGES, J.B.S.; PERIPOLLI, V. **Bioeconomic impact of bull breeding soundness examination in cow-calf systems.** Revista Brasileira Zootecnia, v.40, n.2, p.441-447, 2011.

MIES FILHO, A. **Inseminação artificial.** Porto Alegre, Ed. Sulina, p.356-461, 1987.

RADOSTITS, O.M.; LESLIE, K.E.; FETROW, J. **Herd Health: Food Animal Production Medicine**, 2ª. Ed, Philadelphia, W.B. Saunders, 631p., 1994.

SILVA, A.E.D.F.; DODE, M.A.N.; UNANIAN, M.M. **Capacidade reprodutiva do touro de corte: funções, anormalidades e fatores que a influenciam.** Campo Grande: EMBRAPA-CNPGC, Documentos, 51, 128p, 1993.

SIQUEIRA, J.B.; MARTINS, L.F.; PINHO, R.O.; MELO, T.V. **Interação nutrição e reprodução em touros: aspectos relevantes.** Coletânea da I Jornada Científica da Pós-Graduação em Ciências

Veterinárias da Universidade Federal do Espírito Santo. Editora CAUFES, p.52-58, 2012.

SORENSEN, A.M. **Animal reproduction: principles and practices**. New York: McGraw, Hill, 496p., 1979.

STATACORP. **Longitudinal-Data/Panel-Data Reference Manual**. Release 12. College Station, TX: StataCorp Press, 2012.

WILTBANK, J.N.; PARRISH, N.R. **Pregnancy rate in cows and heifers bred to bulls selected for semen quality**. Theriogenology, p.779-783, 1986.

## OCORRÊNCIA DE *Neospora caninum* EM CAPRINOS DO SUL DO ESTADO DO PIAUÍ, BRASIL

Data de aceite: 12/05/2020

Data de submissão: 16/02/2020

### **Karina Rodrigues dos Santos**

Universidade Federal do Delta do Parnaíba,  
Campus Ministro Reis Velloso, Parnaíba - PI.  
<http://lattes.cnpq.br/9673567447520766>

### **Severino Cavalcante de Sousa Júnior**

Universidade Federal do Delta do Parnaíba,  
Campus Ministro Reis Velloso, Parnaíba - PI.  
<http://lattes.cnpq.br/5449930972116839>

### **Richard Atila de Sousa**

Universidade Federal do Piauí, Programa de  
Pós-Graduação em Ciência Animal, Campus de  
Teresina,  
Teresina - PI.  
<http://lattes.cnpq.br/8834340076396504>

### **Marcelo Richelly Alves de Oliveira**

Universidade Federal do Piauí, Programa de  
Pós-Graduação em Ciência Animal, Campus de  
Teresina,  
Teresina - PI.  
<http://lattes.cnpq.br/2626571824977848>

### **Carlos Syllas Monteiro Luz**

Universidade Federal do Piauí, Programa de  
Pós-Graduação em Ciência Animal, Campus de  
Teresina,  
Teresina - PI.  
<http://lattes.cnpq.br/6273956854510201>

### **Jezlon da Fonseca Lemos**

Universidade Federal do Piauí, Campus Prof<sup>a</sup>.  
Cinobelina Elvas,  
Bom Jesus - PI.  
<http://lattes.cnpq.br/8995328576671970>

### **Carla Duque Lopes**

Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto,  
Universidade de São Paulo,  
Ribeirão Preto - SP.  
<http://lattes.cnpq.br/3976071306630432>

**RESUMO:** Este estudo objetivou avaliar a ocorrência de *Neospora caninum* em 151 caprinos pertencentes a seis propriedades, localizadas na região Sul do Estado do Piauí, correlacionando a presença e ausência do parasito com diferentes variáveis como: idade dos animais, sexo, tipo de água e alimentação, consumidas pelos animais e presença de animais de estimação em cada propriedade estudada, principalmente cães. Para detecção de anticorpos de *N. caninum* foi utilizada a técnica de ELISA. Verificou-se uma soro prevalência de 50,33% (76 caprinos) reativos para antígenos de *N. caninum*. Alguns fatores como: idade, dieta, tipo de manejo, raça e presença de cães nas propriedades, não demonstraram associações significativas quando comparados com a ocorrência de infecção por *N. caninum*. Contudo, estes dados contribuem para o

conhecimento da ocorrência do parasito nas diferentes propriedades do Sul do Estado do Piauí.

**PALAVRAS-CHAVE:** Protozoário, caprinos, ELISA.

## OCURRENCE OF *Neospora caninum* IN GOATS OF SOUTH OF PIAUÍ STATE, BRAZIL

**ABSTRACT:** This study aimed to evaluate the occurrence of *Neospora caninum* in 151 goats belonging randomly-chosen farms located in Southern Piauí and correlating the presence and absence of the parasite with different variables such as: age of the animals, sex, water type and diet, consumed by the animals and presence of pets in each farms studied, mainly dogs. The goat's blood serum was analyzed through ELISA in detection of anti- *N. caninum* antibodies. A seroprevalence of 50.33% was observed in the 76 goats that reacted against *N. caninum* antigens. Some factors such as: age, diet, type of management, breed and presence of dogs in the properties, did not represent significant associations were compared with a occurrence of *N. caninum* infection. Furthermore, our data contributed to the understanding of the parasite occurrence in goats farms located in Southern Piauí.

**KEYWORDS:** Protozoan, goats, ELISA.

### 1 | INTRODUÇÃO

A neosporose é uma enfermidade parasitária provocada por um protozoário intracelular obrigatório, o *Neospora caninum*, que pertence ao filo Apicomplexa, família Sarcocystidae. Este parasita foi caracterizado pela primeira vez em cães nos EUA (DUBEY et al., 1988).

Os cães e os coiotes são considerados os hospedeiros definitivos, sabe-se que também desempenham papel de hospedeiros intermediários no ciclo de vida do agente, e adquirem a infecção quando se alimentam de placenta, membranas fetais ou órgãos de fetos abortados e infectados com taquizoítos ou bradizoítos (GONDIM et al., 2004). Os hospedeiros intermediários (bovinos, cães, ovinos, caprinos e eqüídeos e cervídeos) adquirem a infecção por meio da ingestão de água ou alimento contaminados com oocistos esporulados, caracterizando a transmissão horizontal ou pós-natal. Não há evidências de infecção humana (GONDIM et al., 2004).

Os meios utilizados para o diagnóstico de *Neospora caninum* são: histológicos ou imunohistológicos, imunofluorescência indireta (IFI), imunoenzimático (ELISA) e a Reação em Cadeia da Polimerase (PCR) (MONTEIRO, 2011).

Acaprinocultura no Nordeste brasileiro assume um papel relevante na economia

do país por apresentar o maior rebanho entre as regiões brasileiras (91,4%), e pelo aproveitamento dos seus produtos e subprodutos (NOGUEIRA FILHO, 2003). O Piauí representa o terceiro maior rebanho caprino do nordeste, representando 16% do rebanho regional. O rebanho do Piauí só é superado pelo rebanho da Bahia, com 34% e do Pernambuco com 20% (IBGE, 2008).

Atualmente o caprino vem despertando grande interesse na política econômica do país, mas poucos são os trabalhos desenvolvidos na área de doenças parasitárias. Os caprinos são considerados animais de produção de grande rusticidade, que sobrevivem em áreas secas e desprovidas de pastagem estável. Os caprinos são utilizados para a produção de alimentos de alto valor biológico como carne, e a renda familiar das propriedades são incrementadas pela venda de animais vivos, leite, peles e esterco (NOGUEIRA FILHO, 2003).

Em caprinos, a infecção natural por *N. caninum*, assim como em ovinos, é incomum e poucos casos de aborto ou doença congênita foram relatados. Estudos são necessários para se determinar o papel do agente como causa natural de aborto em pequenos ruminantes, uma vez que inoculações experimentais, durante a gestação, provocaram condição muito semelhante à observada em bovinos (BARR et al., 1992; LINDSAY et al., 1995, BUXTON et al., 2002).

O primeiro estudo com relação à neosporose caprina foi realizado por Dubey et al. (1992) quando detectaram, por análise histológica, a presença do protozoário em um feto abortado. Em uma pesquisa sobre inoculação experimental de *N. caninum* em seis cabras gestantes foi demonstrado aborto, morte fetal e natimortos (LINDSAY et al., 1995). No Brasil, Corbellini et al. (2001) descreveram um caso de neosporose congênita nesta espécie animal.

No Sri Lanka, em estudos de validação de um teste de Imunoabsorção Enzimática (ELISA) foram analisadas 468 amostras de cabras encontrando-se uma positividade de 0,6% (NAGULESWARAN et al., 2004). Na Argentina, a avaliação de 1594 amostras de soro caprino evidenciou soropositividade de 6,6% (MOORE et al., 2007).

Devido à escassez de dados sobre a ocorrência para *N. caninum* no Estado do Piauí, o presente trabalho teve como objetivo verificar a ocorrência deste protozoário em caprinos pertencentes a seis propriedades da região Sul do Estado e correlacionar a presença e ausência deste parasito com diferentes variáveis como: idade dos animais, sexo, tipo de água e alimentação, consumidas pelos animais e presença de animais de estimação na propriedade estudada.



## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em seis propriedades que desenvolvem atividades de caprinocultura situadas ao Sul do Estado do Piauí, estas foram escolhidas aleatoriamente. Todas fazem parte da microrregião do Alto Médio Gurguéia.

O Alto Médio Gurguéia esta dividido em 11 municípios (Figura 1A) dos quais quatro foram incluídos no presente estudo: Bom Jesus (listado no mapa como número 3), Currais (número 5 no mapa), Redenção do Gurguéia (9) e Santa Luz (11). A Chapada do Extremo sul esta dividida em nove municípios, dos quais dois foram incluídos no presente trabalho: Curimatá (representado pelo número 4 no mapa) e Júlio Borges (número 5) (Figura 1B).

Foram utilizados todos os caprinos encontrados nas seis propriedades desta microrregião do Alto Médio Gurguéia, totalizando 151 caprinos e dados referentes a esses animais foram catalogadas em fichas de acordo com o município para o estudo da ocorrência de *N. caninum* das diferentes propriedades. Cada ficha continha um questionário com dados da localização da propriedade, sexo dos animais, idade, raça, tipo de alimentação e água oferecida para os animais e presença ou não de animais de estimação (incluindo cães).

Dos animais 32 eram machos e 119 fêmeas. Nos municípios de Currais, Curimatá e Júlio Borges, os caprinos estudados possuíam idades entre 1 a 2 anos, e nos municípios de Bom Jesus, Redenção do Gurguéia e Santa Luz, os animais apresentaram faixa etária de 1 a 3 anos de idade, ou seja, até 3 anos.

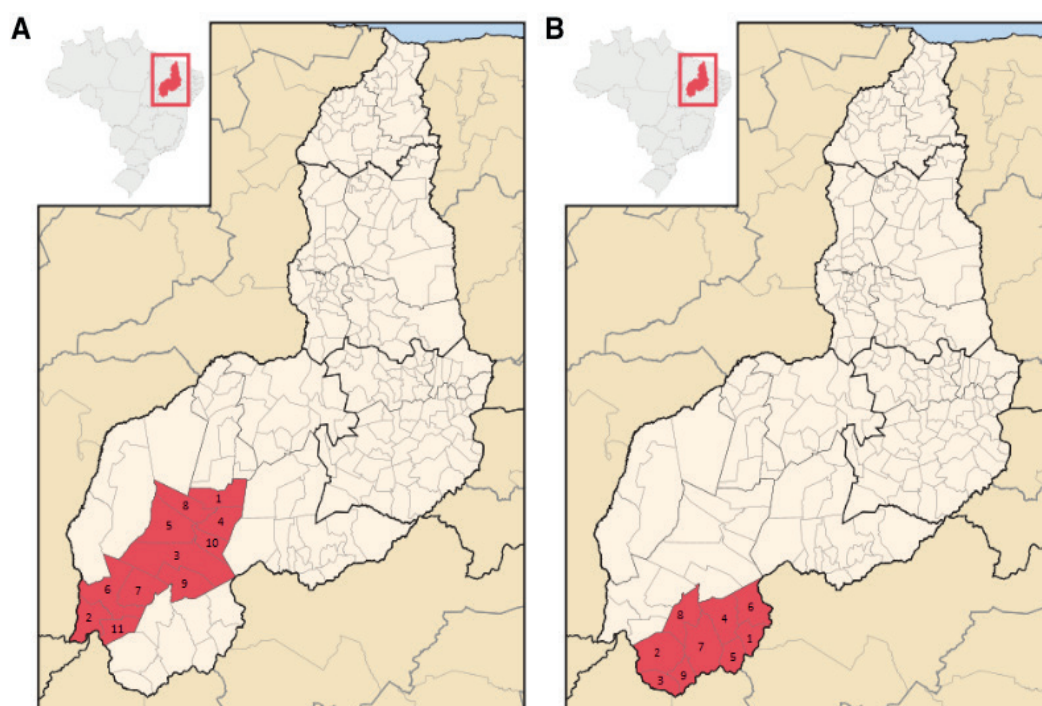


Figura 1. A) Mapa ilustrativo da microrregião do alto médio Gurguéia. Destaca-se, na região Sul Piauiense, 11 municípios representados no mapa. As propriedades estudadas foram as

1-Alvorada do Gurguéia, 2- Barreiras do Piauí, 3- Bom Jesus, 4- Cristino Castro, 5- Currais, 6-Gilbués, 7- Monte Alegre do Piauí, 8- Palmeira do Piauí, 9- Redenção do Gurguéia, 10- Santa Luz, 11- São Gonçalo do Gurguéia. B) Mapa ilustrativo da microrregião da chapada do Extremo Sul. Destaca-se, na região, 09 municípios representados no mapa. 1- Avelino Lopes, 2- Corrente, 3- Cristalândia do Piauí, 4- Curimatá, 5- Júlio Borges, 6- Morro Cabeça no Tempo, 7- Parnaçuá, 8- Riacho Frio, 9- Sebastião Barros. Mapas adaptados do site Wikipedia.org.

Dentre as raças de caprinos existentes nas diferentes propriedades estudadas, a raça Anglo-Nubiana foi predominante. Em cinco das propriedades houve a presença da Canindé e somente uma apresentou a Moxotó.

Amostras de sangue de cada animal foram obtidas para a detecção de anticorpos contra *N. caninum*, estas amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Imunologia da Universidade Federal de Uberlândia – UFU para realização de exame sorológico, pela técnica de ELISA descrita por Silva et al., (1997) e Björkman et al. 1994.

Os níveis de anticorpos para *Neospora caninum* foram arbitrariamente expressos em índice ELISA (EI), segundo a fórmula:  $IE = DO \text{ amostra} / \text{cut off}$ , onde cut off foi calculado como a média da DO de soros controles negativos acrescida de três desvios padrões. Valores de  $IE > 1,2$  foram considerados positivos para excluir valores de reatividade limítrofes próximos de  $IE = 1,0$ .

Os resultados foram submetidos ao teste do Qui-quadrado, e considerados significativos quando  $p < 0,05$ . Os dados foram analisados mediante o programa estatístico GraphPadPrism Software (GraphPad, La Jolla, Ca, EUA).

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

No presente estudo, amostras de 76 caprinos (50,33%) apresentaram anticorpos de *N. caninum*, enquanto amostras de 75 animais (49,67%) foram negativos.

A soroprevalência de *N. caninum* em cabras, foi realizada por diversos autores que utilizaram a técnica de RIFI, após a realização desta técnica no Estado da Bahia foi encontrada uma prevalência de 15,0% (UZÊDA et al., 2007), 3,3% no Estado da Paraíba (FARIA et al., 2007) e de 6,4% no Estado de São Paulo (FIGLIUOLO et al., 2004), 1,05% no município de Mossoró, Rio Grande do Norte (LIMA et al., 2008), 10,7% em Minas Gerais (VARASCHIN et al., 2011).

No Estado de São Paulo Modolo et al. (2008) encontraram uma prevalência de 17,44%, ara *N. caninum* (NAT) por meio do teste de aglutinação em cabras.

Os seis municípios estudados apresentaram animais com sorologia positiva para *Neospora caninum*. O município que se destacou com um maior número de animais positivos foi o de Redenção do Gurguéia, seguido de Bom Jesus, Curimatá e Currais (Tabela1).

Microrregiões e municípios	N° de animais	ELISA	
		Reagente (%)	Não Reagente (%)
Alto Médio Gurguéia	91	47 (51,7)	44 (48,3)
Chapada do Extremo Sul	60	29 (48,3)	31 (51,7)
Bom Jesus	31	17 (54,8)	14 (45,2)
Curimatá	30	16 (53,3)	14 (46,7)
Currais	12	6 (50)	6 (50)
Júlio Borges	30	13 (43,3)	17 (56,7)
Redenção do Gurguéia	18	15 (83,3)	3 (16,7)
Santa Luz	30	9 (30)	21 (70)

Tabela 1. Ocorrência de anticorpos IgG para *Neospora caninum*, detectada por reação de ELISA, em rebanhos caprinos por duas microrregiões e seus municípios no Sul do Estado do Piauí, total de animais presentes na propriedade, número de animais coletados.

As demais características estudadas, como: sexo, idade, o tipo de água fornecida para esses animais e a presença de cães, não demonstraram ser fatores de risco para a infecção por *N. caninum*, na região estudada (Tabela 2).

Variável		ELISA		Soros testados	Estatística
		Reagentes	Não Reagentes		
Sexo	Macho	13 (40,6%)	19 (59,4%)	32 (21,2%)	$X^2 = 1.530$ $p = 0.2161$
	Fêmea	63 (53%)	56 (47%)	119 (78,8%)	
	Total	76 (50,3%)	75 (49,7%)	151	
Idade	Grupo 01 (até 2 anos)	35 (48,6%)	37 (51,4%)	72 (47,7%)	$X^2 = 0.1629$ $p = 0.6865$
	Grupo 02 (até 3 anos)	41 (51,9%)	38 (48,1%)	79 (52,3%)	
	Total	76 (50,3%)	75 (49,7%)	151	
Água de Beber	Poço Artesiano	70 (50,3%)	69 (49,7%)	139 (92%)	$X^2 = 0.0057$ $p = 0.9809$
	Nascente	6 (50%)	6 (50%)	12 (8%)	
	Total	76 (50,3%)	75 (49,7%)	151	
Presença de Canídeos	Presença	70 (50,3%)	69 (49,7%)	139 (92%)	$X^2 = 0.0057$ $p = 0.9809$
	Ausência	6 (50%)	6 (50%)	12 (8%)	
	Total	76 (50,3%)	75 (49,7%)	151	

Tabela 2. Anticorpos Anti-*Neospora caninum* em caprinos da região Sul do Piauí, características dos caprinos e dos diferentes manejos das propriedades.

Corroborando com este estudo outros autores também não encontraram diferença significativa para a ocorrência de *N. caninum* e a variável sexo dos animais

(ANDERLINI et al., 2011, VARASCHIN et al., 2011).

Com relação à faixa etária dos animais, não houve diferença estatística significativa quando relacionada esta variável dentre os animais das diferentes propriedades estudadas.

Figliuolo et al. (2004), Uzêda et al. (2007), Moore et al. (2007) e Anderlini et al. (2011) também não verificaram influência da idade dos animais na ocorrência da neosporose caprina, e sugerem que a transmissão vertical pode ser mais frequente que a horizontal na espécie. Entretanto, Varaschin et al. (2011) constataram diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre as faixas etárias, observando que caprinos acima de três anos de idade têm 2,6 vezes mais chances do que os animais com menos de um ano de idade de apresentarem títulos contra *N. caninum* e também afirmam que animais de dois até três anos de idade tem 1,2 mais chances de apresentarem títulos anti *N. caninum*, quando comparados aos animais de até um ano de idade.

Não houve diferença significativa entre a água de poço artesiano fornecido aos animais nas diferentes propriedades e a água de nascente.

A presença de cães é considerada fundamental para a infecção dos animais, estudos recentes descrevem surtos epidêmicos de abortamentos por *N. caninum* em caprinos por transmissão horizontal mediante a contaminação do alimento dos animais com fezes de cães contendo oocistos do parasito oocistos (AL-MAJALI et al., 2008; UZÊDA et al., 2007), ressaltando a importância dos cães no ciclo da doença.

No presente estudo quando comparadas a presença e ausência de cães nas propriedades com a ocorrência de *N. caninum* não foi observada diferença estatística significativa, porém não é possível afirmar a total ausência desses cães ou canídeos silvestres nessas propriedades, pois cães errantes de propriedades vizinhas podem frequentar as pastagens e as áreas em que esses caprinos têm acesso.

Lima et al. (2008), Figliuolo et al. (2004) também não constataram essa associação, ao contrário Modolo et al. (2008) que afirmam existir uma maior frequência de animais positivos para *N. caninum*, quando relatada a presença de cães, na propriedade.

As propriedades utilizadas no estudo, não possuem sistema de manejo automatizado ou com investimento em maquinários. Não há registro de matadouros nas localidades e nem nas regiões vizinhas. Das seis propriedades, apenas uma (16,7%) destina todos os seus produtos caprinos ao consumo de subsistência. As outras cinco (83,3%) comercializam carnes e leites além de subprodutos como miúdos.

## 4 | CONCLUSÃO

Este é o primeiro relato de ocorrência *Neospora caninum* em caprinos no Sul do Estado do Piauí. Embora não tenham sido identificados fatores de risco estatisticamente significativos relacionados à infecção, esta alta ocorrência de animais com sorologia positiva nessas propriedades podem afetar economicamente os caprinocultores e a sub existência da população nessas regiões, já que a renda familiar das propriedades é incrementada pela venda de animais vivos, leite, peles e esterco destes animais.

## AGRADECIMENTO

We thank Dr. Jose Roberto Mineo for laboratorial and material support.

