

# Inovações em Pesquisas Agrárias e Ambientais Volume IV

Alan Mario Zuffo  
Jorge González Aguilera  
Luciano Façanha Marques  
Organizadores



Pantanal Editora

2024

**Alan Mario Zuffo**  
**Jorge González Aguilera**  
**Luciano Façanha Marques**  
Organizadores

# **Inovações em Pesquisas Agrárias e Ambientais - Volume IV**



Pantanal Editora

2024

Copyright© Pantanal Editora

**Editor Chefe:** Dr. Alan Mario Zuffo

**Editores Executivos:** Dr. Jorge González Aguilera e Dr. Bruno Rodrigues de Oliveira

**Diagramação:** A editora. **Diagramação e Arte:** A editora. **Imagens de capa e contracapa:** Canva.com. **Revisão:** O(s) autor(es), organizador(es) e a editora.

### Conselho Editorial

#### Grau acadêmico e Nome

Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos  
Profa. MSc. Adriana Flávia Neu  
Profa. Dra. Allys Ferrer Dubois  
Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior  
Profa. MSc. Aris Verdecia Peña  
Profa. Arisleidis Chapman Verdecia  
Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva  
Prof. Dr. Bruno Gomes de Araújo  
Prof. Dr. Caio Cesar Enside de Abreu  
Prof. Dr. Carlos Nick  
Prof. Dr. Claudio Silveira Maia  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos  
Prof. Dr. Cristiano Pereira da Silva  
Profa. Ma. Dayse Rodrigues dos Santos  
Prof. MSc. David Chacon Alvarez  
Prof. Dr. Denis Silva Nogueira  
Profa. Dra. Denise Silva Nogueira  
Profa. Dra. Dennyura Oliveira Galvão  
Prof. Dr. Elias Rocha Gonçalves  
Prof. Me. Ernane Rosa Martins  
Prof. Dr. Fábio Steiner  
Prof. Dr. Fabiano dos Santos Souza  
Prof. Dr. Gabriel Andres Tafur Gomez  
Prof. Dr. Hebert Hernán Soto Gonzáles  
Prof. Dr. Hudson do Vale de Oliveira  
Prof. MSc. Javier Revilla Armesto  
Prof. MSc. João Camilo Sevilla  
Prof. Dr. José Luis Soto Gonzales  
Prof. Dr. Julio Cezar Uzinski  
Prof. MSc. Lucas R. Oliveira  
Prof. Dr. Luciano Façanha Marques  
Profa. Dra. Keyla Christina Almeida Portela  
Prof. Dr. Leandro Argentel-Martínez  
Profa. MSc. Lidiene Jaqueline de Souza Costa Marchesan  
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann  
Prof. MSc. Marcos Pisarski Júnior  
Prof. Dr. Marcos Pereira dos Santos  
Prof. Dr. Mario Rodrigo Esparza Mantilla  
Profa. MSc. Mary Jose Almeida Pereira  
Profa. MSc. Núbia Flávia Oliveira Mendes  
Profa. MSc. Nila Luciana Vilhena Madureira  
Profa. Dra. Patrícia Maurer  
Profa. Dra. Queila Pahim da Silva  
Prof. Dr. Rafael Chapman Auty  
Prof. Dr. Rafael Felipe Ratke  
Prof. Dr. Raphael Reis da Silva  
Prof. Dr. Renato Jaqueto Goes  
Prof. Dr. Ricardo Alves de Araújo (*In Memoriam*)  
Profa. Dra. Sylvana Karla da Silva de Lemos Santos  
MSc. Tayronne de Almeida Rodrigues  
Prof. Dr. Wéverson Lima Fonseca  
Prof. MSc. Wesclen Vilar Nogueira  
Profa. Dra. Yilan Fung Boix  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme

#### Instituição

OAB/PB  
Mun. Faxinal Soturno e Tupanciretã  
UO (Cuba)  
IF SUDESTE MG  
Facultad de Medicina (Cuba)  
ISCM (Cuba)  
UFESSPA  
UEA  
UNEMAT  
UFV  
AJES  
UFGD  
UEMS  
IFPA  
UNICENTRO  
IFMT  
UFMG  
URCA  
ISEPAM-FAETEC  
IFG  
UEMS  
UFF  
(Colômbia)  
UNAM (Peru)  
IFRR  
UCG (México)  
Rede Municipal de Niterói (RJ)  
UNMSM (Peru)  
UFMT  
SED Mato Grosso do Sul  
UEMA  
IFPR  
Tec-NM (México)  
Consultório em Santa Maria  
UFJF  
UEG  
FAQ  
UNAM (Peru)  
SEDUC/PA  
IFB  
IFPA  
UNIPAMPA  
IFB  
UO (Cuba)  
UFMS  
UFPI  
UFG  
UEMA  
IFB  
UFPI  
FURG  
UO (Cuba)  
UFT

Conselho Técnico Científico  
- Esp. Joacir Mário Zuffo Júnior  
- Esp. Maurício Amormino Júnior  
- Lda. Rosalina Eufrausino Lustosa Zuffo

Ficha Catalográfica

**Catálogo na publicação**  
**Elaborada por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166**

158

Inovações em pesquisas agrárias e ambientais - Volume IV / Organização de Alan Mario Zuffo, Jorge González Aguilera, Luciano Façanha Marques. – Nova Xavantina-MT: Pantanal, 2024.  
91p. ; il.

Livro em PDF

ISBN 978-65-85756-40-2

DOI <https://doi.org/10.46420/9786585756402>

1. Agronomia. 2. Sustentabilidade. I. Zuffo, Alan Mario (Organizador). II. Aguilera, Jorge González (Organizador). III. Marques, Luciano Façanha (Organizador). IV. Título.

CDD 630

Índice para catálogo sistemático

I. Agronomia



Nossos e-books são de acesso público e gratuito e seu download e compartilhamento são permitidos, mas solicitamos que sejam dados os devidos créditos à Pantanal Editora e também aos organizadores e autores. Entretanto, não é permitida a utilização dos e-books para fins comerciais, exceto com autorização expressa dos autores com a concordância da Pantanal Editora.

**Pantanal Editora**

Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000.  
Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil.  
Telefone (66) 99682-4165 (Whatsapp).  
<https://www.editorapantanal.com.br>  
[contato@editorapantanal.com.br](mailto:contato@editorapantanal.com.br)

## **Apresentação**

Bem-vindos ao mundo fascinante das pesquisas agrárias e ambientais! É com grande entusiasmo que apresentamos o e-book “Inovações em Pesquisas Agrárias e Ambientais Volume IV”.

No decorrer dos capítulos deste e-book, são explorados os seguintes tópicos: Análise do NDVI da soja de plataformas orbitais de sensoriamento remoto; Exploração ilegal de plantas medicinais: um olhar sobre a biopirataria; Produtividade do manjeriço em resposta a diferentes doses de esterco caprino; Potencial bioestimulante do extrato de *Cocos nucifera* L. sobre a germinação de *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.; Qualidade física do solo em diferentes sistemas de produção e épocas do ano; Potencial fisiológico e desempenho de mudas após armazenamento de sementes condicionadas de pimenteira; Perspectiva e potencial do uso da Cunhã no cenário brasileiro.

“Inovações em Pesquisas Agrárias e Ambientais Volume IV” é mais do que um simples livro; é um convite para explorar o futuro da agricultura e do meio ambiente. Esperamos que os leitores se inspirem e colaborem para moldar um futuro mais sustentável e próspero para todos.

Agradecemos aos autores por suas contribuições e esperamos que este e-book seja uma fonte valiosa de conhecimento para estudantes, pesquisadores e profissionais interessados nessas áreas vitais.

Boa leitura!