## REFERÊNCIAS

- AL-MAJALI, A.M.; JAWASREH, K.I.; TALAFHA, H.A. et al. **Neosporosis in Sheep and Different Breeds of Goats from Southern Jordan: Prevalence and Risk Factors Analysis**. American Journal of Animal and Veterinary Sciences, v.3, n.2, p.47-52, 2008.
- ANDERLINI, G.A.; FARIA, E.B.F.; SILVA, A.M.; PINHEIRO-JÚNIOR, J.W.; VALENÇA, R.M.B.; ANDERLINI, G.P.O.S.; MOTA, R.A. **Prevalência de anticorpos anti-*Neospora caninum* em caprinos no estado de Alagoas, Brasil**. Veterinária e Zootecnia, v.18, n.4, p.583-590, 2011.
- BJÖRKMAN, C.; LUNDÉN, A.; UGGLA, A. **Prevalence of antibodies to *Neospora caninum* and *Toxoplasma gondii* in Swedish dogs**. Acta Veterinaria Scandinavica, v.35, p.445-447, 1994.
- BARR, B.C.; ANDERSON, M.L.; WOODS, L.W. et al. ***Neospora-like* protozoal infections associated with abortion in goats**. Journal of Veterinary Diagnostic Investigation, v.4, n.3, p.365-367, 1992.
- BUXTON, D.; ANDERSON, I.E.; LONGBOTTOM, D. et al. **Ovine chlamydial abortion: characterization of the inflammatory immune response in placental tissues**. Journal of Comparative Pathology. V.127, p.133-141, 2002.
- CORBELLINI, L.G.; COLODEL, E.M.; DRIEMEIER, D. **Granulomatous encephalitis in a neurological impaired goat kid associated with degeneration of *Neospora caninum* tissue cysts**. J. Vet. Diagn. Invest., v.13 p.416-419, 2001.
- DUBEY, J.P.; CARPENTER, J.L.; SPEER, C.A.; TOPPER, M.J.; UGGLA, A. **Newly recognized fatal protozoan disease of dogs**. J. Am. Vet. Med. Assoc. v. 193, p.1269-1283, 1988.
- DUBEY, J.P.; ACLAND, H.M.; HAMIR, A.N. ***Neospora caninum* (Apicomplexa) in a stillborn goat**. The Journal of Parasitology, v.78, n.3, p.532-534, 1992.
- DUBEY, J.P. **Recent advances in *Neospora* and neosporosis**. Veterinary Parasitology, v.84, n.3-4, p.349-367, 1999.
- DUBEY, J.P. **Review of *Neospora caninum* and neosporosis in animals**. The Korean Journal of Parasitology. v. 41, n.1, p.1-16, 2003.

- DUBEY, J.P.; BARR, B.C.; BARTA, J.R. et al. **Redescription of *Neospora caninum* and its differentiation from related coccidia.** International Journal for Parasitology, v.32, n.8, p.929-946, 2002.
- FARIA, E.B.; GENNARI, S.M.; PENA, H.F.J.; ATHAYDE, A.C.R.; SILVA, M.L.C.R.; AZEVEDO, S.S. **Prevalence of anti-*Toxoplasma gondii* and anti-*Neospora caninum* antibodies in goats slaughtered in the public slaughterhouse of Patos City, Paraíba State, Northeast region of Brazil.** Vet. Parasitol., v.149, p.126-129, 2007.
- FIGLIUOLO L.P.C., KASAI N., RAGOZO A.M.A., PAULA V.S.O., DIAS R., SOUZA S.L.P. & GENNARI S.M. **Prevalence of anti-*Toxoplasma gondii* and anti-*Neospora caninum* antibodies in sheep from São Paulo State, Brazil.** Parasitologia Veterinária, v. 123 n. 3 p. 161-166, 2004.
- GONDIM, L.F.P.; MCALLISTER, M.M.; PITT, W. C.; ZEMLICKA, D.E. **Coyotes (*Canis latrans*) are definitive hosts of *Neospora caninum*.** Int. J. Parasitol. v. 34, p.159-161, 2004.
- IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Pecuária Censo Agropecuário Municipal.** 2008. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/estadosat/temas.pecuaria.2008>>.
- LIMA, J. T. R.; AHID, S. M. M.; BARRÊTO JÚNIOR, R. A.; PENA, H. F. J.; DIAS, R. A.; GENNARI, S. M. **Prevalência de anticorpos anti-*Toxoplasma gondii* e anti-*Neospora caninum* em rebanhos caprinos do município de Mossoró, Rio Grande do Norte.** Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science, v. 45, n. 2, p. 81-86, 2008.
- LINDSAY, D.S.; RITTER, D.M.; BRAKE, D. **Oocyst excretion in dogs fed mouse brains containing tissue cysts of a cloned line of *Neospora caninum*.** Journal of Parasitology, v.87, n.4, p.909-911, 2001.
- LINDSAY, D.S.; DUBEY, J.P.; DUNCAN, R.B. **Confirmation that the dog is a definitive host for *Neospora caninum*.** Veterinary Parasitology, v.82, n.4, p.327-333, 1999.
- LINDSAY, D.S.; RIPPEY, N.S.; POWE, T.A. et al. **Abortion, fetal death, and stillbirths in pregnant pygmy goats inoculated with tachyzoites of *Neospora caninum*.** American Journal of Veterinary Research, v.56, n.9, p.1176-1180, 1995.
- MODOLO, J.R.; STACCHISSINI, A.V.M.; GENNARI, S.M.; DUBEY, J.P.; LANGONI, H.; PADOVANI, C.R.; BARROZO, L.V.; LEITE, B.L.S. **Freqüência de anticorpos anti-*Neospora caninum* em soros de caprinos do estado de São Paulo e sua relação com o manejo dos animais.** Pesquisa Veterinária Brasileira, v.28, n.12, p.597-600, 2008.
- MONTEIRO, S. G. **Parasitologia na Medicina Veterinária.** 1 ed. São Paulo: Roca, 2011. 356p.
- MOORE, D.P.; YANIZ, M.G.; ODEON, A.C. et al. **Serological evidence of *Neospora caninum* infections in goats from La Rioja Province, Argentina.** Small Ruminant Research, v.73, n.1-3, p.256-258, 2007.
- MOORE, D.P. **Neosporosis in South America.** Veterinary Parasitology, v.127, n.2, p.87-97, 2005.
- NAGULESWARAN, A.; HEMPHILL, A.; RAJAPAKSE, R.P. et al. **Elaboration of a crude antigen ELISA for serodiagnosis of caprine neosporosis: validation of the test by detection of *Neospora caninum*-specific antibodies in goats from Sri Lanka.** Veterinary Parasitology, v.126, n.3, p.257-262, 2004.
- NOGUEIRA FILHO, A. **Ações de fomento do banco do Nordeste e potencialidades da caprino-ovinocultura.** In: Simpósio Internacional Sobre Caprinos e Ovinos de Corte, 2003. João Pessoa-PB.

Anais... EMEPA, p.43-55, 2003.

UZÊDA, R. S. et al. **Seroprevalence of *Neospora caninum* in dairy goats from Bahia, Brazil.** Small Ruminant Research, v. 70, n. 2-3, p. 257-259, 2007.

VARASCHIN, M.S.; GUIMARÃES, A.M.; HIRSCH, C.; MESQUITA, L.P.; ABREU, C.C.; ROCHA, C.M.B.M.; WOUTERS, F.; MOREIRA, M.C. **Fatores associados a soroprevalência de *Neospora caninum* e *Toxoplasma gondii* em rebanhos caprinos na região sul de Minas Gerais.** Pesquisa Veterinária Brasileira, v.31, n.1, p.53-58, 2011.

## AVALIAÇÃO E PROJEÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL DO BIOMA MATA ATLÂNTICA COM AUXÍLIO DE IMAGENS AÉREAS, VISUALIZAÇÃO 3D E GEOPROCESSAMENTO

Data de aceite: 12/05/2020

### João Pedro dos Santos Verçosa

Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo – AL.

<http://lattes.cnpq.br/3979763280514620>

### Arthur Costa Falcão Tavares

Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo – AL.

<http://lattes.cnpq.br/1057849427075216>

**RESUMO:** O Bioma Mata Atlântica abrange a faixa litorânea de Alagoas, e historicamente vem apresentando altos índices de degradação ambiental gerada pelo desmatamento. O objetivo do presente estudo foi avaliar e projetar o desmatamento utilizando imagens aéreas, anaglifo e geoprocessamento. Foi selecionado um fragmento espacial dos municípios Jequiá da Praia e Roteiro, localizado na mesorregião do Leste Alagoano. Foram utilizadas fotografias de 1970 do acervo de levantamento aerofotogramétrico do Centro de Ciências Agrárias e imagens de satélite de 2018 disponibilizadas pelo Google. A avaliação das variações dos valores das áreas (km<sup>2</sup>) mostraram aumento na porcentagem de área

desmatada chegando a 209 e 222, em 1970, e 117 e 145, em 2018. Os valores de projeção da porcentagem de aumento de área desmatada foram de 1718, em 1970, e 3639, em 2018. Os resultados mostraram que a área de estudo tem alto potencial de impacto ambiental visto que entre 1970 e 2018 houve um aumento significativo do desmatamento. Uma análise de todo o território de Jequiá da Praia e Roteiro, deve manter a projeção de impacto ambiental em valores altos, se forem avaliadas imagens aéreas da mesma época (1970 e 2018).

**PALAVRAS-CHAVE:** Anaglifo, impacto ambiental, desmatamento, bioma mata atlântica, sig.

### ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT AND PROJECTION OF THE ATLANTIC FOREST BIOME WITH THE AID OF AERIAL IMAGES, 3D VISUALIZATION AND GEOPROCESSING

**ABSTRACT:** The Atlantic forest Biome covers Alagoas coastal strip, and historically showed high rates of environmental degradation caused by deforestation. The objective was to evaluate and to prognoses deforestation using



aerial images, anaglyph visualization and GIS. It was selected a spatial fragment into Jequiá da Praia and Roteiro municipalities, located in the eastern region of Alagoas. The materials use were a pair of 1970 's photographs from an aerophotogrammetric collection belonging to Center of Agricultural Sciences and satellite images from 2018 provided by Google. The evaluation of changes in values of the areas (km<sup>2</sup>) showed an increase in the percentage of deforested area coming to 209 and 222, in 1970, and 117 and 145, in 2018. Prognoses values of increase percentage for deforested area were 1718 in 1970 and 3639 in 2018. The results showed that the study area has a high environmental impact potential since there was a significant increase in deforestation between 1970 and 2018. An analysis of the entire territory of Jequiá da Praia and Roteiro, should maintain the prognoses of environmental impact in high values, if aerial images of the same period (1970 and 2018) are evaluated.

**KEYWORDS:** Anaglyph, environmental impact, deforestation, Atlantic Forest Biome, gis

## 1 | INTRODUÇÃO

O Bioma Mata Atlântica é um ecossistema que abrange a faixa litorânea brasileira, desde o Rio Grande do Norte até o Rio Grande do Sul, onde encontram-se os grandes centros urbanos, e, conseqüentemente, altos índices de degradação florestal. A necessidade de desenvolvimento econômico destas áreas, alavancado pela pecuária e a expansão da fronteira agrícola, também foram fatores que promoveram o desmatamento deste ecossistema. (COSTA; GOMES; DE ALMEIDA, 2014)

A falta de especialistas e o alto custo para realizar trabalhos de campo tem dificultado a obtenção de informações sobre recursos florestais que possam ser compreendidas por um público técnico e leigo. Assim, a utilização de fotos aéreas e dados de satélite podem ser uma alternativa para apreender e disseminar informações sobre recursos florestais.

Ainda com relação ao estudo da Mata Atlântica, as fotos aéreas são dados preciosos para examinar as informações do passado. Assim, aplicando a tecnologia de fotogrametria e geoprocessamento, o volume e a área ocupados pelo estande florestal também podem ser estimados com razoável precisão. (URAMOTO, et al., 2012).

Mapas florestais produzidos por meio da interpretação de fotografias aéreas permitem descrever as características do estande e atributos da floresta, como espécies, altura das árvores, cobertura de estande, idade entre outros. (LEBOEUF e FOURNIER, 2015)

Com a possibilidade de visualização de imagens aéreas tridimensionais e

devidamente georreferenciadas em ambiente SIG, assim como, sua fotointerpretação diretamente na tela do computador, a técnica de geração de anaglifos tem se mostrado uma boa alternativa para obtenção e apresentação de dados sobre as feições florestais. (MCGAUGHEY, et al., 2004; PASCHOAL e MORAIS, 2017; GOTO; ARAI; SATO, 2018; LEBOEUF e FOURNIER, 2015; URAMOTO et al., 2012)

A comparação de fotos aéreas antigas com imagens de satélite atuais permite uma visualização multitemporal, e, por conseguinte, a análise das paisagens e a sua transformação. Portanto, o sensoriamento remoto permite selecionar algumas imagens obtidas através de levantamentos aerofotogramétricos e de satélites a fim de apresentar a transição de uso floresta (remanescentes florestais de Mata Atlântica) para não floresta (desmatamento). (SUAREZ e CANDEIAS, 2014)

O presente trabalho teve como objetivo avaliar e projetar o impacto ambiental do desmatamento de áreas utilizando fotos aéreas, anaglifo e imagem de satélite georreferenciados em ambiente computacional. Para aplicação desta metodologia, foi selecionado um fragmento espacial dos municípios Jequiá da Praia e Roteiro, localizado na mesorregião do Leste Alagoano.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

Os materiais básicos utilizados neste trabalho foram imagens aéreas multitemporais, em formato digital, oriundas do acervo de levantamento aerofotogramétrico de 1970 pertencente ao Centro de Ciências Agrárias (CECA/UFAL) e oriundas do acervo de imagens de satélite de 2018 disponibilizada para visualização pela empresa Google.

Foram utilizados os softwares abaixo:

- Google Earth Pro (versão 7.3.2): trata-se de um software gratuito aqui utilizado para criação de arquivos kml e para medição das áreas de desmatamento.

- StereoPhoto Maker: trata-se também de um software gratuito aqui utilizado para criação do anaglifo a partir do par de fotografias aéreas.

- QGIS (versão 3.4.1): trata-se de um software livre e gratuito aqui utilizado para o Georreferenciamento das fotografias aéreas, do mosaico e do anaglifo, além da criação dos arquivos shapefiles e medição das áreas com presença e ausência de mata.

- Photoshop (versão 19.1.6 - Plano de Fotografia da Creative Cloud - anual): trata-se de um software pago aqui utilizado para criação de mosaico a partir do par de fotografias aéreas.

- Libreoffice (versão 6.1.3): trata-se de um software livre e gratuito aqui utilizado para avaliação e projeção do impacto ambiental no Bioma Mata Atlântica.

Vale ressaltar, que para a criação dos arquivos kml e shapefile, utilizando o

anaglifo, foi necessário o uso de óculos específico para visualização 3D. Ademais, o anaglifo foi fundamental para identificação e confirmação da presença da Mata Atlântica, visto que o par de fotografias aéreas data de 1970, o que impossibilita confirmar da informação em campo.

O fluxograma abaixo (Figura 1) apresenta a metodologia do mapeamento de Mata Atlântica, mostrando passo a passo todos os procedimentos realizados.

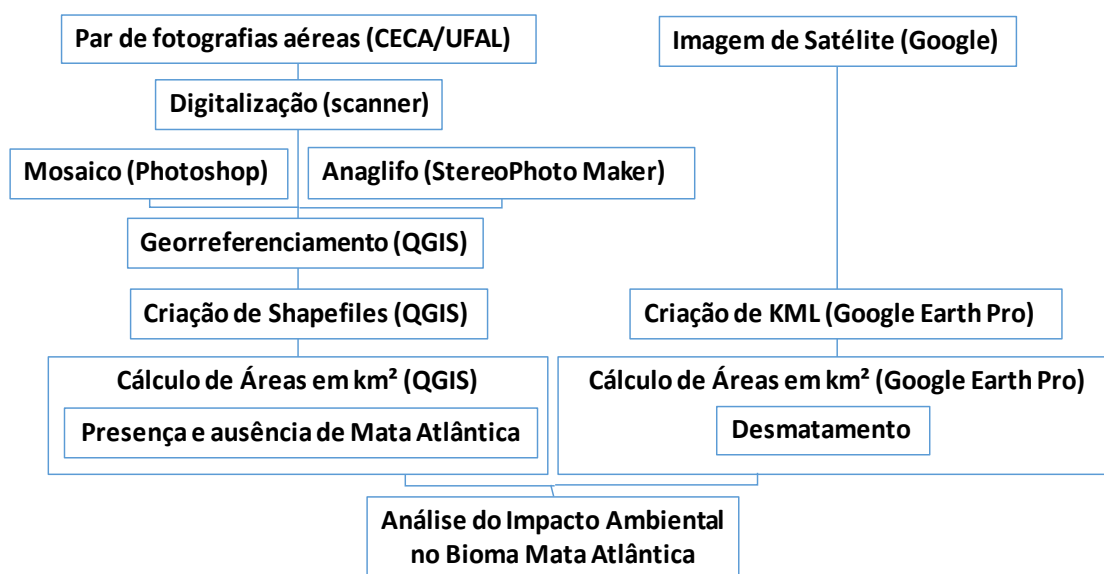


Figura 1. Fluxograma com as etapas realizadas no trabalho.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Um fragmento espacial estratégico foi selecionado na área situada no limite entre os municípios Jequiá da Praia e Roteiro, dentro da Mesoregião do Leste Alagoano, a fim de identificar áreas com alto potencial de desmatamento no Bioma Mata Atlântica (Figura 2). Uma outra razão que motivou o uso de um fragmento espacial foi a não obtenção de fotografias suficientes para recobrir toda a área dos municípios alagoanos selecionados para este estudo, ou seja, não estão no acervo do CECA.

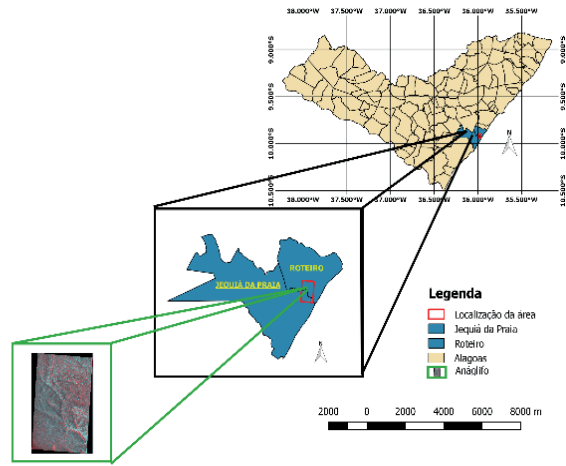


Figura 2. Localização do fragmento espacial utilizado neste estudo.

A análise da imagem anaglifo (1970), permitiu constatar um denso volume de mata recobrendo a rede hidrográfica, e um início de desmatamento (Figura 3).

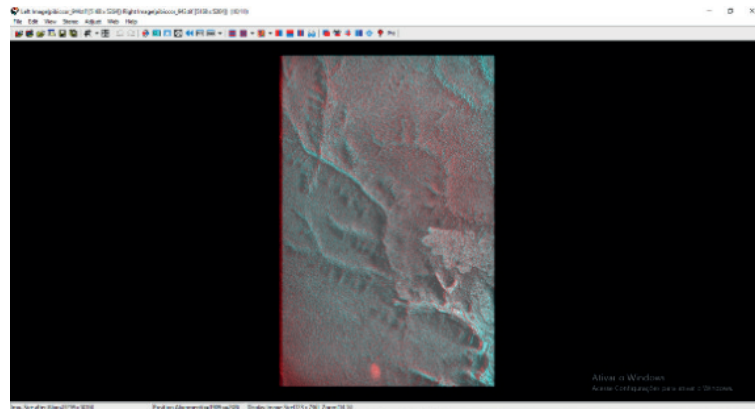


FIGURA 3. Anaglifo mostrando uma densa mata, rede hidrográfica e área desmatada.

O georreferenciamento das imagens aéreas permitiu criar os shapefiles e calcular áreas de presença de mata, assim como, desmatamento (Figura 4).

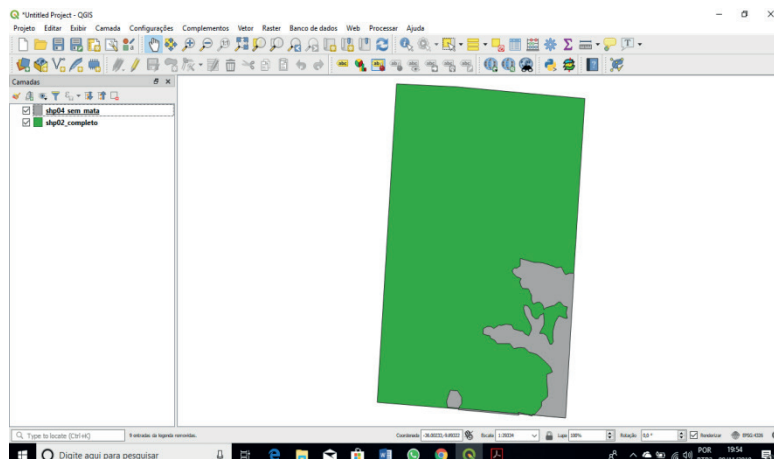


Figura 4. Shapefile do anaglifo da fotografia aérea de 1970.

Os resultados das fotointerpretações de 1970 e 2018 apresentaram um elevado grau de desmatamento. Em uma área de 13,69 km<sup>2</sup> (anaglifo) foi detectado o aumento de 1,28 km<sup>2</sup> (1970) para 9,99 km<sup>2</sup> (2018) na área desmatada (Figura 4). O uso do mosaico aumentou a área de estudo para 29,22 km<sup>2</sup>, e aumentou, também, os valores da área desmatada para 3,96 km<sup>2</sup>, em 1970, e 21,68 km<sup>2</sup>, em 2018. Finalmente, o aumento na área para 32,57 km<sup>2</sup> (par de fotografias) também gerou um aumento na área desmatada, de 4,13 km<sup>2</sup>, em 1970, e 24,49 km<sup>2</sup>, em 2018.

A avaliação e projeção do impacto ambiental se basearam nas diferenças percentuais ocorrentes entre as áreas analisadas e áreas desmatadas entre os anos de 1970 e 2018 (Tabela 1).

Área Analisada	Área Desmatada	
	1970	2018
A1	A3	A5
A2	A4	A6
A7	A8	A9

Tabela 1. Tabela de siglas (A1 à A9) com seus respectivos significados.

A1: aumento da % da área total analisada entre o anaglifo e o mosaico.

A2: aumento da % da área total analisada entre o anaglifo e o par de fotografias.

A3: aumento da % de área total desmatada entre o anaglifo e o mosaico, em 1970.

A4: aumento da % de área total desmatada entre o anaglifo e o par de fotografias em 1970.

A5: aumento da % de área total desmatada entre o anaglifo e o mosaico, em 2018.

A6: aumento da % de área total desmatada entre o anaglifo e o par de fotografias em 2018.

A7: aumento da % da área total analisada entre o anaglifo e soma das áreas dos municípios.

A8: projeção de aumento da % de área total desmatada entre o anaglifo e a soma das áreas dos municípios em 1970.

A9: projeção de aumento da % de área total desmatada entre o anaglifo e a soma das áreas dos municípios em 2018.

O significado das siglas A1 até A9 (Tabela 2) serviram para gerar as fórmulas matemáticas desenvolvidas para obter os valores, em porcentagem, de avaliação (A1 até A7) e de projeção (A8 e A9) do impacto ambiental (Tabela 2). Para obtenção destes valores foram utilizados os valores do anaglifo como referência, comparando-os aos do mosaico, do par de fotografias e da soma das áreas dos municípios. Foi feita então uma correlação entre estes valores e os valores dos aumentos de porcentagem das áreas desmatadas, assim como para projeção de aumento das áreas desmatadas para toda a área dos municípios.

Tanto para 1970 quanto para 2018, os valores de projeção de aumento de

porcentagem de área desmatada são muito preocupantes. Ou seja, a variação do tamanho da área analisada, entre o anaglifo e o mosaico, gerou um aumento de área desmatada no valor de 209,38 % em 1970 e 117,02 % em 2018. A variação da área entre o anaglifo e a área do par de fotografias, gerou um aumento de 222,66 % em 1970 e 145,15 % em 2018. Por fim a variação entre a área do anaglifo e a soma das áreas dos municípios gerou o valor da porcentagem de aumento de área desmatada tanto para 1970 (1718) quanto para 2018 (3639 %).

Área Analisada (%)	Área Desmatada (%)	
	1970	2018
113,44 <sup>(A1)</sup>	209,38 <sup>(A3)</sup>	117,02 <sup>(A5)</sup>
137,91 <sup>(A2)</sup>	222,66 <sup>(A4)</sup>	145,15 <sup>(A6)</sup>
3303,9 <sup>(A7)</sup>	1718 <sup>(A8)</sup>	3639 <sup>(A9)</sup>

Tabela 2. Tabela de valores de avaliação e projeção do aumento de porcentagem de área analisada e de área desmatada, em 1970 e 2018, e as fórmulas matemáticas.

$$A1 = (B6*100)/B5 = (29,22*100)/13,69$$

$$A2 = (B7*100)/B5 = (32,57*100)/13,69$$

$$A3 = (C6*100)/C5 = (3,96*100)/1,28$$

$$A4 = (C7*100)/C5 = (4,13*100)/1,28$$

$$A5 = (D6*100)/D5 = (21,68*100)/9,99$$

$$A6 = (D7*100)/D5 = (24,49*100)/9,99$$

$$A7 = (O6*100)/B5 = (466*100)/13,69$$

$$A8 = (c15-c10)*(c12-c11)/(c10-c9) = (3303,9-137,91)*(222,66-209,38)/(137,91-113,44)$$

$$A9 = (c15-c10)*(c14-c13)/(c10-c9) = (3303,9-137,91)*(145,15-117,02)/(137,91-113,44)$$

## 4 | CONCLUSÕES

Os resultados permitem concluir que a área de estudo tem alto potencial de impacto degradativo do Bioma Mata Atlântica. Se considerarmos uma análise mais completa de toda a área dos municípios de Jequiá da Praia e Roteiro, a projeção de impacto ambiental tende a se manter extremamente alto, principalmente se forem avaliadas imagens aéreas das mesmas épocas (1970 e 2018), e próximas da área deste estudo.

Com a obtenção de novas fotos do levantamento aerofotogramétrico de 1970 e o uso do software Google Earth Pro, pode-se ampliar o estudo do desmatamento ocorrido em Roteiro e Jequiá da Praia, e com isso, aumentar a precisão dos valores de projeção de aumento de áreas desmatadas.

## AGRADECIMENTOS

Ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas por disponibilizar as fotos aéreas do acervo de levantamento aerofotogramétrico de 1970.

## REFERÊNCIAS

COSTA, C. C.; GOMES, L. J.; DE ALMEIDA, A. P. **Seleção de indicadores de sustentabilidade em fragmentos florestais de Mata Atlântica na bacia hidrográfica do Rio Poxim-SE por meio do geoprocessamento**. Revista do Centro do Ciências Naturais e Exatas, V. 18, n. 1, p.2 09-219, 2014.

GOTO, H.; ARAI, K.; SATO, T. **Topographic Anaglyphs from Detailed Digital Elevation Models Covering Inland and Seafloor for the Tectonic Geomorphology Studies in and around Yoron Island**, Ryukyu Arc, Japan. Geosciences, v. 8, n. 10, p. 363, 2018.

LEBOEUF, A.; R. A. FOURNIER. **A Multisensor Multiresolution Method for Mapping Vegetation Status, Surficial Deposits, and Historical Fires Over Very Large Areas in Northern Boreal Forests of Quebec**, Canada. IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, v. 8, n. 11, p. 5199-5211, 2015.

MCGAUGHEY, R. J. et al. **Direct measurement of individual tree characteristics from LIDAR data**. In: Proceedings of the 2004 Annual ASPRS Conference, 2004; Denver, Colorado: Bethesda, MD: American Society of Photogrammetry and Remote Sensing. Unpaginated CD-ROM. 2004.

PASCHOAL, L. G.; MORAIS, F. **Contribuição à avaliação da criação de simbologias para mapeamentos geomorfológicos sobre imagens anáglifos georreferenciadas em ambiente SIG**. In: PEREZ FILHO, A.; AMORIM, R. R. **Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento**. 1ed.Campinas: Instituto de Geociências - UNICAMP, v. 1, pp. 5793-5801, 2017.

SUAREZ, A. F.; CANDEIAS, A. L. B. **Modelagem dinâmica de cobertura da terra na mata atlântica no município de Maragogipe – BA**. Revista Brasileira de Cartografia, v. 66, n. 5, p. 953-981, 2014.

URAMOTO, Y. et al. **Development of photogrammetry system for grasping forest resources information**. In: Proceedings of the XXII ISPRS Congress “International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences”. Melbourne (Australia) 2012. ISPRS, v. 39-B8, p. 447-450.

## PROPOSIÇÃO DE UM ÍNDICE DE HOMOGENEIDADE TERRITORIAL: O CASO DOS TERRITÓRIOS DE IDENTIDADE

Data de aceite: 12/05/2020

**Marcos Aurélio Santos da Silva**

Embrapa Tabuleiros Costeiros,

Aracaju - SE.

<http://lattes.cnpq.br/5701578011158777>

Este capítulo de livro corresponde a uma versão simplificada no artigo SILVA, M.A.S. d.; SOUZA, R. A. Avaliação da homogeneidade dos Territórios de Identidade a partir de técnicas geocomputacionais. *REVISTA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO REGIONAL*, v. 6, p. 111-146, 2018.

**RESUMO:** A importância da abordagem territorial diante da complexidade do contexto social, econômico, ambiental e político é revelada pelo aumento na demanda por estudos qualitativos e quantitativos sobre regionalização a partir de dados multivariados. A Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia dividiu o Estado em 27 Territórios de Identidade, estabelecidos de acordo com suas similaridades econômicas, culturais, institucionais e ambientais. Visando avaliar, quantitativamente, a homogeneidade desses territórios, o presente trabalho propõe um indicador de homogeneidade territorial, que foi usado em conjunto com duas técnicas de

regionalização Geocomputacionais, SKATER e TerraSOM. Foram avaliados 26 Territórios de Identidade da Bahia a partir de um conjunto de dados multivariados, agregados por município, que abrangem as dimensões social, econômica e agropecuária dos municípios. O indicador de homogeneidade, associado com algoritmos Geocomputacionais de análise multivariada de dados, atendeu ao objetivo de classificar os Territórios de Identidade, podendo ser utilizado em diferentes momentos do planejamento de políticas públicas territoriais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Bahia, regionalização, técnicas Geocomputacionais, Territórios de Identidade.

### PROPOSITION OF A TERRITORIAL HOMOGENEITY INDEX: THE CASE OF IDENTITY TERRITORIES

**ABSTRACT:** The importance of the territorial approach in the face of the complexity on the social, economic, environmental and political context in which it is inserted, increases the demand for qualitative and quantitative studies on regionalization based on multivariate. The Superintendency of Economic and Social Studies of Bahia divided the State into 27 Identity Territories - IT, established according to



their economic, cultural, institutional and environmental similarities. In order to evaluate quantitatively the homogeneity of these territories, this work proposed an indicator of territorial homogeneity in conjunction with two geocomputational regionalization methods, SKATER and TerraSOM. Twenty-six Identity Territories of Bahia were evaluated from a set of multivariate data, aggregated by municipality, covering the social, economic and agricultural dimensions of the municipalities. The homogeneity indicator, coupled with Geo-Computational methods of multivariate data analysis, met the objective of classifying the Identity Territories and can be used in different moments of territorial public policy planning.

**KEYWORDS:** Bahia, regionalization, GeoComputational techniques, Identity Territories.

## 1 | INTRODUÇÃO

Desde o início do século XXI o planejamento regional no Brasil, sobretudo as ações governamentais, tem adotado o conceito de território como elemento norteador de diversos programas nacionais e estaduais de desenvolvimento regional (DIAS e FARIAS, 2015; MDA, 2005; SABOURIN, 2015; SERPA, 2015; TEIXEIRA; MELO; FRANÇA, 2011). De fato, as novas políticas públicas territoriais procuram combinar as estratégias *top-down* (intervenção estatal) com as estratégias *bottom-up*, que implica num maior engajamento social como mecanismo de articulação e promoção do desenvolvimento sustentável endógeno de regiões excluídas (MATTEO et al., 2013; SABOURIN, 2002; SAQUET, 2010). Como bem observaram Balbim e Contel (2013), a inclusão espacial é um pressuposto constitucional que depende de políticas de regionalização que promovam a diminuição das desigualdades sociais e regionais.

A evolução das políticas públicas voltadas para a regionalização no estado da Bahia teve início na década de 1960 (DI LAURO et al., 2009). Nessa época, o IBGE dividiu o estado em 26 microrregiões homogêneas a partir de variáveis socioeconômicas e ambientais. Em 1996, a Lei Estadual nº 2321 particionou a Bahia em 21 regiões administrativas, cada qual com uma sede urbana como centralizadora das instituições e serviços básicos do governo do Estado. Essas regionalizações caracterizaram-se, sobretudo, pelo desejo de aumentar a eficiência e eficácia dos serviços governamentais, assim como pela centralidade econômica dos municípios referenciais, em geral mais desenvolvidos economicamente, como é o caso da região de Vitória da Conquista (MONTEIRO e SERPA, 2011).

Na década seguinte, mais precisamente em 2007, a Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia (SEI), vinculada à Secretaria de Planejamento do Estado da Bahia (SEPLAN), passou a usar o conceito de território, ou abordagem territorial, para redefinir a regionalização do Estado. Dessa forma,

dividiu-se a Bahia em 26 Territórios de Identidade (TI), tendo como elementos norteadores as regionalizações precedentes, os Territórios Rurais do Programa Nacional de Desenvolvimento Sustentável de Territórios Rurais (PRONAT) e aspectos culturais e artísticos que caracterizam cada região (SERPA, 2015). Em 2013, houve uma atualização da divisão, quando a Bahia passou a contar, então, com 27 TIs (BLATT e GONDIM, 2013). Esta territorialização teve uma clara intenção de privilegiar os aspectos culturais que reforçariam os elementos de identidade, pertencimento e, conseqüentemente, de homogeneidade territorial (SERPA, 2015).

A oficialização dos TIs foi realizada quando da publicação do Decreto Estadual nº 12.354 de 25 de agosto de 2010 que em seu Art. 1º, § 1º define Território de Identidade.

Considera-se Território de Identidade o agrupamento identitário municipal formado de acordo com critérios sociais, culturais, econômicos e geográficos, reconhecido pela sua população como o espaço historicamente construído ao qual pertence e que, desta forma, amplia as possibilidades de coesão social e territorial.

No entanto, apesar do conceito multidimensional, a identidade cultural seria o principal elemento aglutinador municipal nos TIs (SERPA, 2015). Em termos práticos, isso implica num conflito entre os conceitos de *território*, importante para a identificação dos elementos culturais agregadores e que nem sempre são fáceis de limitar geograficamente, e de *regionalização*, que está intimamente ligado à homogeneidade socioeconômica e proximidade espacial.

Como consequência, um dos problemas dos TIs levantados por Serpa (2015) é a divergência em relação aos limites dos TIs. Ou seja, nem sempre os municípios se identificam com o TI ao qual foram associados. Isso se explica, em parte, pela influência das regionalizações anteriores, sobretudo as regiões administrativas de 1996, focadas nos municípios centrais, e do PRONAT, criado em 2003, a partir de demandas dos movimentos sociais, sobretudo aqueles ligados à agricultura familiar.

Santos, Silva e Pereira (2011) classificaram os municípios da Bahia segundo a variabilidade dos percentuais de valor agregado no PIB Estadual e municipal dos setores de serviços, industriais, agrícola e administração pública. Os autores concluíram que nenhum TI é perfeitamente homogêneo e que apenas sete TIs concentram os principais municípios industriais. Figueira e Figueira (2017) analisaram o impacto dos Programas de Transferência de Renda (PTR) (Bolsa Família e Benefício de Prestação Continuada) no TI Vitória da Conquista (desde 2016 chamado Sudoeste Baiano) já partindo do pressuposto de que há forte heterogeneidade interna nos TIs, observável pela diferença do PIB per capita dos municípios. O estudo conclui que os PTRs impactaram positivamente no IDH-M dos municípios do TI.

Logo, faz-se necessário uma avaliação quantitativa mais abrangente do grau de homogeneidade dos TIs para que seja possível a verificação de possíveis incoerências no processo de delimitação dos Territórios de Identidade. Esta análise também auxiliaria a elaboração de políticas públicas de gestão dos TIs, visando diminuir as desigualdades intraterritoriais.

Assim, o objetivo principal deste trabalho foi avaliar quantitativamente a homogeneidade dos Territórios de Identidade do estado da Bahia, usando como referência um conjunto de dados multivariados, agregados por município, que abrangem as dimensões social, econômica e agrícola dos municípios baianos. Para o cálculo da homogeneidade territorial foi proposto um índice genérico, Índice de Homogeneidade Territorial (IHT), que deve ser aplicado em conjunto com técnicas de análise de agrupamentos. Neste trabalho o IHT foi aplicado aos TIs da Bahia usando duas técnicas GeoComputacionais de análise de agrupamentos de dados geoespaciais, *Spatial 'K'luster Analysis by Tree Edge Removal* (SKATER) e TerraSOM, baseada na rede neural artificial do tipo Mapa Auto-Organizável (do inglês, *Self-Organizing Maps – SOM*).

Na seção 1.2 tem-se uma breve revisão de técnicas de regionalização automática de dados geoespaciais agregados por área. Na seção 2 são descritos os materiais e métodos usados no estudo, com ênfase no indicador de homogeneidade IHT proposto e nas duas técnicas de regionalização analisadas, SKATER e TerraSOM. Na seção 3 são apresentados os resultados e discussão. A seção 4 é dedicada às conclusões.

### 1.1 Regionalização automática de dados agregados por área

A regionalização automática a partir de dados multivariados agregados por área pode ser realizada por métodos estatísticos de análise de agrupamento ou a partir de métodos GeoComputacionais que combinam técnicas estatísticas e computacionais de análise de agregados geoespaciais (BAÇÃO; LOBO; PAINHO, 2005; GUO, 2008; GUO e WANG, 2011; HAGENAUER e HELBICH, 2016; HENRIQUES; BAÇÃO; LOBO, 2012; SILVA, 2004; SRINIVAS et al., 2011). Para este estudo optou-se por duas técnicas GeoComputacionais de análise de agrupamentos de dados geoespaciais, o *Spatial 'K'luster Analysis by Tree Edge Removal* (SKATER) (cf. seção 4.3) desenvolvido por Assunção, Lage e Reis (2002) e Assunção et al. (2006); e o TerraSOM (cf. seção 4.4) desenvolvido por Silva et al. (2015).

O algoritmo SKATER é um método GeoComputacional que regionaliza um conjunto de áreas contíguas a partir de medidas de proximidade e segundo métodos de particionamento de grafos. Esta técnica tem sido avaliada como meio de elaboração de estratégias de definição de políticas públicas ligadas à segurança

pública (CASTRO et al., 2004) e análise de agregados de exclusão/inclusão social na cidade de São Paulo (ASSUNÇÃO et al., 2006).

O algoritmo TerraSOM agrupa os dados sem considerar questões de contiguidade ou vizinhança. Somente após a separação dos dados no espaço de atributos é que são avaliadas as proximidades no espaço geográfico. O TerraSOM tem sido aplicado na análise da exclusão/inclusão social intra-urbana (SILVA, 2004), na detecção de subagregados territoriais (SILVA; SIQUEIRA; TEIXEIRA, 2010), e na tipificação de territórios de planejamento (SILVA et al., 2011).

O SKATER gera um número  $c$ , definido a priori, de regiões homogêneas, e as relações de vizinhança e restrição de contiguidade espacial são explicitamente consideradas no momento da regionalização automática. No entanto, isto impede que áreas similares e não necessariamente vizinhas sejam detectadas. Para o algoritmo TerraSOM não é necessário definir, a priori, o número de regiões, pois inclui um método de partição automática dos dados. O algoritmo TerraSOM se comporta como um método convencional de análise de agrupamentos, ou seja, não considera as relações de vizinhança e as restrições de contiguidade entre os objetos espaciais.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

O método de análise da homogeneidade dos Territórios de Identidade da Bahia seguiu as seguintes etapas: seleção de variáveis de múltiplas fontes e que contemplem diversos aspectos ou dimensões de cada município da Bahia (*cf.* seção 2.1); definição da área de estudo e dos TIs que serão analisados (*cf.* seção 2.2); uso de dois métodos de análise de agrupamentos espaciais, o SKATER (*cf.* seção 2.3) e TerraSOM (*cf.* seção 2.4); e a proposição e aplicação do Indicador de Homogeneidade Territorial (IHT) para avaliar territórios previamente definidos (*cf.* seção 2.5).

### 2.1 Dados

Foram selecionadas 45 variáveis socioeconômicas a partir de uma lista com 49 que abrangem aspectos relacionados aos indicadores do Atlas de Desenvolvimento Humano (PNUD, 2010), do programa “Bolsa Família” (IPEA, 2007) e do Censo Agropecuário 2006 (IBGE, 2006) (Tabela 1). Foram eliminadas quatro variáveis que apresentaram coeficiente de variação muito elevado ( $> 300\%$ ) ou que não tinham dados para mais de 345 municípios da Bahia (taxas unitárias de assentados, de cabeças de aves, de lavouras para cultivo de flores e de quantidade de ovos produzida por estabelecimento). Após essa eliminação todas as 45 variáveis foram

padronizadas em função da média e do desvio padrão de cada uma delas.

Foram eliminadas as observações (municípios) que apresentaram o valor da variável padronizada maior que cinco e com valores elevados do coeficiente de variação (>100%). Também foi excluído o Território de Identidade “Metropolitana de Salvador”, uma vez que vários dos seus municípios apresentam características atípicas para as variáveis selecionadas. Após essas eliminações restaram 375 municípios e 26 Territórios de Identidade.

Aspecto	Ord	Descrição	Sigla
Atlas do Desenvolvimento Humano	1	Percentual da renda apropriada pelos 20% mais pobres	ATLAS1
	2	Razão 10% mais ricos / 40% mais pobres	ATLAS2
	3	Índice de Theil - L	ATLAS3
	4	Índice de Gini	ATLAS4
	5	Percentual dos ocupados com fundamental completo - 18 anos ou mais	ATLAS5
	6	Percentual da população em domicílios com água encanada	ATLAS6
	7	Percentual da população em domicílios com banheiro e água encanada	ATLAS7
	8	Percentual da população em domicílios com coleta de lixo	ATLAS8
	9	Percentual da população em domicílios com energia elétrica	ATLAS9
	10	Percentual da população em domicílios com densidade > 2	ATLAS10
	11	População rural / População total	TX_POPRURA
	12	População urbana / População total	TX_POPURBA
	13	Mortalidade infantil	ATLAS14
	14	IDHM Renda	ATLAS15
	15	IDHM Longevidade	ATLAS16
	16	Subíndice de frequência escolar - IDHM Educação	ATLAS17
	17	Subíndice de escolaridade - IDHM Educação	ATLAS18
	18	Taxa de fecundidade total	ATLAS19
	19	Taxa de analfabetismo - 18 anos ou mais	ATLAS20
	20	Percentual de extremamente pobres	ATLAS21
	21	Percentual de pobres	ATLAS22
Bolsa Família	22	Programa Bolsa Família (PBF) - valor total dos benefícios em dezembro (2007) / número de benefícios em dezembro (2007)	TX_BF_2007
Condição do produtor	23	Proprietário / Total de número de estabelecimentos	TX_PROPRIE
	24	Arrendatário / Total de número de estabelecimentos	TX_ARRENDA
	25	Parceiro / Total de número de estabelecimentos	TX_PARCEIR
	26	Ocupante / Total de número de estabelecimentos	TX_OCUPANT
	27	Produtor sem área / Total de número de estabelecimentos	TX_PRODUTO

Uso da terra	28	Quantidade produzida de leite de vaca no ano (Mil litros) / 60% das Vacas ordenhadas no ano (Cabeças)	TX_LEITEVA
	29	Lavouras – permanentes / Total de número de estabelecimentos	TX_USO1
	30	Lavouras – temporárias / Total de número de estabelecimentos	TX_USO2
	31	Lavouras - área plantada com forrageiras para corte / Total de número de estabelecimentos	TX_USO3
	32	Pastagens – naturais / Total de número de estabelecimentos	TX_USO5
	33	Pastagens - plantadas degradadas / Total de número de estabelecimentos	TX_USO6
	34	Pastagens - plantadas em boas condições / Total de número de estabelecimentos	TX_USO7
	35	Matas e/ou florestas - naturais destinadas à preservação permanente ou reserva legal / Total de número de estabelecimentos	TX_USO8
	36	Matas e/ou florestas - naturais (exclusive área de preservação permanente e as em sistemas agroflorestais) / Total de número de estabelecimentos	TX_USO9
	37	Matas e/ou florestas - florestas plantadas com essências florestais / Total de número de estabelecimentos	TX_USO10
	38	Sistemas agroflorestais - área cultivada com espécies florestais também usadas para lavouras e pastoreio por animais / Total de número de estabelecimentos	TX_USO11
	39	Tanques, lagos, açudes e/ou área de águas públicas para exploração da aquicultura / Total do número de estabelecimentos	TX_USO12
	40	Construções, benfeitorias ou caminhos / Total de número de estabelecimentos	TX_USO13
	41	Terras degradadas (erodidas, desertificadas, salinizadas, etc.) / Total de número de estabelecimentos	TX_USO14
	42	Terras inaproveitáveis para agricultura ou pecuária (pântanos, areais, pedreiras, etc.) / Total de número de estabelecimentos	TX_USO15
Efetivo de Bovinos	43	Número de cabeças de bovinos (Cabeças) / Número de estabelecimentos agropecuários com efetivo de bovinos em 31/12 (Unidades)	TX_BOVINO
Efetivo de Caprinos	44	Número de cabeças de caprinos (Cabeças) / Número de estabelecimentos agropecuários com caprinos (Unidades)	TX_CAPRINO
Efetivo de Ovinos	45	Número de cabeças de ovinos (Cabeças) / Número de estabelecimentos agropecuários com ovinos (Unidades)	TX_OVINO

Tabela 1. Lista das 45 variáveis socioeconômicas descritivas dos aspectos de desenvolvimento humano, Bolsa Família, condição do produtor, uso da terra, efetivo de bovinos, caprinos e ovinos. Fonte: elaborada pelo autor.