Os organizadores

## Sumário


<b>Apresentação</b>	<b>4</b>
<b>Capítulo 1</b>	<b>6</b>
Análise do NDVI da soja de plataformas orbitais de sensoriamento remoto	6
<b>Capítulo 2</b>	<b>18</b>
Exploração ilegal de plantas medicinais: um olhar sobre a biopirataria	18
<b>Capítulo 3</b>	<b>28</b>
Produtividade do manjeriço ( <i>Ocimum basilicum</i> L.) em resposta a diferentes doses de esterco caprino	28
<b>Capítulo 4</b>	<b>34</b>
Potencial bioestimulante do extrato de <i>Cocos nucifera</i> L. sobre a germinação de <i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub.	34
<b>Capítulo 5</b>	<b>45</b>
Qualidade física do solo em diferentes sistemas de produção e épocas do ano	45
<b>Capítulo 6</b>	<b>57</b>
Potencial fisiológico e desempenho de mudas após armazenamento de sementes condicionadas de pimenteira	57
<b>Capítulo 7</b>	<b>66</b>
Perspectiva e potencial do uso da Cunhã no cenário brasileiro	66
<b>Capítulo 8</b>	<b>79</b>
Correlación entre variables bioquímicas y de rendimiento de híbridos de maíces amarillos cultivados en el Centro y Noroeste de México	79
<b>Índice Remissivo</b>	<b>90</b>
<b>Sobre os organizadores</b>	<b>91</b>



# Análise do NDVI da soja de plataformas orbitais de sensoriamento remoto<sup>1</sup>


Recebido em: 04/07/2024


Aceito em: 19/07/2024

 10.46420/9786585756402cap1

Paula Vitoria Crispim Franco 

Jorge Wilson Cortez 

Anamari Viegas de Araújo Motomiya 

Luiz Carlos Ferreira de Souza 

## INTRODUÇÃO

Os satélites de sensoriamento remoto de observação dos recursos terrestres, conhecidos como de observação da Terra (Florenzano, 2011) com sensores embarcados e possibilitaram a obtenção de imagens do globo terrestre, assim como, monitoramento da vegetação. Dentre esses satélites, pode-se destacar: o Landsat, Sentinel e mais recente a Planet.

O Landsat 1 foi lançado em 1972 (Florenzano, 2011) pela NASA. Foram lançados até hoje 8 satélites, sendo o LANDSAT-8 com o sensor OLI (*Operational Terra Imager*) com 15 m de resolução espacial na pancromática e de 30 m na multiespectral; e o sensor TIRS (*Thermal Infrared Sensor*), sendo todas as imagens ortoretificadas e em formato GeoTiff (Inpe, 2023).

O satélite Sentinel 2A e 2B, foram lançados em 2015 e 2017, respectivamente, primeiro satélite óptico a ser operado pela ESA (Agência Espacial Europeia) tendo como sensores o SAR (*Synthetic Aperture Satellite*) e MSI (*Multispectral Imager*) que possui 13 bandas espectrais, variando de 443 a 2190 nm, com resolução espacial de 10 m para as bandas do visível, 20 m para o infravermelho e 60 m para as bandas de correção atmosférica (Embrapa, 2023)

A Planet tem duas constelações com mais de 150 satélites, sendo o Dove mais antigo lançado em 2015 (Planet Labs Pbc., 2023) com imagens diárias da Terra. A constelação PlanetScope possui o sensor SD – Super Dove que apresenta as bandas do visível mais infravermelho, com resolução espacial de 3,0 m, resolução radiométrica de 12 bits e período de revisita diário (Planet Labs, 2022). As imagens podem ser obtidas no nível 3B sendo ortoretificadas e corrigidas.

Assim, os satélites artificiais permitem o monitoramento do dossel das culturas, sendo está uma das técnicas de manejo importantes para acompanhamento da produção agrícola (Kasimati et al., 2023). Por meio de mapas ou imagens pode ser feito o monitoramento da vegetação, avaliar saúde e vigor da plantação (Kasimati et al., 2023), por meio do cálculo de índices de vegetação (IV).