## 2.2 Área de estudo

A área de estudo compreende 375 municípios do estado da Bahia agrupados em 26 Territórios de Identidade (Figura 1).

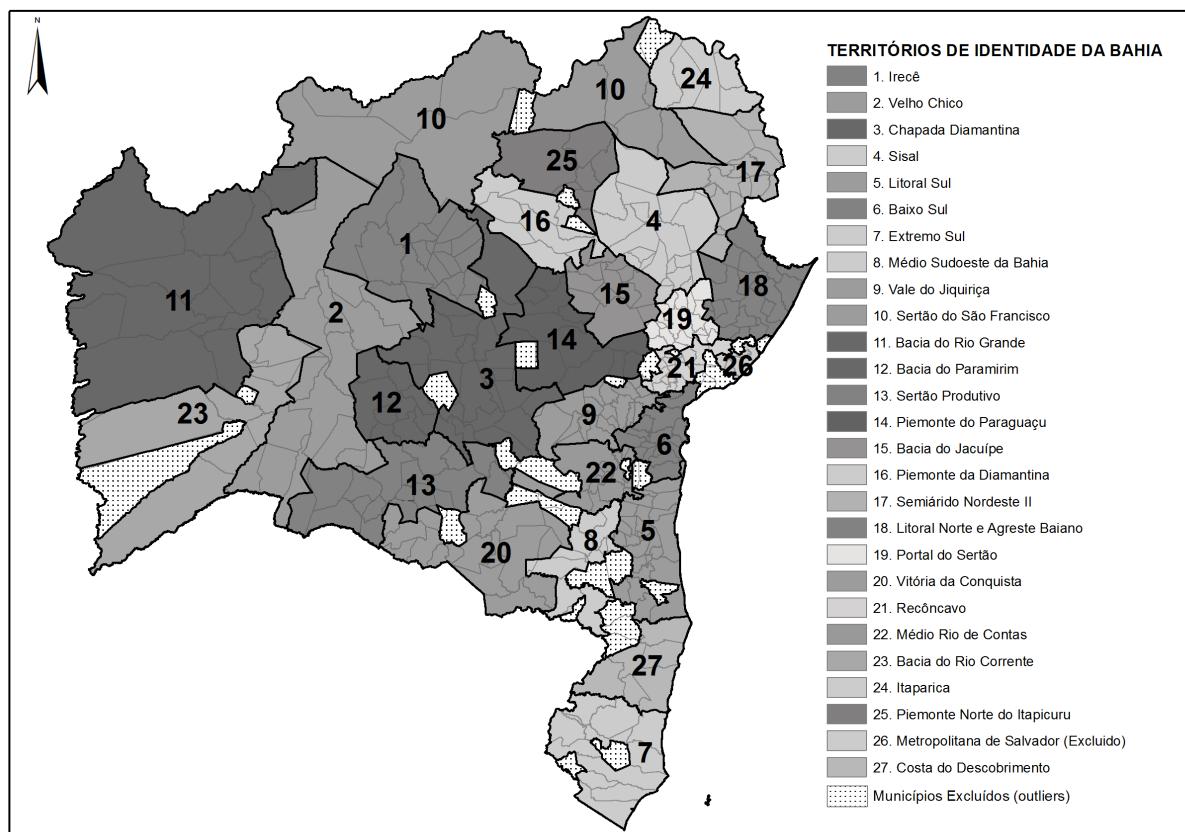


Figura 1. A área de estudo compreende os 26 Territórios de Identidade da Bahia, excluindo os municípios que apresentaram valores atípicos para as variáveis selecionadas. Também foi excluído o TI Metropolitana de Salvador. Fonte: elaborada pelos autores.

### 2.3 O algoritmo SKATER

O algoritmo *Spatial 'K'luster Analysis by Tree Edge Removal* (SKATER) regionaliza mapas de dados agregados por área em três etapas. Na primeira, o mapa é tratado como um grafo em que os nós representam os objetos geográficos (municípios) e as arestas a relação de vizinhança (quando possuem pelos menos um ponto de fronteira em comum) com um custo vinculado à mesma (o custo corresponde à distância euclidiana entre os vetores de características dos objetos geográficos). Na segunda, o grafo é transformado numa Árvore Geradora Mínima (AGM) usando os custos das arestas como critério de poda. Na terceira etapa, a AGM é dividida em  $c$  grupos, com  $c$  definido previamente pelo pesquisador, segundo o critério da força de cada aresta AGM que é calculado a partir da soma dos quadrados dos desvios (ASSUNÇÃO et al., 2002; ASSUNÇÃO et al., 2006).

O algoritmo SKATER gera zonas homogêneas, com quantidades equilibradas de municípios em cada uma, forçando a dependência espacial uma vez que apenas municípios próximos podem ser considerados similares. Quanto maior o número de grupos  $c$  definido pelo pesquisador, menor será a soma total dos quadrados dos desvios de cada grupo, sendo esse valor máximo para  $c = 1$  e zero para  $c = n$ , sendo  $n$  o número total de objetos geográficos (municípios). Como o objetivo deste

trabalho é avaliar a homogeneidade dos 26 Territórios de Identidade da Bahia por meio dos vetores de características de cada município optou-se por considerar as regionalizações do algoritmo SKATER para  $c$  em torno de 26.

O algoritmo SKATER foi aplicado usando-se a distância euclidiana como medida de similaridade, a mesma usada no TerraSOM. Foram avaliadas 39 regionalizações variando-se o número  $c$  de agrupamentos de 12 até 40, com incrementos de uma unidade. Foi utilizado o algoritmo SKATER disponível no pacote R *spdep* versão 0.7-9.

## 2.4 O algoritmo TerraSOM

O algoritmo TerraSOM particiona os dados em três etapas. Na primeira, a rede neural artificial do tipo Mapa Auto-Organizável é treinada a partir do conjunto de dados multivariados agregados por município, usando a distância euclidiana como medida de similaridade entre as observações. Na segunda, a rede neural é automaticamente particionada em  $c$  grupos usando o algoritmo Costa-Netto (COSTA e ANDRADE NETTO, 2003). Como cada município estará associado a um único neurônio artificial, tem-se que a partição da rede neural determina a divisão dos dados em  $c$  grupos. Na terceira etapa o particionamento é avaliado por meio de dois índices, o índice Davies-Bouldin que avalia a distância entre os centroides de cada grupo (DAVIES e BOULDIN, 1979) e o índice *Composed Density between and within clusters* (CDbw) que avalia a densidade intra e intergrupos por meio de vetores de referência dos dados de entrada (HALKIDI e VAZIRGIANNIS, 2008; WU e CHOW, 2004).

Conforme Silva et al. (2015) os vetores de código dos neurônios artificiais foram usados como vetores de referência para cada grupo para o cálculo do índice CDbw. Silva et al. (2015) descreve em detalhes as etapas do algoritmo TerraSOM, que por sua vez, não considera as relações de vizinhança dos objetos geográficos (municípios) no cálculo das semelhanças para a formação dos grupos.

Três indicadores podem ser usados para avaliar a qualidade da partição dos dados em  $c$  grupos: o erro de quantização vetorial da rede neural treinada (o quanto os vetores de código da rede neural aproxima os dados de entrada); o índice de validação do particionamento Davies-Bouldin (quanto menor, melhor a partição); e o índice de validação CDbw (quanto maior o seu valor, melhor a partição). Como não há restrição de contiguidade entre os objetos geográficos, o TerraSOM pode identificar municípios similares no espaço de atributos, que não sejam vizinhos ou nem mesmo fisicamente próximos.

A rede neural SOM é robusta, apresentando resultados coerentes para diferentes valores dos parâmetros de treinamento como: tamanho  $m$  da rede neural (número de vetores de código ou neurônios); tipo de aprendizagem (lote



ou sequencial); raio inicial do processo de quantização; tipo da grade (hexagonal, retangular ou toroidal); e dimensão da rede (uni, bi ou tridimensional). Para este estudo foram testados diferentes tamanhos da rede neural e raios iniciais de quantização para uma rede bidimensional, com grade hexagonal e aprendizagem em lote.

Foi utilizado o *plug-in* TerraSOM, que codifica o método e que foi desenvolvido para o sistema de informação geográfica TerraView. O *plug-in* encapsula um conjunto de algoritmos usados para determinação semiautomática de agrupamentos de dados geoespaciais agregados por área a partir da rede neural artificial do tipo Mapa Auto-Organizável de Kohonen (KOHONEN, 2001; SILVA et al., 2015).

## 2.5 Proposição do Indicador de Homogeneidade Territorial (IHT)

Para comparar os resultados desses dois algoritmos foi idealizado o IHT que leva em consideração, para cada território  $i$  previamente definido, o número  $m_i$  de grupos encontrados nesse mesmo território e a área coberta  $S_{ij}$  por cada grupo no território  $i$ . Logo, dado um particionamento dos objetos geográficos (municípios) em  $c$  grupos a partir de qualquer técnica de análise de agrupamentos define-se o índice de homogeneidade  $IHT_i'$  para cada território  $T_i$  da forma que segue.

Seja  $A = \{S_1, S_2, \dots, S_j\}$  o conjunto das áreas cobertas por cada grupo no território  $i$  associados a um conjunto de  $j=m_i$  grupos,  $S_i = \sum_{j=1}^{m_i} S_{ij}$  o somatório de todos os elementos de  $A$  e  $S_{max,i}$  o valor máximo desse mesmo conjunto. O índice de homogeneidade territorial  $IHT_i'$  para cada  $T_i$  será dado por:

$$IHT_i' = \frac{S_{max,i}}{S_i + \frac{(m_i - 1)}{c} (S_i - S_{max,i})}, \quad (1)$$

O índice  $IHT_i'$  assume valor máximo quando  $S_{max,i}$  se iguala a  $S_i$  e  $m_i=1$ , quando o Território de Identidade está associado a um único grupo, e mínimo quando  $m_i$  se iguala a  $c$  e  $S_{max,i}$  se aproxima de  $S_i/m_i$ , ou seja, quando todos os grupos estão representados no Território e o maior grupo se aproxima de  $S_i/m_i$ . Escalonando  $IHT_i'$  para o intervalo  $[0,1]$  tem-se o valor  $IHT_i$  dado por:

$$IHT_i = \frac{x_i z - c}{z - c}, \quad z = c^2 + (c - 1)^2 \quad (2)$$

A Figura 2 mostra um exemplo fictício para efeito de demonstração do cálculo do indicador proposto. Logo, para o território  $T_1$ , tem-se  $A = \{2, 2, 2, 2\}$ ,  $m_1=4$ ,  $S_{max,1}=2$ ,  $S_i=8$ ,  $c=4$ , e o indicador de homogeneidade será  $IHT_1 = 2 / \left( 8 + (4 - 1) * \frac{8-2}{4} \right) = 0,16$ . Escalonando-se tem-se  $z = 4^2 + (4 - 1)^2$ ,  $IHT_1 = \frac{0,16 * 25 - 4}{25 - 4} = 0$ .

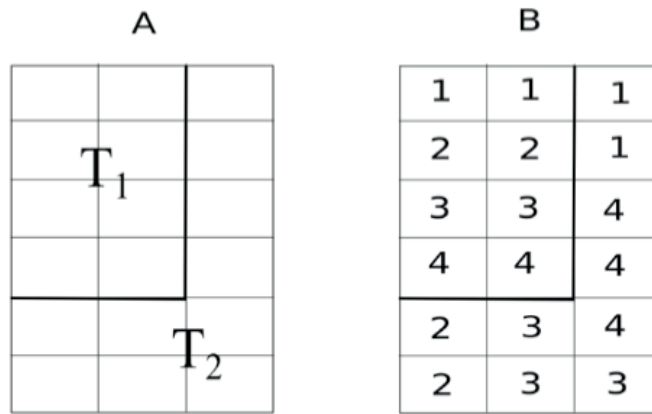


Figura 2. Área geográfica hipotética com 18 objetos geográficos com áreas iguais e unitárias divididos em dois territórios  $T_1$  e  $T_2$  (A). Na ilustração B tem-se a mesma área geográfica particionada em  $c = 4$  grupos.

Para se avaliar a robustez do indicador é importante que cada algoritmo seja executado considerando diferentes valores para os seus parâmetros, gerando mais de uma partição dos dados. Logo, ao invés de analisarmos um único valor do indicador consideraremos a média  $\overline{IHT}_i$  de todos os valores do indicador de homogeneidade territorial calculados. A autocorrelação global espacial do indicador foi avaliada por meio dos índices  $I$  de Moran e  $c$  de Geary (BAILEY e GATRELL, 1995; CLIFF e ORD, 1973).

O indicador proposto pode ser aplicado em conjunto com qualquer algoritmo de particionamento de dados geográficos, quer levem em consideração a contiguidade espacial (e.g., algoritmo SKATER) ou não (e.g., algoritmo TerraSOM).

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 TerraSOM

Os testes, identificados pelo seu ID, com o TerraSOM foram conduzidos para 31 arquiteturas distintas da rede neural artificial do tipo Mapa Auto-Organizável de Kohonen bidimensional hexagonal com aprendizagem em lote (Tabela 3). Variou-se o número de linhas (L) e colunas (C) da rede neural, sendo o total de neurônios igual a  $m$ ,  $m = L \cdot C$  e o raio inicial do processo de atualização dos vetores de código da rede neural ( $r$ ).

ID	L	C	m	r	Eq	c	DB	CDbw
ts26	4	5	20	5	5,51	7	2,71	863,59
ts23	1	16	16	16	5,34	7	2,75	864,03
ts24	4	6	24	6	5,40	11	2,85	598,84
ts18	1	27	27	27	5,12	15	2,57	454,03

ts25	5	6	30	6	5,33	16	2,80	469,94
ts27	4	7	28	7	5,37	17	2,86	386,61
ts28	4	7	28	4	5,37	18	2,88	364,82
ts43	2	16	32	16	5,24	19	2,57	391,59
ts29	7	4	28	5	5,38	21	2,90	347,26
ts40	3	10	30	10	5,33	24	2,75	261,52
ts39	1	35	35	25	4,99	28	2,47	342,12
ts33	1	40	40	30	4,92	29	2,42	285,96
ts6	9	4	36	8	5,27	31	2,65	243,78
ts30	6	7	42	6	5,21	33	2,62	245,02
ts2	8	5	40	8	5,23	34	2,65	250,69
ts37	10	4	40	6	5,25	34	2,57	213,93
ts10	8	5	40	8	5,23	34	2,65	250,69
ts13	8	6	48	8	5,13	37	2,55	237,38
ts19	1	50	50	35	4,79	38	2,28	266,15
ts4	10	5	50	8	5,13	39	2,50	192,00
ts8	9	5	45	8	5,17	39	2,44	215,13
ts42	2	25	50	25	5,07	41	2,49	230,81
ts31	7	8	56	7	5,08	43	2,31	203,06
ts41	3	20	60	20	5,03	50	2,08	172,92
ts34	9	6	54	8	5,13	53	2,28	158,75
ts35	9	7	63	7	5,02	57	2,20	158,13
ts32	8	9	72	8	4,98	61	2,12	168,21
ts36	10	7	70	7	5,01	67	2,12	152,68
ts1	10	8	80	10	4,94	74	2,08	137,18
ts38	10	10	100	9	4,86	83	1,88	124,90
ts5	12	9	108	9	4,84	94	1,71	116,87

Tabela 3. Parâmetros e resultados dos testes realizados por meio do algoritmo TerraSOM sobre os 375 municípios estudados. Fonte: elaborada pelo autor.

A Tabela 3 mostra o número de agrupamentos  $c$  gerados pelo algoritmo TerraSOM, o erro de quantização vetorial ( $E_q$ ), e os valores dos índices de validação de agrupamentos Davies-Bouldin (DB) e CDbw.

Observa-se, na Figura 3, que à medida que o número de agrupamentos  $c$  cresce, diminui o erro de quantização vetorial. De fato, o número  $c$  depende muito do número total de neurônios na rede neural  $m$ , quanto maior  $m$ , maior será  $c$ . No entanto, não é prático analisar partições com um número elevado de grupos, pois o número máximo de grupos definidos para o algoritmo SKATER foi igual a 40. Logo, serão aproveitados os experimentos com os menores valores de  $E_q$  e que tenham particionado os dados no máximo em 40 agrupamentos.

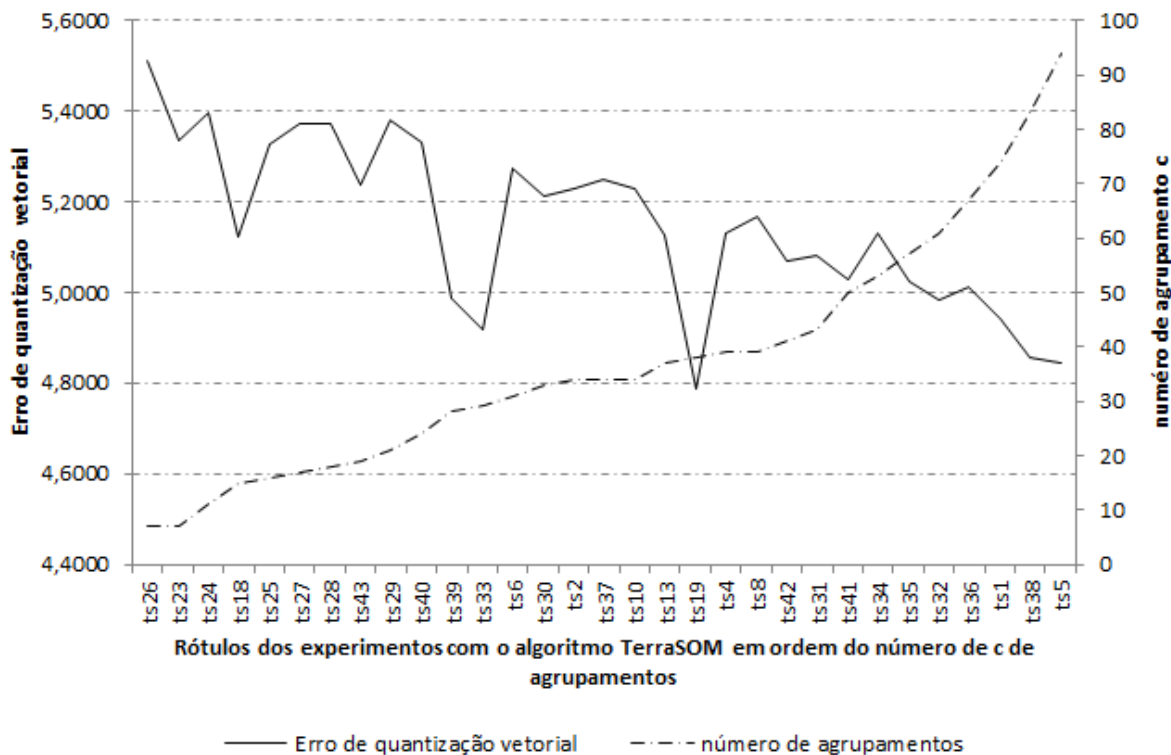


Figura 3. Gráfico da curva dos erros de quantização  $E_q$  e número de agrupamentos  $c$  para cada experimento em ordem crescente  $c$  definido automaticamente pelo algoritmo TerraSOM. Fonte: elaborada pelo autor.

Os valores calculados para os índices Davies-Bouldin e  $CD_{bw}$  mostram também que os experimentos com os melhores valores para cada um dos índices são aqueles que geraram  $c$  entre 23 e 41 (Figura 4). O índice Davies-Bouldin mostra que a partir de  $c$  igual a 23 o índice cai do patamar de 3,0 para 2,5, mantendo-se relativamente constante até  $c$  igual a 42, quando há tendência para uma queda acentuada e constante, devido ao aumento significativo do número de neurônios. O índice  $CD_{bw}$  assume o maior valor para  $c$  muito pequeno, caindo quase que linearmente à medida que  $c$  cresce, sendo que no intervalo de  $c$  entre 23 e 42 ocorrem alguns picos para o índice, para depois decair para  $c$  maiores.

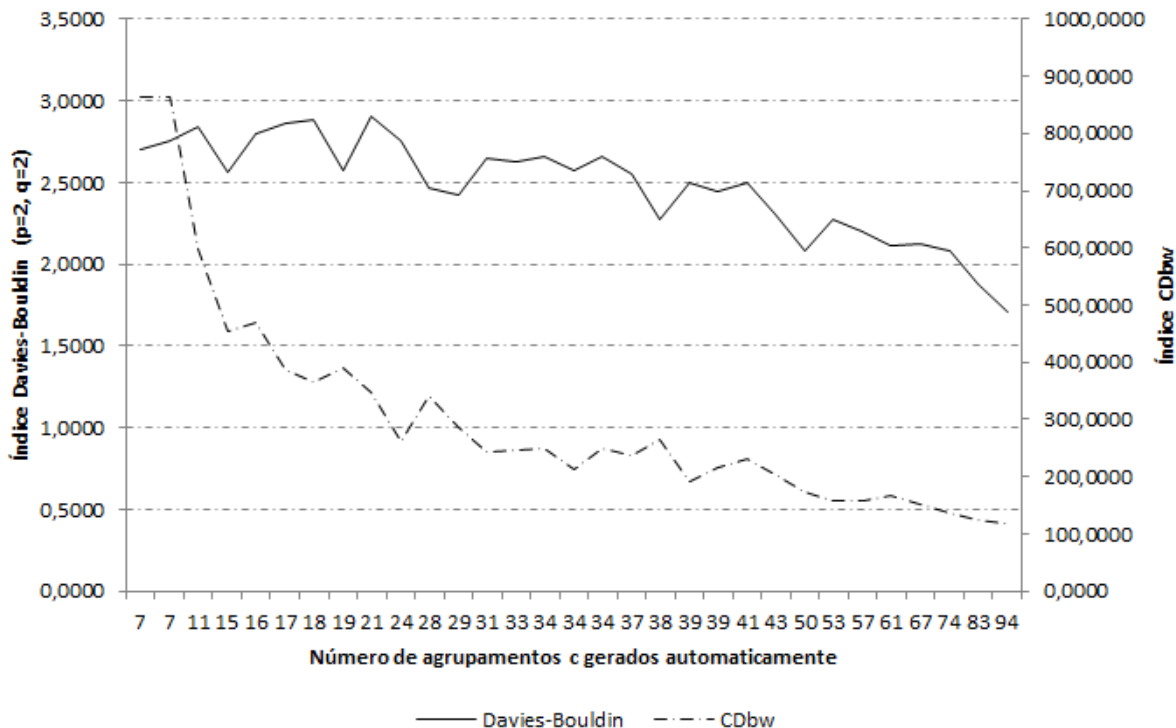


Figura 4. Gráfico da curva dos índices Davies-Bouldin e CDbw para cada experimento em ordem crescente do número de agrupamentos detectados automaticamente pelo algoritmo TerraSOM. Fonte: elaborada pelos autores.

### 3.2 Cálculo do IHT

O IHT de cada território e o valor médio para o estado da Bahia foi calculado para os experimentos com o SKATER para  $c$  entre 19 e 35, e para o TerraSOM para os experimentos “ts43”, “ts29”, “ts40”, “ts39”, “ts33”, “ts6”, “ts30”, “ts2”, “ts37”, “ts10”, “ts13”, “ts19”, “ts4”, “ts8”, “ts42”, “ts31” e “ts41”. Nos gráficos A e B da Figura 5, têm-se as curvas da média do IHT para cada experimento por meio das técnicas SKATER e TerraSOM, respectivamente. Nota-se que há pouca variação nos dois casos, com destaque para o maior patamar no caso do método SKATER, em torno de 0,70, contra 0,45 no método TerraSOM. O maior patamar para o algoritmo SKATER se explica em função de que o algoritmo força a formação de grupos onde todos são obrigatoriamente vizinhos entre si, diminuindo o número de grupos possíveis em cada território. No algoritmo TerraSOM não há essa restrição de contiguidade, o que aumenta o número possível de grupos num mesmo território. A baixa variação do indicador proposto para os dois casos denota sua robustez.

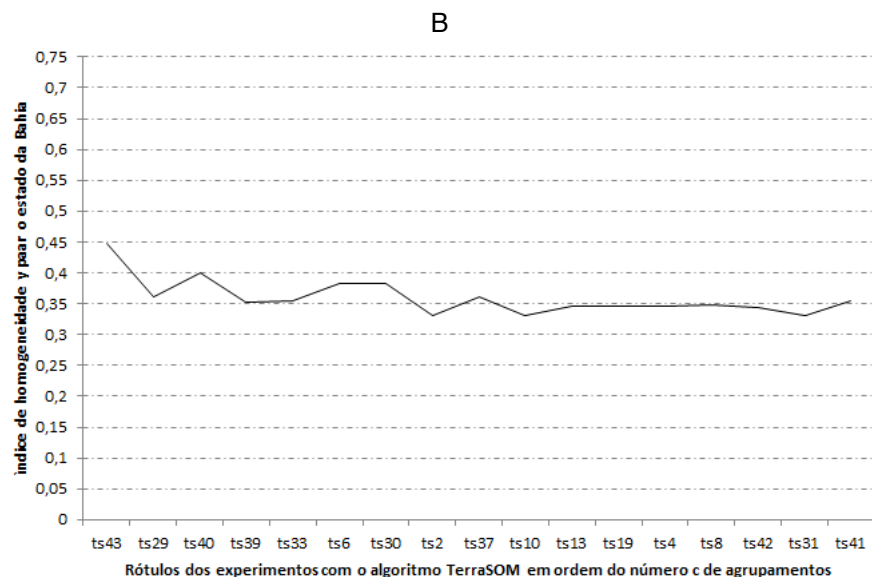
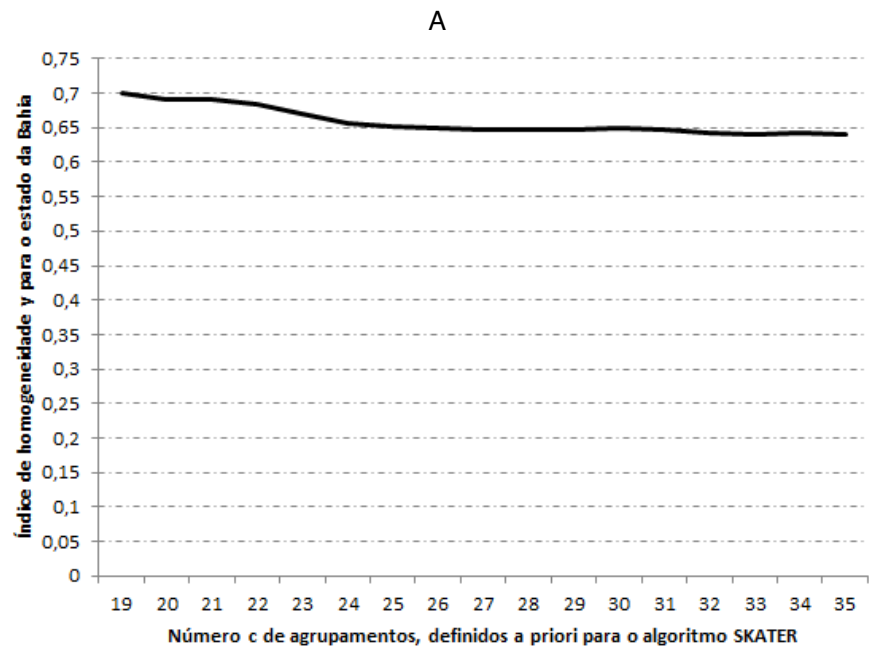


Figura 5. Gráfico da curva do índice de homogeneidade y para o estado da Bahia para cada experimento realizado com o algoritmo SKATER em ordem do número c de agrupamentos (A). Gráfico da curva do índice de homogeneidade y para o estado da Bahia para cada experimento realizado com o algoritmo TerraSOM em ordem do número c de agrupamentos (B). Fonte: elaborada pelo autor.

Quando se observa a média, para os experimentos selecionados, do IHT para cada Território de Identidade, tem-se que as duas técnicas apresentaram resultados semelhantes, sendo que para alguns Territórios os valores foram muito próximos como nos casos do Velho Chico e Médio Sudoeste da Bahia (Figura 6).

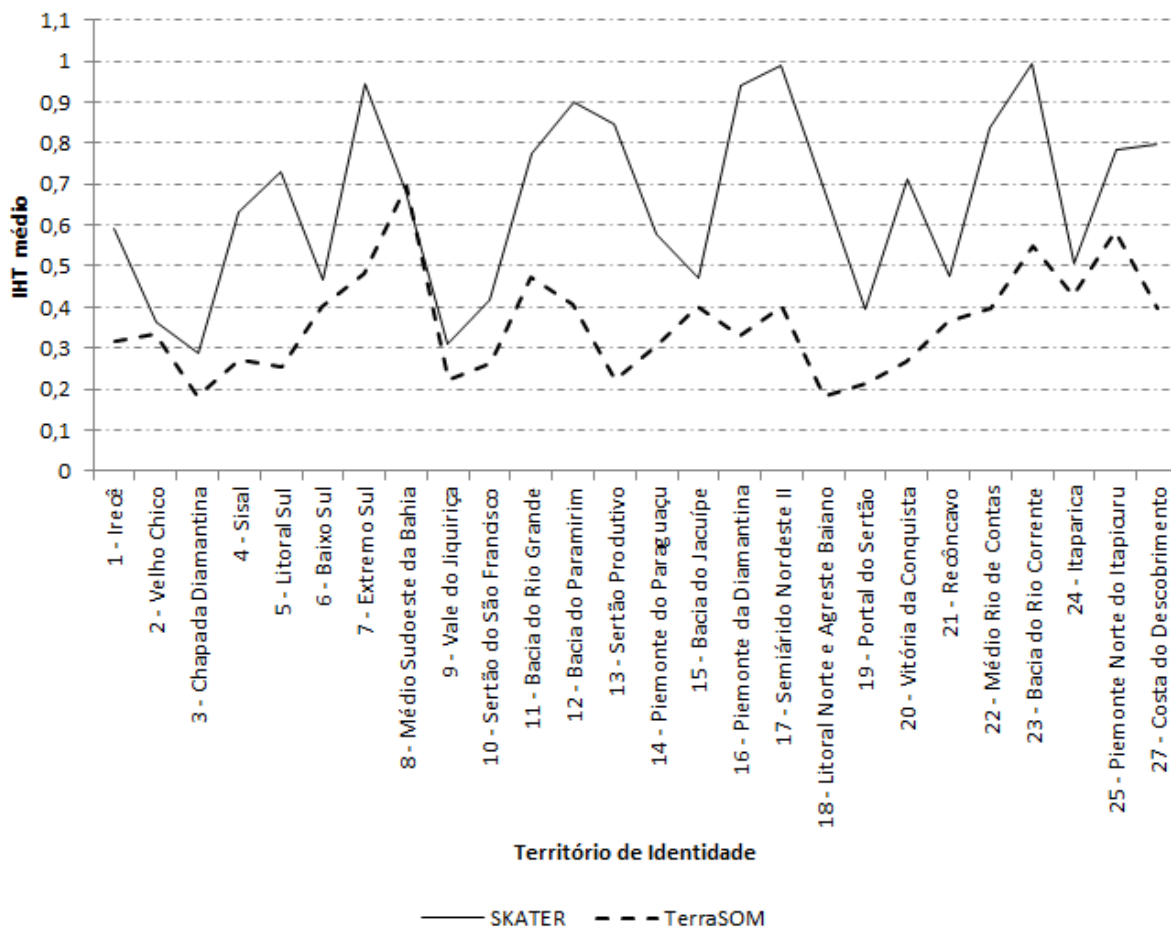


Figura 6. Gráfico da curva da média dos IHT para cada Território de Identidade do estado da Bahia, considerando todos os experimentos realizados com os algoritmos SKATER e TerraSOM. Fonte: elaborada pelo autor.

Os dois algoritmos indicaram que a Chapada Diamantina é o TI mais heterogêneo, enquanto que os territórios mais homogêneos pelo SKATER são Semiárido Nordeste II e Bacia do Rio Corrente, e pelo TerraSOM destacou-se a homogeneidade do TI Médio Sudoeste da Bahia. As médias dos IHT dos TIs para os algoritmos SKATER e TerraSOM apresentaram amplitudes (0,71 e 0,52, respectivamente) e coeficientes de variação (32,34% e 34,76%, respectivamente) equivalentes, sendo a principal diferença na média das médias do IHT, tendo o algoritmo SKATER registrado o valor 0,66 e o TerraSOM 0,36.

Na descrição do perfil do TI Chapada Diamantina da Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia (SEI, 2015, p. 122) consta que “No território observa-se um comportamento homogêneo entre os municípios em referência ao desempenho econômico e à estrutura social”. No entanto, do próprio documento depreende-se que os 24 municípios do TI Chapada Diamantina apresentam forte heterogeneidade na composição do PIB, na produção industrial, no percentual de analfabetismo, nas características habitacionais (abastecimento de água, coleta de lixo e esgotamento sanitário) e na concentração de renda. O IHT do TI Chapada Diamantina confirma essa heterogeneidade.

Com o intuito de caracterizar essa heterogeneidade do TI Chapada Diamantina analisamos os coeficientes de variação (CV) de todas as variáveis, calculados para todos os 24 municípios do TI. Assim, tem-se que as variáveis que mais contribuíram para a heterogeneidade do TI são: tanques, lagos, açudes e/ou área de águas públicas para exploração da aquicultura / total do número de estabelecimentos (TX\_USO12), num de parceiro / total de número de estabelecimentos (TX\_PARCEIR), matas e/ou florestas - florestas plantadas com essências florestais / total de número de estabelecimentos (TX\_USO10), produtor sem área / total de número de estabelecimentos (TX\_PRODUTO), lavouras - área plantada com forrageiras para corte / total de número de estabelecimentos (TX\_USO3), número de cabeças de ovinos (cabeças) / número de estabelecimentos agropecuários com ovinos (unidades) (TX\_OVINO) e terras inaproveitáveis para agricultura ou pecuária (pântanos, areais, pedreiras, etc.) / total de número de estabelecimentos (TX\_USO15).

A Figura 7 mostra diferentes mapas coropléticos para o indicador de homogeneidade espacial. Apesar de aparente dependência espacial, não foi observado autocorrelação espacial através dos estimadores I de Moran e c de Geary.

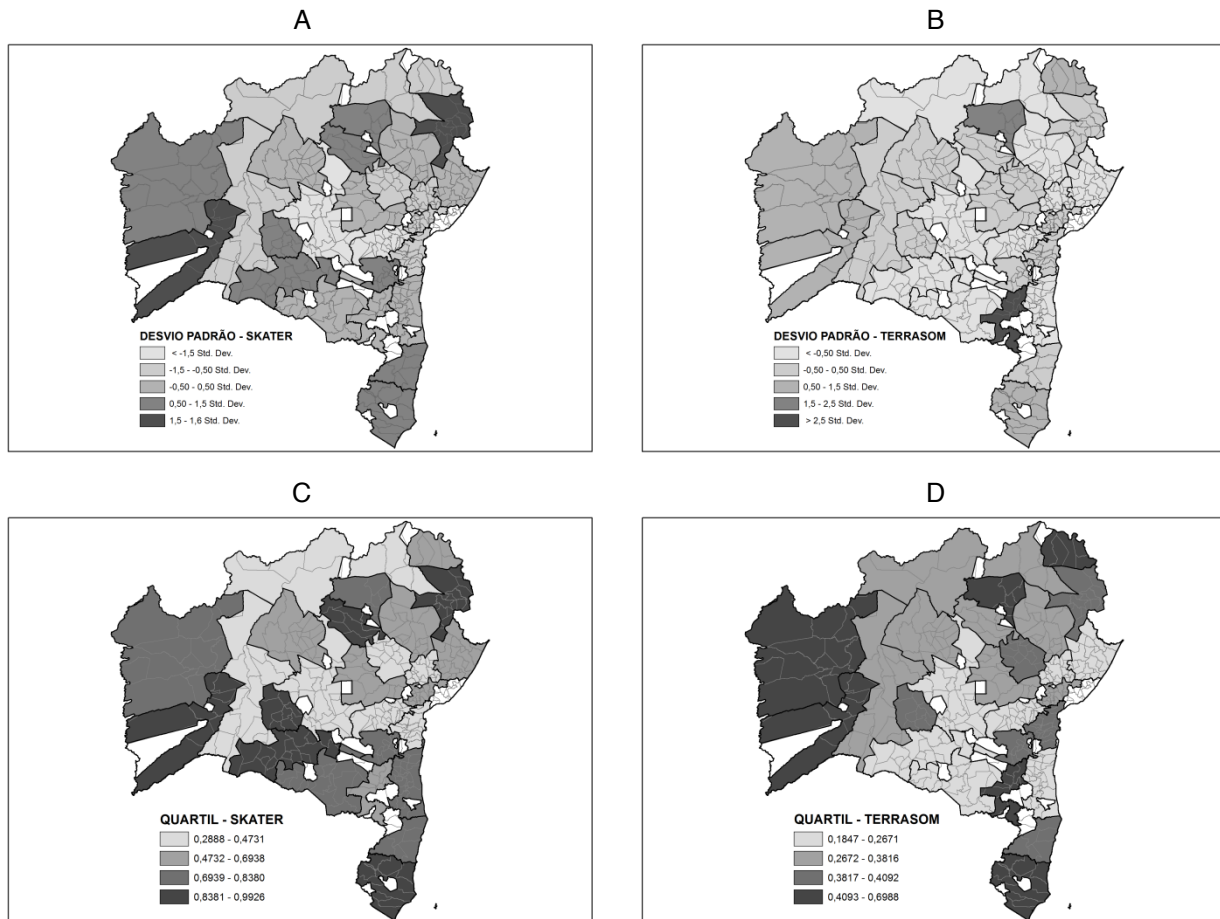


Figura 7. Mapas coropléticos dos quartis e dos desvios em relação à média dos índices médios



## 4 | CONCLUSÕES

Este trabalho propôs um indicador de homogeneidade territorial (IHT) como uma forma de classificar territórios previamente definidos segundo sua homogeneidade a partir de múltiplas variáveis. O indicador IHT proposto é de fácil entendimento e cálculo, pode ser usado em conjunto com qualquer algoritmo de análise de agrupamentos e demonstrou robustez para o estudo de caso analisado.

O indicador foi aplicado na análise de homogeneidade dos Territórios de Identidade da Bahia, que foram definidos segundo critérios de regionalização (similaridades da paisagem e econômica) e territorialização (similaridades culturais). De fato, estudos mostram que os TIs não são perfeitamente homogêneos e que há diferentes graus de homogeneidade nos TIs.

Considerando a análise de homogeneidade dos Territórios de Identidade, pelas duas técnicas de análise de agrupamentos, SKATER e TerraSOM, tem-se que há diferenças entre os 26 Territórios de Identidade avaliados e que os dois métodos alcançaram resultados similares, demonstrando a robustez do indicador IHT. Tanto o SKATER, quanto o TerraSOM, mostraram que o território mais heterogêneo é o TI Chapada Diamantina.

Apesar de apresentar homogeneidade em termos geoambientais o TI Chapada Diamantina apresenta forte heterogeneidade para vários aspectos e variáveis deste estudo, com destaque para: uso da terra, condição do produtor, atividades agropecuárias, distribuição de renda, nível de pobreza, taxa de analfabetismo e características habitacionais.

Não foi observada autocorrelação espacial significativa para a variável IHT por TI. Isto sugere que não há dependência espacial entre os TIs, ou seja, que a homogeneidade do TI não é afetada pela homogeneidade dos seus vizinhos.

A quantificação da homogeneidade em territórios (ou regiões) previamente definidos (as) pode ser um instrumento de gestão pública e de planejamento regional valioso na medida em que ajuda a identificar possíveis problemas de regionalização/ territorialização e a priorizar ações em territórios mais heterogêneos e em situações de fragilidade.

## REFERÊNCIAS

ASSUNÇÃO, R. M.; LAGE, J. P.; REIS, E. A. **Análise de conglomerados espaciais via Árvore Geradora Mínima**. Revista Brasileira de Estatística, Rio de Janeiro, v. 63, n. 220, p. 7-24, 2002.

- ASSUNÇÃO, R. M.; REIS, E. A.; CÂMARA, G.; FREITAS, C. da C. **Efficient regionalization techniques for socio-economic geographical units using minimum spanning trees.** International Journal of Geographical Information Science, Londres, v. 20, n. 7, p. 797-811, 2006.
- BAÇÃO, F.; LOBO, V.; PAINHO, M. **The self-organizing map, the GeoSOM, and relevant variants for geosciences.** Computers & Geosciences, Amsterdam, v. 31, p. 155-163, 2005.
- BAILEY, T. C.; GATRELL, A. C. **Interactive spatial data analysis.** Essex: Longman, 1995.
- BALBIM, R.; CONTEL, F. B. Região e regionalização: subsídios teóricos para o ordenamento territorial e o desenvolvimento brasileiro. In: BOUERI, R. COSTA, M. A. (Eds.). **Brasil em desenvolvimento 2013: Estado, planejamento e políticas públicas.** Brasília: Ipea, v. 1, 2013.
- BLATT, N.; GONDIM, P. S. C. **Territórios de identidade no estado da Bahia: uma análise da regionalização implantada pela estrutura governamental na perspectiva do desenvolvimento local e regional.** Colóquio baiano espaços, tempos e representações: Abordagens Históricas e Geográficas, Vitória da Conquista, v. 1, n. 1, 2013.
- CASTRO, M. S. M. d.; SILVA, B. F. A. d.; ASSUNÇÃO, R. M.; BEATOFILHO, C. C. **Regionalização como estratégia para a definição de políticas públicas de controle de homicídios.** Cadernos de Saúde Pública, Rio de Janeiro, v. 20, n. 5, p. 1269-1280, set-out. 2004.
- CLIFF, A. D.; ORD, J. K. **Spatial autocorrelation.** Londres: Pion, 1973.
- COSTA, J. A. F.; ANDRADE NETTO, M. L. **Segmentação do SOM baseada em particionamento de grafos.** In: Congresso Brasileiro de Redes Neurais, 4., 2003, São Carlos. Anais... São Carlos, 2003.
- DAVIES, D. L.; BOULDIN, D. W. **A cluster separation measure.** IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Nova York, v. PAMI-1, p. 224-227, 1979.
- DI LAURO, A.; EVANGELISTA, A. dos R. S.; LAGE, C.S.; PASSOS, A.L.S.; SCHEER, M.A.P. da S. **Territórios de identidade no Brasil: uma análise teórica e metodológica no estado da Bahia.** Anais... Encontro de Geógrafos de América Latina, 12, Montevideo, 2009.
- DIAS, D. R.; FARIAS, A. L. A. de. **A experiência do planejamento regional em bases territoriais na Amazônia: o caso da regionalização do estado do Pará.** Desenvolvimento em Questão, Ijuí, v. 13, n. 32. p. 178-208, out./dez. 2015.
- FIGUEIRA, W. A.; FIGUEIRA, E. A. **As implicações dos programas de transferência de renda no IDH-M do Território de Identidade do Sudoeste Baiano.** Reflexões Econômicas, Ilhéus, v.1, n.3, p. 93-111, mar. 2017.
- GUO, D. **Regionalization with dynamically constrained agglomerative clustering and partitioning (REDCAP).** International Journal of Geographical Information Science, Londres, v. 22, n. 7, p. 801-823, 2008.
- GUO, D.; WANG, H. **Automatic region building for spatial analysis.** Transactions in GIS, Los Angeles, v. 15, n. s1, p. 29-45, 2011.
- HAGENAUER, J.; HELBICH, M. **SPAWN: a toolkit for spatial analysis with self-organizing neural networks.** Transactions in GIS, Los Angeles, v. 20, n. 5, p. 755-774, 2016.
- HALKIDI, M.; VAZIRGIANNIS, M. **A density-based cluster validity approach using multi-representatives.** Pattern Recognition Letters, Amsterdam, v. 29, n. 6, p. 773-786, 2008.
- HENRIQUES, R.; BAÇÃO, F.; LOBO, V. **Exploratory geospatial data analysis using the GeoSOM**

**suíte.** Computers, Environment and Urban Systems, Amsterdam, v. 36, p. 218-232, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censo Agropecuário 2006 – Segunda apuração, 2006.** Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-2006/segunda-apuracao>>. Acesso em: 25 ago. 2015.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA - IPEA. **Programa Bolsa Família (PBF), 2007.** Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br>>. Acesso em: 14 ago. 2015.