---

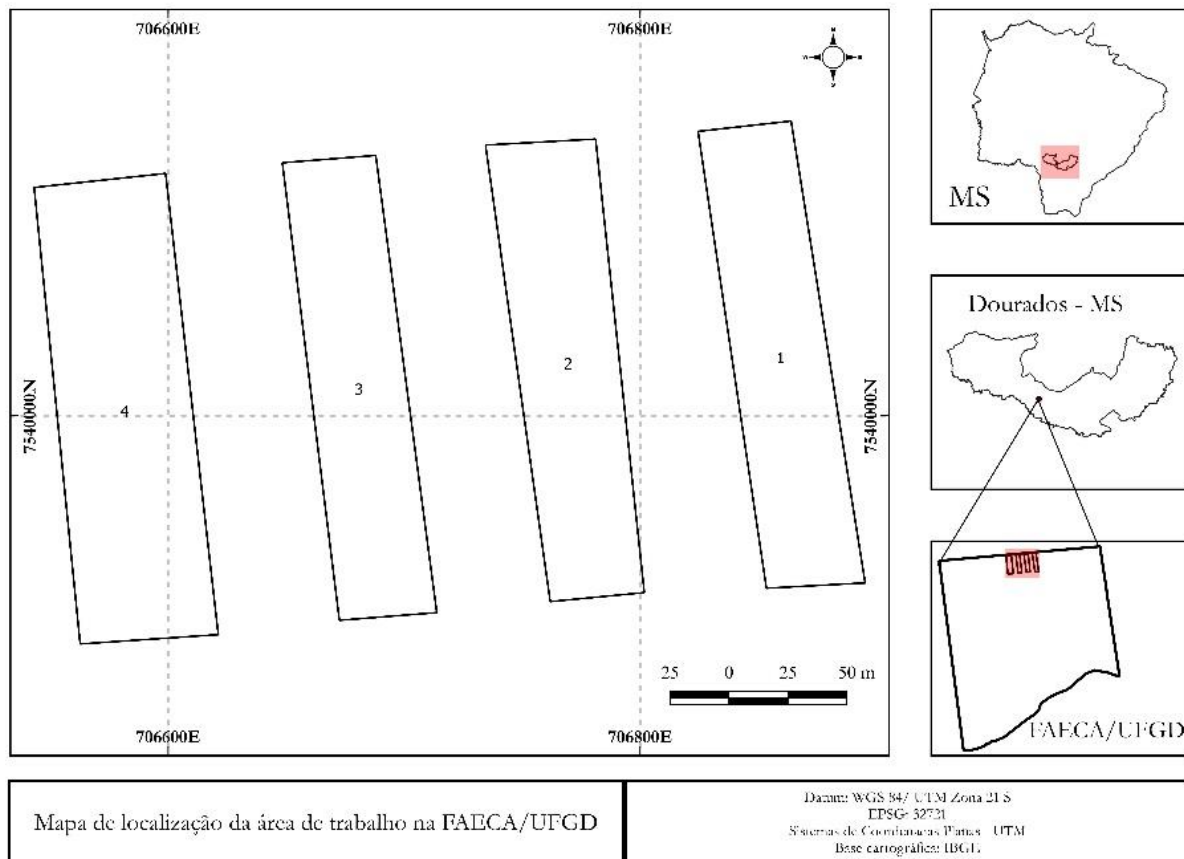
<sup>1</sup> Parte do Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Agrícola na UFGD do primeiro autor. Parte do trabalho de PIBIC do primeiro autor com apoio da FUNDECT-MS.

Portanto, objetivou-se avaliar os dados do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) da cultura soja de uma área experimental na safra de verão 2023/2024, obtidos das plataformas Sentinel 2, Landsat 8-9 e Planet.

## MATERIAL E MÉTODOS

As imagens da área foram obtidas de plataformas gratuitas que fornecem dados de diversos sensores multiespectrais. A área utilizada para este trabalho possui 3,55 ha, e consta de parte do experimento de mais de 15 anos com sistemas de culturas de soja e milho no verão e rotação de culturas no inverno, sendo que para este trabalho utilizou-se apenas a área que continham de maneira contínua a cultura da soja da safra 2023/2024.

Esta área está localizada na FAECA – Fazenda Experimental de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD no município de Dourados, MS. O local situa-se em latitude de 22° 14' S, longitude de 54° 59' W e altitude de 434 m. O clima é do tipo Cwa, segundo a classificação de Köppen. O solo da área é um Latossolo Vermelho distroférico (Santos et al., 2018) com teor médio de 60 % de argila (Figura 1). A área possui altitude média de 406,45 m, variando de 403,6 a 408,59 m; e declividade média de 1,67%, variando de 0,24 a 3,15%.