KOHONEN, T. **Self-organizing maps.** 3. ed. New York: Springer, 2001.

MATTEO, M.; VASCONCELOS, R.; MATTEO, K; FREIRE, N. O Brasil em perspectiva territorial: regionalizações como uma estratégia do desenvolvimento emergente. In: BOUERI, R. ? COSTA, M. A. (Eds.). **Brasil em desenvolvimento 2013: Estado, planejamento e políticas públicas.** Brasília: Ipea, v. 1, 2013.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO – MDA. **Referências para uma Estratégia de Desenvolvimento Rural Sustentável no Brasil.** Brasília: 2005. (Série Documentos SDT 01).

MONTEIRO, J.; SERPA, A. **Políticas de desenvolvimento territorial e cultural no território de identidade de Vitória da Conquista: uma análise geográfica da lógica de localização de projetos e recursos.** Ateliê Geográfico, Goiânia, v. 5, n. 3. p. 150-171, dez. 2011.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO - PNUD. **Atlas do desenvolvimento humano,** 2010. Disponível em: <<http://www.atlasbrasil.org.br/>>. Acesso em: 10 out. 2015.

SABOURIN, E. **Desenvolvimento rural e abordagem territorial: conceitos, estratégias e atores.** In: SABOURIN, E.; TEIXEIRA, O. (Orgs.). Planejamento e desenvolvimento dos territórios rurais. Brasília: Embrapa, 2002.

SABOURIN, E. **Evolução da política federal de desenvolvimento territorial no Brasil.** Novos Cadernos NAEA, Belém, v. 18, n. 1. p. 123-143, jan./jun. 2015.

SANTOS, J. P. C.; SILVA, K. M. das G. C.; PEREIRA, S. B. M. **Tipologia dos municípios baianos com base em análise multivariada.** Textos para discussão, n. 2. Publicações SEI, Salvador, 2011. Disponível em: <[http://www.sei.ba.gov.br/images/publicacoes/download/textos\\_discussao/texto\\_discussao\\_02.pdf](http://www.sei.ba.gov.br/images/publicacoes/download/textos_discussao/texto_discussao_02.pdf)>. Acesso em: 03 jan. 2019.

SAQUET, M. A. **Abordagens de concepções de território.** 2. ed. São Paulo: Expressão Popular, 2010.

SERPA, A. (Org.). **Territórios da Bahia: regionalização, cultura e identidade.** Salvador: EDUFBA, 2015.

SILVA, M. A. S. **Mapas auto-organizáveis na análise exploratória de dados geoespaciais multivariados.** 2005. Dissertação (Computação Aplicada). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos.

SILVA, M. A. S. O território como um sistema social complexo. In: FURTADO, B. A.; SAKOWSKI, P. A. M.; TÓVOLI, M. H. (Eds.). **Modelagem de sistemas complexos para políticas públicas.** Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, v. 1, p. 403-436, 2015.

SILVA, M. A. S.; MACIEL, R. J. S.; MATOS, L. N.; GALINA, M. H. **TerraSOM: sistema para análise de dados geoespaciais agregados por área baseado na rede neural do tipo Mapa Auto-Organizável de Kohonen.** Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento nº 65).

SILVA, M. A. S.; SIQUEIRA, E. d. ; TEIXEIRA, O. A. **Abordagem conexionista para análise espacial exploratória de dados socioeconômicos de territórios rurais.** Revista de Economia e Sociologia Rural, Brasília, v. 48, p. 429-446, 2010.

SILVA, M. A. S.; SIQUEIRA, E. R. d. ; TEIXEIRA, O.A. ; MANOS, M. G. L. ; MONTEIRO, A. M. V. Using Self-Organizing Maps for Rural Territorial Typology. In: PRADO, H. A. d.; Alfredo LUIZ, J. B.; CHAIB FILHO, Homero. (Orgs.). **Computational methods for agricultural research: advances and applications.** 1ed.Hershey: Information Science Reference, p. 107-126, 2011.

SRINIVAS, P. V. V. S.; SATPATHY, S. K.; SHARMA, L. K.; AKASAPU, A. K. **Regionalisation as Spatial Data Mining Problem: A Comparative Study.** International Journal of Computer Trends and Technology, Thennur, v. 1, n.2, p. 152-155, 2011.

SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DA BAHIA - SEI. **Perfil dos Territórios de Identidade da Bahia.** Salvador: SEI, 2015. (Série territórios de identidade da Bahia, v. 1).

TEIXEIRA, O. A.; MELO, R. L. de; FRANÇA, V. L. A. **A experiência de territorialização para o planejamento regional em Sergipe.** Economia Política do Desenvolvimento, Maceió, v. 4, n. 12, p. 91-128, set./dez. 2011.

WU, S.; CHOW, T. W. **Clustering of the self-organizing map using a clustering validity index based on inter-cluster and intra-cluster density.** Pattern Recognition, Ezmsford, v. 37, p. 175–188, 2004.

## PRODUÇÃO DE AMENDOIM SALGADO SEM PELE

Data de aceite: 12/05/2020

Data de submissão: 21/02/2020

### **Mayara Santos Scuzziatto**

Pontifícia Universidade Católica do Paraná,  
Escola de Ciências da Vida do Curso de  
Agronomia,  
Toledo – PR.

<http://lattes.cnpq.br/6237267734020962>

### **Henrique Gusmão Alves Rocha**

Universidade Estadual do Oeste do Paraná,  
Centro de Ciências Agrárias  
Marechal Cândido Rondon,  
Marechal Cândido Rondon – PR.

<http://lattes.cnpq.br/8220863922738868>

### **Débora Fernandes da Luz**

Pontifícia Universidade Católica do Paraná,  
Escola de Ciências da Vida do Curso de  
Agronomia,  
Toledo – PR.

<http://lattes.cnpq.br/0152498976089310>

### **Anderson Luis Fortine**

Pontifícia Universidade Católica do Paraná,  
Escola de Ciências da Vida do Curso de  
Agronomia,  
Toledo – PR.

<http://lattes.cnpq.br/2069950462539587>

### **Pablo Kieling**

Pontifícia Universidade Católica do Paraná,  
Escola de Ciências da Vida do Curso de

Agronomia,  
Toledo – PR.

<http://lattes.cnpq.br/8421630382241743>

### **Gustavo Donassolo Toretta**

Pontifícia Universidade Católica do Paraná,  
Escola de Ciências da Vida do Curso de  
Agronomia,  
Toledo – PR.

<http://lattes.cnpq.br/1309043221981470>

### **Joelson Adonai Czycza**

Pontifícia Universidade Católica do Paraná,  
Escola de Ciências da Vida do Curso de  
Agronomia,  
Toledo – PR.

<http://lattes.cnpq.br/3517656684811379>

### **Alexsandro André Loscheider**

Pontifícia Universidade Católica do Paraná,  
Escola de Ciências da Vida do Curso de  
Agronomia,  
Toledo – PR.

<http://lattes.cnpq.br/7875878502255595>

### **Marco Aurélio Rovani**

Pontifícia Universidade Católica do Paraná,  
Escola de Ciências da Vida do Curso de  
Agronomia,  
Toledo – PR.

<http://lattes.cnpq.br/1469847539420888>

### **João Vítor Rodrigues dos Santos**

Pontifícia Universidade Católica do Paraná,  
Escola de Ciências da Vida do Curso de  
Agronomia,  
Toledo – PR.

**Giacomo Lovera**

Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Escola de Ciências da Vida do Curso de  
Agronomia,  
Toledo – PR.

<http://lattes.cnpq.br/6106585862758818>

**Gert Marcos Lubeck**

Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Escola de Ciências da Vida do Curso de  
Agronomia,  
Toledo – PR.

<http://lattes.cnpq.br/8105065873324028>

**RESUMO:** O amendoim é um alimento muito conhecido e consumido em todo o Brasil, podendo ser apresentado na forma doce ou salgado, é muito produtivo, também possui vários benefícios, como vitaminas B e E, fibras, ferro, Omega-3 e 6, e vários outros que ajudam desde prevenção de doenças até em partes de embelezamento, como fortalecimento de unhas e cabelos. O objetivo deste trabalho foi produzir amendoim salgado sem casca, para aperitivos, e avaliar as determinações analíticas de pH, acidez (% NaOH), proteína total, lipídios, extrato seco total, material mineral e também sua aceitação quanto ao aroma, sabor, cor, crocância, aparência e impressão global, perante provadores. Para produção do amendoim salgado foi utilizado três formulações diferentes F1, F2 e F3, tendo como fator de diferenciação a matéria-prima principal, o amendoim. As características físico-químicas foram analisadas segundo as determinações analíticas do Instituto Adolfo Lutz (1985). A análise sensorial de aceitação foi determinada através de uma escala hedônica estruturada de nove pontos, julgada por 30 provadores não treinados. Os resultados indicam a possibilidade de se elaborar um produto através do processamento do amendoim vermelho “*in natura*” com aceitação favorável pelos consumidores, tendo assim como produto preferencial a formulação F2.

**PALAVRAS-CHAVE:** Petisco, características físico-químicas, análise sensorial.

## PRODUCTION OF SALTY PEANUT WITHOUT PEEL

**ABSTRACT:** The peanut is a food very known and consumed all over Brazil, that can be showed on the sweet or salty form, is a productive product, also have several benefits, like vitamins B and E, fibers, iron, Omega-3 and 6, and several others that help since diseases prevention to beautification, as nail and hair strengthening. The goal of this work was to produce salty peanut without hull, as appetizer, and to evaluate the analytical determinations of pH, acidity (% NaOH), total proteins, lipids, total dry extract, mineral material and also its acceptance about the scent, flavor, color,

crunchiness, global appearance and impression, before tasters. To produce the salty peanut was used three different formulations F1, F2, F3, having as a differentiating factor the main raw material, the peanut. The physical-chemical features were analyzed following the analytical determinations of Institute Adolfo Lutz (1985). The sensorial analysis of acceptance was determined through a hedonic scale structured of nine points, judged by 30 untrained testers. The results indicate the possibility of elaborating a product through processing the red peanut “*in natura*” with favorable acceptance by the consumers, having as preference product the formulation F2.

**KEYWORDS:** appetizer, physical-chemical features, sensorial analysis.

## 1 | INTRODUÇÃO

O amendoim é um alimento muito conhecido e consumido em todo o Brasil, podendo ser apresentado na forma doce ou salgado, a origem do amendoim em tupi, “Mani”, significa enterrado. Há muito tempo a semente do amendoim faz parte da cultura brasileira, sendo o ingrediente principal das mais variadas receitas tradicionais, como bolo, paçoca, pé-de-moleque e até mesmo sorvete (SANTOS et al., 2013).

O Brasil já foi produtor de grandes volumes de amendoim. Na década de 1970, o país registrou a marca de um milhão de toneladas, desde então, os números caíram e o principal motivo foi a substituição da cultura por soja, porém a produção voltou a ganhar mais impulso a partir do ano de 1995, dados apresentados pela Companhia Nacional do Abastecimento (CONAB, 2017) demonstram que na safra 2016/2017 foram produzidos 242 mil toneladas de amendoim, apesar de seu cultivo ser realizado em todo o país, o estado de São Paulo é responsável por cerca de 80% da produção nacional (BARROS NETO et al., 2014).

Devido ao seu sabor agradável, o amendoim tem alta aceitação para seu consumo “*in natura*”, na forma de aperitivos salgados e torrados, e os grãos são muito versáteis, podem ser preparados inteiros ou moídos, e até mesmo utilizados para extração de óleo, que é diretamente utilizado na alimentação humana (SOUZA et al., 2016)

Assim como as demais espécies da família das fabáceas, o amendoim se adapta desde os climas equatoriais até os temperados, ou seja, climas que apresentem estações quentes e úmidas que sejam suficientes para garantir a vegetação da planta, é uma cultura que apresenta grande resistência a seca devido seu sistema radicular profundo, explorar a umidade do solo, característica que não é tão expressiva em outras culturas anuais, em contrapartida a cultura não é muito indicada para regiões que apresentam estações com longos períodos de umidade, característica que estimula o ataque de fungos e outras doenças, podendo afetar a

colheita e qualidade do produto final (SANTOS et al., 2014).

O amendoim é um produto produtivo, também possui vários benefícios, como vitaminas B e E, fibras, ferro, Omega-3 e 6, e vários outros que ajudam desde prevenção de doenças até em partes de embelezamento como fortalecimento de unhas e cabelos (BARROS NETO et al., 2014).

O objetivo deste trabalho foi produzir amendoim salgado sem casca para aperitivos, avaliando suas características de pH, acidez (% NaOH), proteína total, lipídios, extrato seco total, material mineral, assim como sua aceitação quanto aroma, sabor, cor, crocância, aparência e impressão global pelos provadores.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi executado no Laboratório de Tecnologia de Transformação de Produtos Agropecuários da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, *Campus Toledo* no período entre Agosto e Novembro de 2017.

Para produção do amendoim salgado foi utilizado três formulações diferentes, tendo como fator de diferenciação a matéria-prima principal, o amendoim (Tabela 1).

Para realizar a fabricação do amendoim salgado primeiramente foi necessário realizar o pré-aquecimento do forno em temperatura média com variação de 170°C a 190°C. Com a utilização de uma forma de aço inox foi colocado o amendoim ao forno por aproximadamente 30 minutos ou até iniciar o processo de torrar o amendoim.

Ingredientes	Formulações		
	F1	F2	F3
Amendoim Branco (g)	500	-	250
Amendoim Vermelho (g)	-	500	250
Cloreto de Sódio (g)	42	42	42
Água (ml)	120	120	120

Tabela 1. Descrição das formulações tratamentos empregados na produção de amendoim salgado sem pele. Fonte: Os autores, 2017.

Na sequência foi realizado o preparo da salmoura na proporção de 1 medida de sal para 5 medidas de água, realizando a mistura da solução para homogeneizar a calda. Com a salmoura pronta foi necessário realizar a mistura da mesma com os grãos do amendoim torrado, podendo ser realizada a pulverização da salmoura sobre o amendoim ou realizar a homogeneização com o auxílio de uma colher.

Após realizada a mistura da salmoura com o amendoim, foi necessário retornar



para a forma, deixar assar com pequenos intervalos de tempo, misturando, por 10 minutos ou até secar totalmente a salmoura. Quando finalizado o processo de secagem foi retirada a forma do forno deixando esfriar.

Quando o amendoim atingiu a temperatura ambiente foi acondicionado em sua embalagem final (Figura 1).

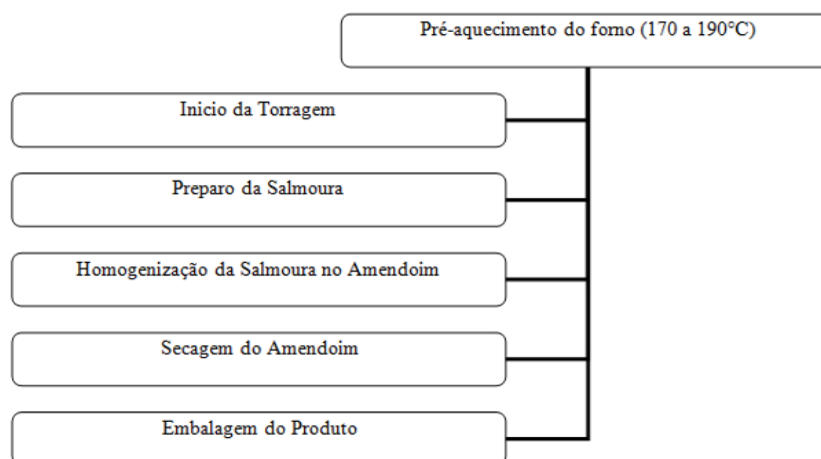


Figura 1. Descrição dos procedimentos de fabricação do amendoim salgado sem pele. Fonte: Zovico et al. (1999).

Foram realizadas as determinações analíticas de pH, acidez (% NaOH), proteína total, lipídios, extrato seco total, material mineral segundo o Instituto Adolfo Lutz (1985) e análise sensorial foi determinada através de uma escala hedônica estruturada de nove pontos utilizando 30 provadores não treinados (SIDEL e STONE, 1999).

Os resultados físico-químicos e sensoriais foram analisados segundo análise de variância ANOVA e teste de média de Tukey ( $p \leq 0,05$ ) utilizando o software estatístico Minitab 2016 (CANTERI, 2001).

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 2, a formulação F2 apresentou alto teor de lipídeos (54,53%) e alto teor em proteína (24,613%), o que faz desta formulação uma excelente estratégia de inclusão proteica na alimentação de adultos e crianças.

Características físico-químicas	Formulações		
	F1	F2	F3
pH	5,08 <sup>c</sup> ± 0,02	4,80 <sup>b</sup> ± 0,02	5,41 <sup>a</sup> ± 0,02
Acidez (% NaOH)	5,01 <sup>a</sup> ± 0,04	4,52 <sup>b</sup> ± 0,05	4,89 <sup>a</sup> ± 0,11
Proteína total (%)	21,98 <sup>b</sup> ± 0,55	24,61 <sup>a</sup> ± 0,87	23,437 <sup>b</sup> ± 0,44
Lipídeos (%)	52,58 <sup>a</sup> ± 1,01	54,53 <sup>a</sup> ± 0,97	53,423 <sup>a</sup> ± 0,96
Extrato seco total (%)	0,24 <sup>a</sup> ± 0,01	0,16 <sup>b</sup> ± 0,02	0,22 <sup>a</sup> ± 0,05
Material mineral (%)	9,36 <sup>b</sup> ± 0,12	9,87 <sup>a</sup> ± 0,79	9,43 <sup>b</sup> ± 0,05

Tabela 2. Resultados médios das análises físico-químicas das formulações.

\*Médias seguidas da mesma letra na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).  
Fonte: os autores, 2017.

Para análise de pH a formulação F2 apresentou menor valor em relação a formulação F1, que por sua vez foi menor que a formulação F3 ( $P < 0,05$ ) (Tabela 2). Em relação à Acidez (% NaOH) a formulação F2 apresentou teor menor que a formulação F3 que por sua vez não teve diferença significativa ( $P < 0,05$ ) em relação à formulação F1.

Quanto à proteína total a formulação F2 apresentou maior teor em relação à formulação F1, existindo diferença significativa ( $P < 0,05$ ), que por sua vez não diferiu significativamente da formulação F3.

Para a análise de lipídeos não foram encontradas diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) entre as formulações. No trabalho de Da-Silveira et. al. (2011), tanto para proteínas totais quanto para lipídeos houve diferença significativa entre as amostras, avaliadas em 2 períodos.

O resultado da análise para extrato seco total revelou maior teor para a formulação F1 em relação as demais formulações sendo significativo ( $P < 0,05$ ) apenas em relação à formulação F2.

A análise de material mineral apresentou valor maior significativamente ( $P < 0,05$ ) para a formulação F2, sendo maior que a formulação F3, que por sua vez não teve diferença significativa em relação à formulação F1.

A análise sensorial foi realizada utilizando-se amostras do produto resultante dos procedimentos de fabricação das diferentes formulações de amendoim salgado sem pele.

Os resultados do teste de aceitação como os atributos de aparência, aroma, sabor, cor, crocância e impressão global estão apresentados na Tabela 03, onde se pode verificar que a formulação F2 apresentou maior aceitação para a maioria dos atributos sensoriais do produto, exceto para análise de crocância na qual apresentou valor significativamente menor ( $P < 0,05$ ) em relação às formulações F1 e F2 que por sua vez não variaram significativamente entre si (Tabela 3).

Características sensoriais	Formulações		
	F1	F2	F3
Aparência	5,85 <sup>c</sup> ± 0,81	7,80 <sup>a</sup> ± 0,83	6,95 <sup>b</sup> ± 0,76
Aroma	5,65 <sup>b</sup> ± 0,81	6,80 <sup>a</sup> ± 0,77	6,10 <sup>b</sup> ± 0,85
Sabor	6,00 <sup>b</sup> ± 1,02	7,85 <sup>a</sup> ± 1,08	6,65 <sup>b</sup> ± 1,18
Cor	7,10 <sup>a</sup> ± 1,07	7,65 <sup>a</sup> ± 0,93	7,60 <sup>a</sup> ± 0,82
Crocância	7,70 <sup>a</sup> ± 0,98	6,40 <sup>b</sup> ± 0,82	7,55 <sup>a</sup> ± 0,99
Impressão global	6,15 <sup>b</sup> ± 0,98	7,95 <sup>a</sup> ± 0,99	6,65 <sup>b</sup> ± 1,09

Tabela 3. Resultados médios das análises sensoriais formulações de amendoim torrado.

\*Médias seguidas da mesma letra na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Fonte: os autores, 2017.

## 4 | CONCLUSÃO

Os resultados indicaram a possibilidade de se elaborar um produto através do processamento do amendoim vermelho “*in natura*” com aceitação favorável pelos consumidores, tendo assim como produto preferencial o resultado da formulação F2.

## REFERÊNCIAS

- BARROS NETO, J. J. DA S.; ALMEIDA, F. DE A. C.; GOMES, J. P.; ALBUQUERQUE, E. M. B. DE. **Projeto e validação de máquina para produção de extrato de amendoim.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 18, n. 11, p. 1165–1171, 2014.
- CANTERI, M. G., ALTHAUS, R. A., VIRGENS FILHO, J. S., GIGLIOTI, E. A., GODOY, C. V. **SASM – Agri: 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.
- DA SILVEIRA, P. S.; PEIXOTO, C. P.; DOS SANTOS, W. J.; DOS SANTOS, I. J.; PASSOS, A. R.; BLOISI, A. M. **Teor de proteína e óleo de amendoim em diferentes épocas de semeadura e densidades de plantas.** Revista da FZVA, Uruguaiana, v.18, n. 1, p. 34-45, 2011.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ (Campinas, SP). **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz.** 3.ed. São Paulo, 1985. v.1, 371p.
- SANTOS, E. P. DOS; SILVA, R. P. DA; BERTONHA, R. S.; NORONHA, R. H. DE F.; ZERBATO, C. **Produtividade e perdas de amendoim em cinco diferentes datas de arranquio.** Revista Ciência Agronômica, v. 44, n. 4, p. 695–702, 2013.
- SANTOS, R. C.; LUZ, L. N. DA; PINHEIRO, M. P. N.; GALVÃO FILHO, A. L. DE A.; LIMA, L. M. DE. **Prospecção de descritores para seleção de genótipos de amendoim tolerantes a pragas de grãos armazenados.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 18, n. 8, p. 851–855, 2014.
- SIDEL, J. L.; STONE, H. Optimization: industrial outlook. In: ALMEIDA, T. C. C. et al., **Avanços em análise sensorial.** São Paulo: Editora Livraria Varela, 1999. p.69-82.
- SOUZA, R. G. M. DE; CAMPOS, M. I. V. A. M.; CORDEIRO, M. DE M.; et al. **Validação de fotografias de alimentos para estimativa do consumo alimentar.** Revista de Nutrição, v. 29, n. 3,

p. 415–424, 2016.

ZOVICO, C.; FONSECA, H.; CALORI-DOMINGUES, M. A.; et al. **Seleção eletrônica pela cor na descontaminação de amendoim contaminado com aflatoxinas.** Scientia Agricola, v. 56, n. 2, p. 371–376, 1999.

## EFEITO DO MÉTODO E TEMPO DE BRANQUEAMENTO NO CONTROLE DO ESCURECIMENTO ENZIMÁTICO EM MAÇÃ (*Malus dosmentica Barkh*)

Data de aceite: 12/05/2020

Data de submissão: 05/02/2020

### **Danielly Cristiny Rodrigues Mendonça**

Instituto Federal de Educação Ciência e  
Tecnologia da Bahia, Curso Superior de  
Tecnologia em Agroindústria,  
Porto Seguro – BA.  
<http://lattes.cnpq.br/0931963898333098>

### **João Vitor da Silva Brito**

Instituto Federal de Educação Ciência e  
Tecnologia da Bahia, Curso Superior de  
Tecnologia em Agroindústria,  
Porto Seguro – BA.  
<http://lattes.cnpq.br/7011576111244220>

### **Natália Rocha Carvalho**

Instituto Federal de Educação Ciência e  
Tecnologia da Bahia, Curso Superior de  
Tecnologia em Agroindústria,  
Porto Seguro – BA.  
<http://lattes.cnpq.br/6403037035045145>

### **Arthur Silva de Jesus**

Instituto Federal de Educação Ciência e  
Tecnologia da Bahia, Curso Superior de  
Tecnologia em Agroindústria,  
Porto Seguro – BA.

### **Nivandroaldo Machado Gama**

Instituto Federal de Educação Ciência e  
Tecnologia da Bahia, Curso Superior de  
Tecnologia em Agroindústria,  
Porto Seguro – BA.

### **Priscilla Macedo Lima Andrade**

Instituto Federal de Educação Ciência e  
Tecnologia da Bahia, Curso Superior de  
Tecnologia em Agroindústria,  
Porto Seguro – BA.

<http://lattes.cnpq.br/3428265706205507>

### **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>

**RESUMO:** O presente trabalho teve por objetivo avaliar a eficiência do método (imersão ou a vapor) e do tempo de branqueamento no escurecimento enzimático e nas propriedades físico-químicas de maçã durante o armazenamento congelado. Maçãs da variedade Gala após lavagem, sanitização em água clorada e enxágue foram descascadas e cortadas em formato de meia lua. As amostras foram aleatoriamente distribuídas em 5 condições experimentais: controle (C); branqueamento por imersão em água fervente por 1 (I1) e 2 minutos (I2) e; branqueamento a vapor por 1 (V1) e 2 minutos (V2); imediatamente após o branqueamento todas as amostras foram analisadas quanto à atividade da peroxidase.

Seguidamente, as amostras foram armazenadas sob temperatura de congelamento, por 5 dias, e analisadas quanto ao pH, acidez total, sólidos solúveis totais (SST) e análise visual da cor. O branqueamento por imersão, no tempo de 2 minutos, mostrou ser o método mais eficaz no controle do escurecimento enzimático. Todavia, o processo de imersão em água fervente tende a reduzir o teor de sólidos solúveis totais e, assim como o método a vapor, diminuir o percentual de acidez dos frutos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Branqueamento, imersão, vapor, escurecimento enzimático, maçã.

## EFFECT OF THE METHOD AND BLEACHING TIME ON THE CONTROL OF ENZYMIC DARKNESS IN APPLE (*Malus dosmentica Barkh*)

**ABSTRACT:** The objective of the present work was to evaluate the efficiency of the method (immersion or steam) and the bleaching time in the enzymatic browning and in the physicochemical properties of apple during frozen storage. Apples of the Gala variety after washing, sanitizing in chlorinated water and rinsing were peeled and cut into a half moon shape. The samples were randomly distributed in 5 experimental conditions: control (C); bleaching by immersion in boiling water for 1 (I1) and 2 minutes (I2) e; steam bleaching for 1 (V1) and 2 minutes (V2); immediately after bleaching, all samples were analyzed for peroxidase activity. Then, the samples were stored under freezing temperature, for 5 days, and analyzed for pH, total acidity, total soluble solids (SST) and visual color analysis. Bleaching by immersion, in the time of 2 minutes, proved to be the most effective method in controlling enzymatic browning. However, the process of immersion in boiling water tends to reduce the content of total soluble solids and, like the steam method, decrease the percentage of acidity of the fruits.

**KEYWORDS:** Bleaching, immersion, steam, enzymatic browning, apple.

## 1 | INTRODUÇÃO

Operações básicas realizadas no processamento de frutas e hortaliças como cortar e descascar podem ocasionar alterações indesejáveis nas características sensoriais e nutricionais dos alimentos. Tais mudanças ocorrem devido à atividade de algumas enzimas deteriorantes, principalmente a polifenoloxidase (PPO), responsável pelo escurecimento.

Os fenóis presentes nesses alimentos são oxidados pelas polifenoloxidases, dando origem a quinonas, que se polimerizam e formam os compostos de coloração escura denominados melaninas (VILAS-BOAS, 2004).

As reações de escurecimento estão entre as mais importantes alterações que sofrem os alimentos, seja na forma in natura ou durante a cadeia de processamento e armazenamento. Por causa das alterações que provocam, têm implicações tanto

nutricionais, tecnológicas e econômicas (CARNEIRO et al., 2006).

A maçã é uma fruta bem aceita pela população, porém, bastante susceptível à deterioração causada pelo escurecimento enzimático, tornando-se inadequada para o consumo devido à formação de coloração escura (OLIVEIRA et al., 2008). A tecnologia de branqueamento é uma alternativa para evitar essa alteração e tem grande relevância para a maçã já que, além do amplo consumo in natura, é utilizada para diversos tipos de processamentos como doces, geleias, compotas, sucos e vinagre.

O branqueamento consiste em uma curta exposição dos vegetais em um tratamento de aquecimento com a finalidade de manter atributos de qualidade, como cor, sabor e odor, pela inativação enzimática, além da destruição de microrganismos da superfície (MAZZEO et al, 2015). Esse tratamento pode ser realizado em imersão em água quente ou vapor (DAMODARAN et al., 2010). Duas enzimas termorresistentes que são encontradas na maioria dos vegetais são a catalase e a peroxidase. Essas enzimas são utilizadas como marcadores para determinar o sucesso do branqueamento.

Embora o branqueamento seja muito utilizado antes do congelamento de frutas e hortaliças não existem muitos estudos que comprovem a eficácia desse tratamento térmico na qualidade dos alimentos. Portanto, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a eficiência do método, imersão ou a vapor, e do tempo de branqueamento no escurecimento enzimático e nas propriedades físico-químicas de maçã durante o armazenamento congelado.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado nos laboratórios de Processamento de Alimentos e Análises físico-químicas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia- IFBA, Campus Porto Seguro. Utilizou-se nesta pesquisa maçãs da variedade Gala (*Malus dosmentica barkh*).

Os frutos, após lavagem, sanitização em água clorada a 150 ppm e enxágue, foram descascados e cortados em formato de meia lua (Figura 1). As amostras obtidas foram aleatoriamente distribuídas em 5 condições experimentais: controle (C); branqueamento por imersão em água fervente por 1 (I1) e 2 minutos (I2) e; branqueamento a vapor por 1 (V1) e 2 minutos (V2); todas as amostras foram analisadas quanto à atividade da peroxidase utilizando-se solução de guaiacol e peróxido de hidrogênio (ARAÚJO, 2011).

Após, as amostras foram acondicionadas em embalagens de polietileno de alta densidade – PEAD, seladas, e armazenadas sob temperatura de congelamento por 5 dias. Passado o período de armazenamento, foram realizadas análises de pH,

acidez total (%), sólidos solúveis totais – SST (°Brix) (IAL, 2008) e análise visual da cor.

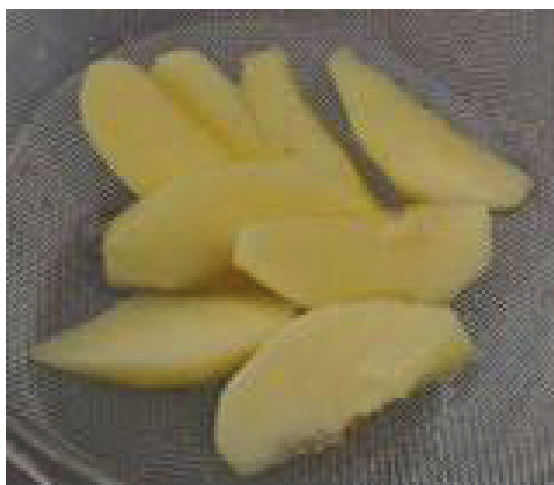


Figura 1. Amostras de maçã após descascamento e corte.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os tratamentos por imersão (I1 e I2) foram os mais eficientes na inativação da peroxidase, não apresentando reação de coloração na presença do guaiacol e peróxido de hidrogênio. Por outro lado, o uso do vapor (V1 e V2) apenas reduziu a intensidade de cor, quando comparado ao C. Por tanto, não inativando por completo a peroxidase.

Assim, como esperado, maior controle do escurecimento enzimático foi observado nos tratamentos por imersão, sendo o tempo de 2 min. (I2) mais eficiente. O uso do vapor (V1 e V2), nas condições empregadas neste experimento, acelerou o escurecimento enzimático, comparado ao C (Figura 2).

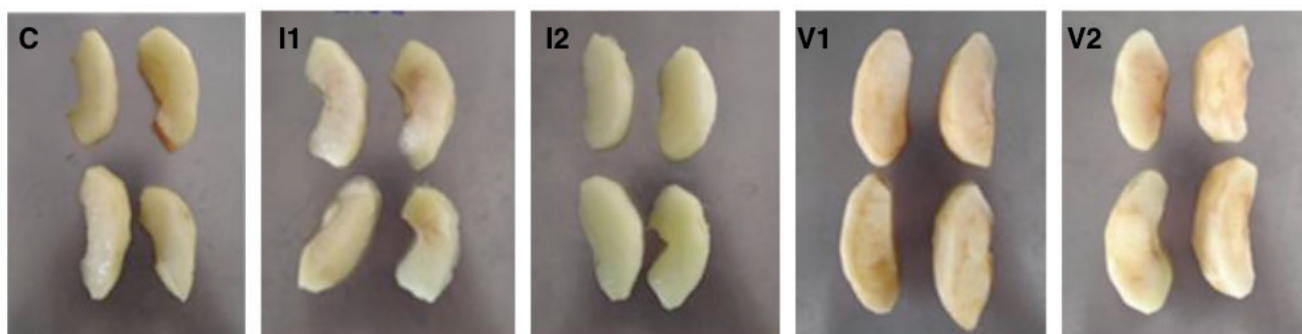


Figura 2. Amostras de maçã controle (C) e submetidas a 2 métodos (Imersão – I ou a Vapor V) e tempos (1 ou 2 minutos) de branqueamento, após congelamento por 5 dias.

Uma possível explicação para o escurecimento observado nos tratamento V1 e V2 pode ser a temperatura de branqueamento. Segundo Fellows (2019), temperaturas



de branqueamento insuficientes podem acelerar reações de escurecimento, uma vez que, o calor aplicado pode romper os tecidos e liberar enzimas, mas não inativá-las. Sendo, portanto, mais danoso ao produto que a ausência desta operação.

Redução da acidez foi observada nas amostras submetidas ao branqueamento, quando comparadas as C (Tabela 1). De acordo com Maia et al. (2007), a exposição ao calor leva a degradação dos ácidos orgânicos naturalmente presentes nas frutas.

As amostras I1 e I2 tendem a apresentar menores valores de SST (Tabela 1). De acordo com Santos et al. (2015), o contato com a água promove a solubilização dos sólidos presentes, levando a uma redução nos teores de SST por lixiviação.

Tratamentos	Parâmetros Físico-Químicos		
	pH	Acidez (%)	SST (°Brix)
C	4,0	3,0	11,3
I1	4,1	1,3	9,1
I2	3,9	2,1	10,0
V1	3,9	2,0	12,4
V2	3,9	2,1	10,5

Tabela 1. Parâmetros físico-químicos de amostras de maçã controle e submetidas a 2 métodos e tempos de branqueamento, após 5 dias de congelamento.

C=controle; I1=imersão por 1 minuto; I2=imersão por 2 minutos; V1=vapor por 1 minuto; V2=vapor por 2 minutos; SST=sólidos solúveis totais.

## 4 | CONCLUSÕES

O branqueamento por imersão, no tempo de 2 minutos, mostrou ser o método mais eficaz no controle do escurecimento enzimático de maçãs congeladas. Todavia, o processo de imersão em água fervente tende a reduzir o teor de sólidos solúveis totais e, assim como o método a vapor, diminuir o percentual de acidez dos frutos.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, J. M. A. **Química de Alimentos: teoria e prática**. 5. ed. Viçosa: UFV, 2011. 601p.

CARNEIRO, A. A. J.; ALVES-PRADO, H. F.; GOMES, E.; DA SILVA, R. **Escurecimento enzimático em alimentos: ciclodextrinas como agente antiescurecimento**. Alim. Nutr., v.17, n.3, p.345-352, 2006.

DAMODARAN, S., PARKIN, K. L., FENNEMA, O. R. **Química de alimentos de Fennema**. Porto Alegre: Artemed; 2010.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2019. 922 p.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ - IAL. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo:

IAL, 2008. 1020 p.

MAIA, G. A.; SOUSA, P. H. M.; SANTOS, G. M.; SILVA, D. S.; FERNANDES, A. G.; PRADO, G. M. **Efeito do processamento sobre componentes do suco de acerola.** Ciência e Tecnologia de Alimentos, 27(1), p.130-134, 2007.

MAZZEO, T.; PACIULLI, M.; CHIAVARO, E.; VISCONTI, A.; FOGLIANO, V.; GANINO, T.; PELLEGRINI, N. **Impact of the industrial freezing process on selected vegetables Part II. Colour and bioactive compounds.** Food Research International, v. 75, p.89–97, 2015.

OLIVEIRA, T. M.; SOARES, N. F. F.; PAULA, C. D.; VIANA, G. A. **Uso de embalagem ativa na inibição do escurecimento enzimático de maçãs.** Semina: Ciências Agrárias, v. 29, n. 1, p. 117-128, 2008.

SANTOS, N. C.; SILVA, C. F.; LUSTOSA, R. L.T.; MELO, E. A. **Efeito do branqueamento nas características físico-químicas do pêssego.** Anais do Simpósio Latino Americano de Ciências de Alimentos, v.2, 2015.

VILAS BOAS, E.V. de B. **Frutas minimamente processadas: banana.** III Encontro Sobre Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças: palestras, resumos e oficinas. Viçosa, UFV, p. 111-121. 2004.

## ATUAÇÃO DA VIGILÂNCIA SANITÁRIA NOS ESTABELECIMENTOS DE ALIMENTAÇÃO PARA A SEGURANÇA DOS ALIMENTOS

Data de aceite: 12/05/2020

**Cristiani Viegas Brandão Grisi**

Universidade Federal da Paraíba,  
Bananeiras-PB.

<http://lattes.cnpq.br/7540160961495177>

**Thaís Cidarta Melo Barbosa**

Universidade Federal da Paraíba,  
João Pessoa- PB.

<http://lattes.cnpq.br/6875154653153731>

**Cecilyana Leite Cavalcante**

Universidade Federal da Paraíba,  
Bananeiras-PB.

<http://lattes.cnpq.br/2988404091617902>

**Diógenes Gomes de Sousa**

Universidade Federal da Paraíba,  
Bananeiras-PB.

<http://lattes.cnpq.br/0447142118841162>

**Fernanda de Sousa Araújo**

Universidade Federal de Campina Grande,  
Pombal-PB.

<http://lattes.cnpq.br/9707275453656763>

**Bruno Raniere Lins de Albuquerque  
Meireles**

Universidade Federal de Campina Grande,  
Pombal-PB.

<http://lattes.cnpq.br/0739924356300629>

nos estabelecimentos que produzem e comercializam alimentos com a finalidade de garantir a saúde pública por meio do consumo de alimentos seguros e que estejam dentro dos padrões estabelecidos pela legislação vigente. Diante disto, objetivou-se apresentar as atividades desenvolvidas pela vigilância sanitária do município de Pombal-PB durante os meses de outubro e novembro de 2017. As atividades de inspeção sanitária foram desenvolvidas nos estabelecimentos alimentícios, como: supermercados, restaurantes, padarias, escolas, produtores de doce e cocada, unidade de pronto atendimento, lanchonetes e bombonieres. Durante o monitoramento dos estabelecimentos utilizou-se ferramentas denominadas de termo de inspeção, termo de notificação, termo de apreensão e alvará sanitário, sendo aplicados de acordo com a necessidade do local. As atividades realizadas contabilizaram 41 inspeções sanitárias, sendo que durante as inspeções foram realizadas 10 apreensões de alimentos impróprios para o consumo, 5 notificações, 5 inspeções de retorno para verificação do cumprimento das irregularidades notificadas em inspeções anteriores e a liberação de 24 alvarás sanitários. Portanto, o monitoramento e a fiscalização sanitários

**RESUMO:** A vigilância sanitária atua

nos estabelecimentos são importantes ferramentas de controle, podendo garantir a manutenção da saúde pública através das ações realizadas pela vigilância sanitária municipal.

**PALAVRAS-CHAVE:** Condições higiênico-sanitárias, fiscalização, manipulação de alimentos, saúde pública.

## PERFORMANCE OF SANITARY SURVEILLANCE IN FOOD ESTABLISHMENTS FOR FOOD SAFETY

**ABSTRACT:** Health surveillance monitors the hygienic health conditions of establishments that produce and sell food, with the purpose of guaranteeing public health through the consumption of foods that are within the standards established by current legislation. The objective of this study was to present the activities developed by the health surveillance of the municipality of Pombal-PB during the months of October and November 2017. Sanitary inspection activities were carried out in food establishments, such as supermarkets, restaurants, bakeries, schools, producers of sweets and cocada, emergency care units, snack bars and candy bars. During the monitoring of the establishments, tools called inspection term, notification term, seizure term and health permit were used, being applied according to the need of the place. The activities carried out accounted for 41 health inspections, and during the inspections, 10 seizures of food unfit for consumption, 5 notifications, 5 return inspections were carried out to verify compliance with the irregularities notified in previous inspections and the release of 24 health permits. Therefore, the health monitoring and inspection of establishments are important to control tools, being able to guarantee the maintenance of public health through the actions carried out by the municipal health surveillance.

**KEYWORDS:** Food handling, hygienic-sanitary conditions, inspection, public health.

### 1 | INTRODUÇÃO

A alimentação humana deve apresentar adequado teor nutricional e qualidade higiênica sanitária para garantir manutenção da saúde dos indivíduos. Uma vez que as condições de higiene insatisfatórias durante a manipulação e comercialização dos alimentos é um dos fatores associados à ocorrência de surtos por Doenças Veiculadas por Alimentos, que está vinculada ao consumo de alimentos e água contaminada por microrganismos. (SILVA, 2010; SOUZA et al., 2013). Uma medida utilizada para garantir que o consumidor adquira alimentos seguros é através da fiscalização, realizada por órgãos competentes.

A fiscalização possui a finalidade de verificar se os estabelecimentos responsáveis pela manipulação e/ou fabricação de alimentos garantem a segurança dos alimentos para o consumidor, por meio da prevenção dos riscos físicos (cabelo,

pedaços de plástico), químicos (resíduos de substâncias tóxicas) e biológicos (contaminação por microrganismos) (ALMEIDA et al., 2012). Como também atua por meio da orientação e educação dos manipuladores, para ensinar as adequações necessárias de práticas corretas de higiene, fazendo com que o estabelecimento seja um local seguro (NUVOLARI, 2017).

No Brasil as atividades de fiscalização do setor produtivo e da comercialização dos alimentos é competência da Vigilância Sanitária (VISA), estando vinculada ao Sistema Único de Saúde (SUS) (BRASIL, 2010). A Vigilância Sanitária atua na defesa da saúde coletiva por meio de ações que visam eliminar, diminuir ou prevenir a contaminação dos alimentos expostos ao consumo, bem como em ações integradas e articuladas para a fiscalização, prevenção de fraudes, capacitação e educação de manipuladores, com a supervisão e avaliação sendo realizada por meio das inspeções sanitárias aos estabelecimentos (ONISHI, 2013; CONCEIÇÃO; NASCIMENTO, 2014).

A vigilância sanitária realiza a fiscalização das condições higiênicas sanitárias de estabelecimentos que manipulam e comercializam alimentos, analisando se estão de acordo com a legislação sanitária vigente, a qualidade das matérias-primas e insumos, as condições de armazenamento e acondicionamento dos alimentos (LARENTES, 2010). Por meio da inspeção regular realizada pela equipe composta por agentes de vigilância sanitária e técnicos especializados.

A inspeção sanitária é uma das principais ações da vigilância sanitária, onde a equipe realiza o levantamento das condições higiênico-sanitário dos estabelecimentos na área de alimentos que incluem bares, comércio atacadistas e varejistas, cozinhas industriais, distribuidoras de água e alimentos, indústrias de alimentos, lanchonetes, frigoríficos, restaurantes, sorveterias, padarias, supermercados, entre outros locais que comercializam e produzem alimentos. Levando em consideração os perigos associados em cada etapa da cadeia alimentar e as situações que coloquem em risco a saúde dos consumidores (NUNES et al., 2017)

Diante dos aspectos mencionados, o objetivo do estudo foi apresentar as ações realizadas pela divisão de vigilância sanitária nos estabelecimentos que manipulam e comercializam alimentos no município de Pombal, Paraíba.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na Divisão de Vigilância Sanitária do município de Pombal-PB, por meio de fiscalizações e inspeções em diferentes estabelecimentos alimentícios, incluindo supermercados, restaurantes, padarias, escolas, produtores de doce e cocada, unidade de pronto atendimento, lanchonetes e bombonieres. As inspeções foram realizadas no período durante os meses de outubro e novembro

do ano de 2017.

As ações foram realizadas sob a supervisão de uma coordenadora, com o acompanhamento de fiscais sanitários e uma engenheira de alimentos, sendo todos os funcionários efetivos do município, com a participação de estagiários do curso de engenharia de alimentos do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande.

As fiscalizações nos estabelecimentos verificaram às conformidades de acordo com o que determina a Lei Municipal 1.395 de 30 de setembro de 2009 e os princípios preconizados pela RDC nº 216 de 15 de setembro de 2004. Durante o monitoramento aos estabelecimentos a equipe utilizou os seguintes formulários: termo de inspeção, termo de notificação, termo de apreensão e alvará sanitário, de acordo com a necessidade de cada estabelecimento.

O termo de inspeção foi utilizado em todas as visitas, por se tratar da exposição das informações verificadas durante a inspeção no estabelecimento e auxilia a liberação do alvará sanitário, sendo este por tempo determinado. Já, o termo de notificação foi utilizado nos locais que apresentaram algum tipo de irregularidade, sendo determinado um prazo para adequação da não conformidade observada e o termo de apreensão foi emitido para os estabelecimentos que apresentavam alimentos impróprios para o consumo.

### **3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A atuação da Vigilância Sanitária municipal tem por objetivo prevenir e garantir a saúde da comunidade por meio do monitoramento, fiscalização e emissão de alvarás sanitários para estabelecimentos, como também promover a educação e orientação aos manipuladores de alimentos.

As atividades realizadas pela Divisão de Vigilância Sanitária contabilizaram 41 inspeções sanitárias em estabelecimentos que produzem e/ou comercializam alimentos, no período compreendido entre outubro e novembro de 2017.

Os inspetores verificaram, durante as inspeções sanitária, a ocorrência de 10 apreensões de alimentos comercializados fora do prazo de validade e com danos ou violação nas embalagens, 5 notificações considerando as condições de comercialização dos alimentos (estrutura física do estabelecimento, manipuladores, utilização dos EPIs -Equipamentos de Proteção Individual, entre outras não conformidades), 5 inspeções de retorno para verificação do cumprimento das irregularidades notificadas em inspeções anteriores e a liberação de 24 alvarás sanitários (Figura 1).

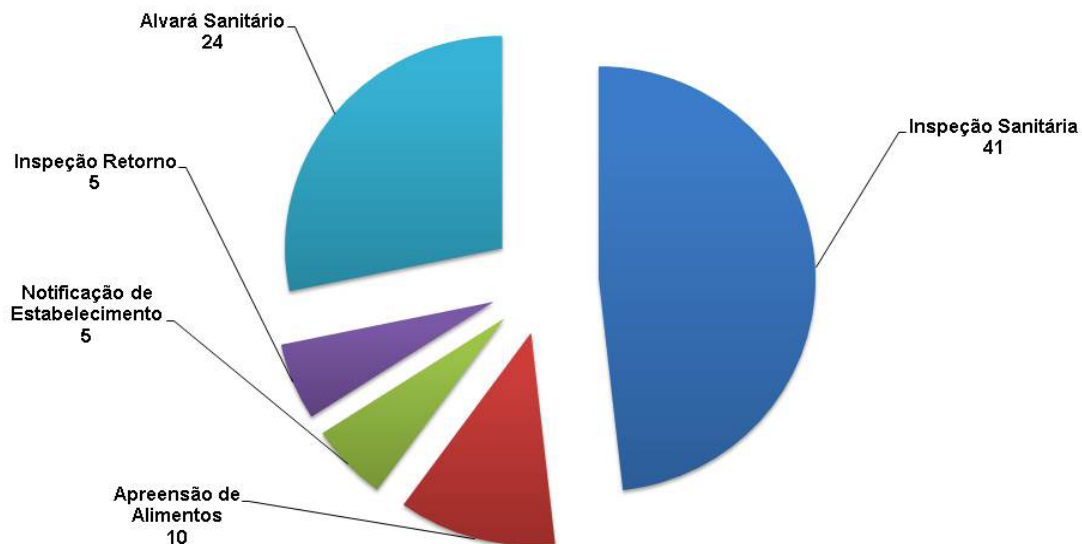


Figura 1. Atividades executadas pela Vigilância Sanitária do município de Pombal-PB

Durante o estudo foram realizadas fiscalizações e inspeções em diferentes estabelecimentos alimentícios pela Vigilância Sanitária, que inclui supermercados, restaurantes, padarias, escolas, produtores de doce e cocada, unidade de pronto atendimento, lanchonetes e bombonieres que estão demonstrados na Figura 2.

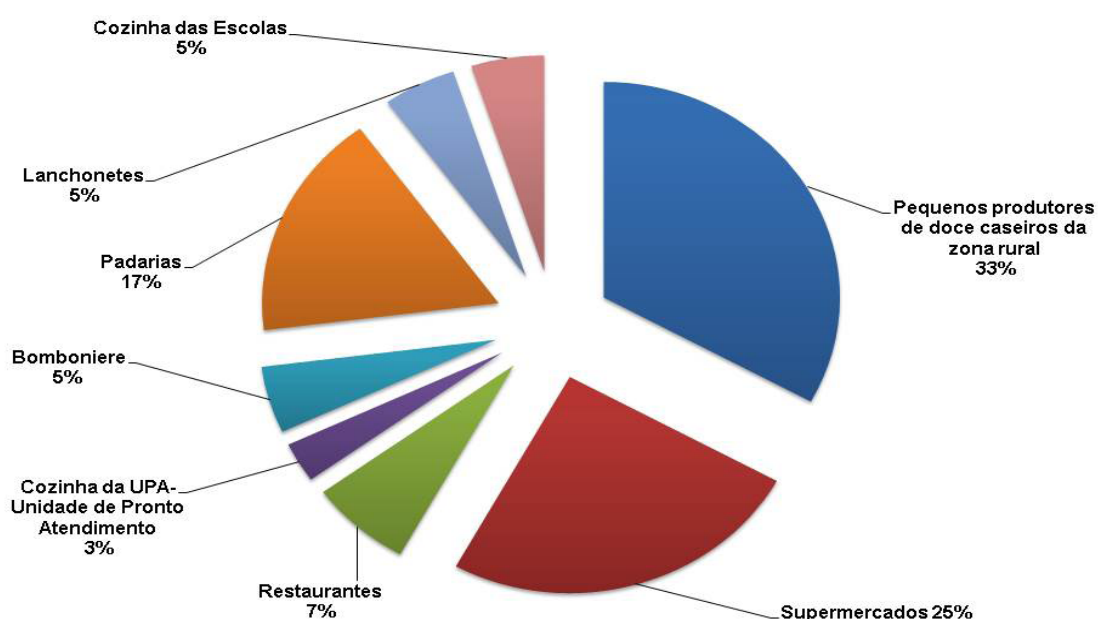


Figura 2. Estabelecimentos alimentícios fiscalizados pela vigilância sanitária

Em maior quantidade os estabelecimentos inspecionados foram os agricultores familiares produtores de doces e cocada (33%), que produzem e comercializam os produtos na cidade de Pombal-PB e para programas de alimentação da prefeitura municipal, por estar previsto como atividade de fiscalização pela VISA para o período do estudo, onde foi analisado às estruturas físicas do ambiente de produção,

condições dos manipuladores, presença de animais no local de processamento, disposição dos resíduos sólidos, embalagens e acondicionamento dos alimentos processados. Como também foi repassado orientações aos manipuladores sobre as boas práticas de fabricação, além do esclarecimento de dúvidas sobre higienização, armazenamento de alimentos, condições de estruturas físicas.

Os supermercados representam o principal local de comercialização de alimentos na cidade, devido às mudanças dos hábitos dos consumidores (NUVOLARI, 2017). Foram fiscalizados 10 supermercados de pequeno e médio porte, onde foram feitas as inspeções, renovação de alvará e apreensões de produtos fora do prazo de validade, impróprios para o consumo, com ausência das datas de fabricação e validade, bem como o número do lote, más condições de armazenamento, embalagem violada e outras irregularidades.

Em dois supermercados fiscalizados, foram emitidos termos de notificação, devido às más condições de armazenamento dos produtos, sujeira nas prateleiras e freezers, tábuas de corte inapropriadas para uso e problemas nas instalações físicas. Esse termo de notificação é um acordo entre a vigilância sanitária e o proprietário, onde se determina um prazo para que as irregularidades sejam corrigidas. Como também foi emitido termo de apreensão onde continha o detalhamento completo das informações dos produtos que eram apreendidos, como quantidade, lote, empresa fabricante, data de fabricação e validade.

As padarias (17%) ou panificadoras são estabelecimentos que produzem e vendem pães, derivados e correlatos. Esse ambiente possui grande movimentação de pessoas diariamente e produz uma enorme variedade de alimentos. Esse tipo de estabelecimento quando se encontra em condições irregulares de conservação e manipulação, podem ser responsáveis por doenças veiculadas por alimentos, fazendo-se necessário a fiscalização da vigilância sanitária.

Durante o estudo foi realizado as inspeções e renovação de alvará em 7 padarias, sendo que uma delas não tinha setor de produção, apenas comercializava os pães e produtos relacionados. Foram emitidos dois termos de notificação devido a irregularidades em estrutura física, equipamentos sujos, materiais desnecessários no setor de produção, matéria prima exposta e manipuladores sem o uso de EPI's.

Os estabelecimentos fornecedores de alimentos prontos para o consumo têm tido um aumento significativo a cada ano, devido ao novo estilo de vida da população. Quanto aos restaurantes (7%) foram inspecionados apenas 3, um número pequeno comparado a realidade da cidade, mas todos os outros já tinham sido inspecionados durante os outros meses do ano. Foram realizadas atividade de renovação e emissão do alvará para os estabelecimentos, visto que os restaurantes visitados estavam em conformidade com os critérios de boas práticas de manipulação, não havendo necessidade do uso de termo de notificação e apreensão. No momento das



inspeções foram repassadas algumas orientações e informações aos funcionários e proprietários.

As lanchonetes (5%) são serviços de alimentação que apresentam acentuado crescimento, no entanto, os estabelecimentos precisam garantir a qualidade e a segurança dos alimentos, sendo imprescindível a adoção de medidas preventivas e de controle de higiene no preparo dos alimentos, através da implantação das boas práticas de manipulação. Foram fiscalizadas apenas 2 lanchonetes, que não possuíam alvará sanitário, por terem iniciado as atividades poucos dias antes da visita.

Uma das lanchonetes inspecionadas recebeu termo de notificação por não estar de acordo com as exigências sanitárias estabelecidas para o serviço de alimentação, apresentando irregularidades como manipuladores sem o uso de EPI's, falta de lixeira com tampa e pedal, local do processamento desorganizado e os freezers precisando de higienização. Após quinze dias a equipe da vigilância retornou nesta lanchonete e emitiu o alvará sanitário, uma vez que o estabelecimento atendeu aos requisitos solicitados.

Outros serviços de alimentação como as escolas (5%), bombonieres (5%) e a unidade de pronto atendimento (3%) foram inspecionados em menor quantidade, devido a Vigilância Sanitária já ter efetuado as inspeções em outros meses do ano nos referidos estabelecimentos. Foram realizadas inspeções em refeitórios de 2 escolas, onde foi observado o prazo de validade dos produtos, o uso de EPI's pelos manipuladores de alimentos, o local de produção e o armazenamento da refeição. Ao fim da inspeção não foi encontrado nenhuma irregularidade. Nas 2 bombonieres inspecionadas também não foram encontradas nenhuma irregularidade, fazendo-se assim a renovação do alvará de funcionamento.

A pedido da prefeitura municipal de Pombal-PB, foi realizado a inspeção na cozinha da Unidade de Pronto Atendimento - UPA para verificar se estava dentro das conformidades exigidas, encontramos algumas irregularidades, como alimentos fora do prazo de validade, armazenamento de alimentos de maneira incorreta, manipulador usando adornos durante a manipulação e lixo exposto na cozinha. Foi emitido um termo de apreensão e foram recolhidos os alimentos fora do prazo de validade, como também foram repassadas orientações de boas práticas de manipulação tanto para à manipuladora como para o responsável pelo pronto atendimento.

Devido a irregularidades em alguns estabelecimentos, ffoi realizada a inspeção de retorno para verificar se as normas exigidas haviam sido cumpridas, para então proceder a renovação do alvará. As inspeções de retorno nos estabelecimentos estão apresentadas na Figura 3.



Figura 3. Demonstração das inspeções de retorno em estabelecimentos do município de Pombal.

A realização de inspeções sanitárias em estabelecimentos que produzem ou comercializam alimentos é de grande importância, uma vez que a alimentação fora de casa está cada vez mais presente na rotina das pessoas.

Durante o período de realização desse estudo, foi possível a efetivação de 5 inspeções de retorno, sendo que do total de supermercados inspecionados 2 estabelecimentos foi emitido termo de notificação devido as irregularidades nas condições higiênico-sanitárias dos utensílios e equipamentos utilizados, como também a situação físico-estrutural dos mesmos.

Foram notificadas 2 padarias por apresentarem precárias condições higiênico-sanitárias nos setores de produção e comercialização dos produtos processados, condições inadequadas da área física e por práticas incorretas dos manipuladores de alimentos, e uma lanchonete que não estava de acordo com as exigências sanitárias estabelecidas para o serviço de alimentação. Porém, apenas uma panificadora não realizou as modificações exigidas pela notificação, sendo necessário o preenchimento do termo de intimação, que é um documento através do qual a autoridade sanitária comunica ao responsável a imposição de determinada providência específica de interesse da saúde pública. Os demais estabelecimentos se adequaram as exigências, sendo possível a emissão do alvará sanitário.

#### 4 | CONCLUSÕES

A partir das atividades desenvolvidas pela vigilância sanitária durante o período do estudo foi verificado que os estabelecimentos mais inspecionados foram os produtores de doces e cocadas (33%), supermercados (25%), padarias (17%) e os restaurantes (7%).

Os supermercados foram os locais com o maior número de notificações e

apreensões, seguido das padarias. Sendo que a maioria dos serviços de alimentação inspecionados apresentaram algum tipo de não conformidade as condições higiênico-sanitárias preconizadas pela legislação. No entanto, as bombonieres e as escolas estavam de acordo com o estabelecido nas boas práticas de manipulação de alimentos.

Dessa forma, vale ressaltar a importância das ações desenvolvidas por este órgão público no município de Pombal-PB, nas atividades de fiscalização como monitoramento das condições higiênico-sanitárias dos estabelecimentos, quanto às boas práticas na produção e comercialização de alimentos com base na legislação sanitária vigente. Como também, na orientação, informação e esclarecimentos junto aos consumidores e aos proprietários dos estabelecimentos, cumprindo assim seu papel na prevenção e promoção da saúde pública.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, G. L.; COSTA, S. R. R.; GASPAR, A. **A Gestão da Segurança dos Alimentos em Empresa de Serviço de Alimentação e os Pontos Críticos de Controle dos Seus Processos.** Boletim CEPPA, v.30, n.1, 135-146 p., 2012.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, ANVISA. Resolução - **RDC nº 216, de 15 de setembro de 2004. Dispõem sobre Regulamento Técnico de Boas Práticas de Fabricação para Serviços de Alimentação.** Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 16 set 2004.

BRASIL. **Agência Nacional de Vigilância Sanitária.** Gestão 2005-2010: principais realizações / Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Brasília: ANVISA, 236 p., 2010.

CONCEIÇÃO, M.S.; NASCIMENTO, K.O. **Prevenção da transmissão de patógenos por manipuladores de alimentos.** Rev. Verde, v.9, p. 91-97, 2014.

LARENTIS, B. Z. **Diagnóstico das Condições higiênico-sanitárias e das boas práticas de fabricação nos estabelecimentos de preparo e comercialização de alimentos no município de Bento Gonçalves - RS.** Curso de Tecnólogo em Alimentos, Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Bento Gonçalves - RS, 42 p., 2010.

NUNES, A.T.S ; RODRIGUES, Z.M.R.; FREITAS JUNIOR, L.M. **Vigilância sanitária no setor de alimentos em São Luís/MA, Brasil.** Revista ESPACIOS, v. 38 , 2017.

NUVOLARI, C.M. **Boas práticas de fabricação e a cadeia do frio nos supermercados de Botucatu – SP.** Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Estadual Paulista. Botucatu-SP, 2017.

ONISHI, K.A. **Relatório de estágio supervisionado: Diretoria de Vigilância Sanitária do estado de Santa Catarina.** Departamento de Engenharia Química e Alimentos. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2013.

POMBAL. Prefeitura Municipal de Pombal – PB. **Lei nº 1.395, de 30 de setembro de 2009.** Dispõe sobre a atuação da divisão de Vigilância Sanitária Municipal – DIVISAN.

SILVA, E. A. **Manual de Controle Higiênico-Sanitário em Serviços de Alimentação.** 6 ed. São Paulo: Varela., 623p., 2010.

SOUZA, M.S.; MEDEIROS, L.B.; SACCOL, A.L.F. **Implantação das boas práticas em uma unidade de alimentação e nutrição (UAN) na cidade de Santa Maria -RS.** Alim. Nutr. Braz. J. Food Nutr., Araraquara, v. 24, p. 203-207, 2013.

## **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

Acidez do solo 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 21, 24, 25, 69  
Adubação alternativa 42, 44, 47, 50, 51  
Adubo orgânico 42, 50  
Alecrim 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152  
Alimento 140, 157, 162, 164, 165, 166, 167, 187, 192, 226, 227  
Amendoim 225, 226, 227, 228, 229, 230, 231, 232  
Análise sensorial 226, 230, 231  
Avaliação andrológica 174, 175, 176, 177, 181, 183

### B

Babosa 113, 114, 115, 118  
Bacia Hidrográfica 1, 2, 4, 5, 6, 7, 203  
Bioma Cerrado 75, 77  
Biotecnologia 64, 65, 67, 68, 70, 71, 72, 74, 75, 76, 113, 115, 118, 138, 184  
Branqueamento 233, 234, 235, 236, 237, 238

### C

Calagem 10, 11, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 21, 22, 23, 24, 51, 60  
Capim santo 136, 138, 139, 140, 141, 142, 143  
Caprino 188, 194, 210  
Cinética de secagem 136, 138, 141, 142, 143, 144, 146, 147, 149  
Contaminantes 2, 4, 155

### D

Decomposição 15, 17, 20, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 36, 37, 39, 40, 41, 50  
Desinfestação 113, 114, 115, 117, 118, 122, 125  
Desmatamento 196, 197, 198, 199, 200, 201, 202  
Diferentes manejos 40, 52, 191  
Distribuição longitudinal 104, 105, 106, 108, 109, 111, 112

### E

Especiação química 1, 2, 3, 5, 6, 7  
Evapotranspiração 77, 78, 79, 80, 82, 83, 84, 85, 86, 87

## F

Fiscalização 239, 240, 241, 242, 243, 244, 247

Fluído ruminal 160, 161, 163, 164, 166, 170, 173

## G

Geoprocessamento 196, 197, 203

## H

Homogeneidade Territorial 204, 206, 207, 208, 213, 214, 221

## I

Impacto ambiental 2, 7, 196, 198, 201, 202

Índice de vegetação 77, 79, 81, 84

## M

Maçã 233, 234, 235, 236

Manejo do solo 11, 12, 22, 40, 53, 59

Maracujá 120, 121, 122, 134, 135, 152

Mata Atlântica 120, 196, 197, 198, 199, 202, 203

Matéria Orgânica 7, 8, 11, 14, 15, 17, 19, 20, 36, 50, 51, 56, 57, 59, 60, 61, 63

Mecanização Agrícola 104, 105, 106

Metais pesados 1, 2, 3, 4, 7

Micropropagação 115, 118, 121, 122, 123, 131, 132, 134, 135

Milho 22, 24, 25, 26, 28, 29, 30, 36, 39, 40, 41, 49, 51, 55, 58, 62, 69, 73, 74, 101, 111, 112

Modelagem 3, 77, 82, 143, 203, 223

## N

Nutrientes 12, 13, 14, 15, 17, 19, 21, 24, 25, 26, 27, 28, 31, 33, 34, 38, 39, 40, 41, 43, 50, 90, 98, 99, 115, 131, 162, 249

## P

Palhada 20, 26, 27, 30, 31, 32, 33, 36, 38, 39, 40, 41, 63

Palma 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 97, 98, 100

Plantio direto 10, 11, 13, 19, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 28, 32, 39, 40, 41, 52, 53, 54, 59, 61, 62, 63, 112

Propriedades físicas 43, 58, 61, 63

Protozoário 187, 188

## Q

Qualidade do mel 154, 155

## R

Reprodução 174, 175, 176, 177, 178, 180, 181, 182, 183, 184

Resíduos 11, 14, 15, 16, 17, 21, 23, 24, 26, 27, 31, 32, 33, 37, 38, 39, 40, 44, 54, 83, 241, 244, 249

## S

Semeadura 11, 22, 24, 25, 30, 45, 46, 47, 48, 49, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 231

Sementes 30, 45, 50, 64, 65, 73, 74, 75, 76, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 118, 121, 123, 127, 128, 132, 133, 134

Solos ácidos 12, 89

Sorgo 40, 41, 104, 106, 108, 109, 110, 111, 112

## T

Tomateiro 42, 44, 45, 46, 47, 50, 51

Touro 175, 178, 179, 180, 184

## V

Viabilidade econômica 64, 65, 75



 **Atena**  
Editora

**2 0 2 0**