**Figura 1.** Localização da área de estudo. Fonte: Autor (2024).



O sistema utilizado na área é de semeadura na palha, com soja verão e rotação de culturas no inverno. As parcelas observadas estavam com soja, que foi semeada em 20 de outubro de 2023.

As imagens orbitais para a determinação dos índices de vegetação (IV) foram obtidas por meio de plataforma gratuita do instrumento imageador selecionado: Sentinel-2A, Landsat 8-9 e Planet (Planet Labs, 2022). Foram selecionadas uma imagem por mês, de outubro de 2023 a março de 2024, a fim de compreender o período de cultivo de verão.

As imagens 2A do satélite Sentinel-2 do sensor MSI – *Multispectral Imager*, são corrigidas atmosféricamente, com uma resolução espacial de 10 m pixels e um tempo de revisita de 5 dias tendo suas imagens com 12 bits. As imagens foram baixadas da Plataforma Sentinel Hub (2023). As imagens foram nas datas: 15/10/2023; 04/11/2023; 24/12/2023; 08/01/2024; 02/02/2024 e 13/03/2024.

As imagens do Landsat 8-9 L2 obtidas do sensor OLI – *Operation Land Imager* são corrigidas atmosféricamente, com uma resolução espacial de 30 m (banda multiespectral) de pixels e um tempo de revisita de 16 dias, sendo baixados da Plataforma Sentinel Hub (Eo Browser, 2024). As imagens do LANDSAT-8 são ortorretificadas e todos os produtos do catálogo estão em formato GeoTIFF. As imagens foram nas datas: 17/10/2023; 10/11/2023; 28/12/2023; 29/01/2024; 06/02/2024 e 01/03/2024.

As imagens da Plataforma Planet foram baixadas do sensor Super Dove (PSB.SD) que possui órbita de 475-525 km, 98° inclinação, revisita diária e suas imagens com 12 bits na projeção WGS84 Web Mercator (EPSG:3857) (Planet Labs, 2022). As imagens do sensor Super Dove (PSB.SD) com nível de correção 3B possuem quatro bandas (RGB e NIR) sendo ortorretificado, com reflectância da superfície (SR), segundo Planet Labs (2022). As imagens foram baixadas da plataforma Planet (<https://www.planet.com/>) por meio de cadastro no Programa de “*Education and Research (E&R) Program*” que permite aos professores vinculados a instituições uma cota de downloads mensais. As imagens foram nas datas: 15/10/2023; 08/11/2023; 28/12/2023; 07/01/2024; 04/02/2024 e 12/03/2024.

As bandas espectrais coletadas e suas informações estão na Tabela 1.

**Tabela 1.** Dados de ordem das bandas.

Resolução (m)	Banda	Nome da banda	Largura da faixa (nm)
<b>Sentinel 2</b>			
10	B4	Vermelho (Red - R)	665
	B8	Infravermelho Próximo (NIR)	842
<b>Landsat 8-9</b>			
30	B4	Vermelho (Red - R)	640-690
	B5	Infravermelho Próximo (NIR)	850-880
<b>Planet</b>			
3	B3	Vermelho (Red - R)	650-680
	B4	Infravermelho Próximo (NIR)	845-885

Com as imagens foi seguido o processamento no software livre e gratuito o QGIS Desktop 3.16.4. (Qgis.Org, 2022) sendo utilizado o complemento Calculadora Raster, algoritmo com a capacidade de realizar os cálculos referentes às expressões matemáticas. O NDVI foi calculado seguindo a equação 1, conforme Rouse et al. (1973).

$$\text{NDVI} = \text{Nir} - \text{Red} / \text{Nir} + \text{Red} \quad (1)$$

em que, Nir - Infravermelho próximo, Red - vermelho.

Após a geração do NDVI do Sentinel e Landsat, estes foram reprojatados para uma grade comum de 3 x 3 m, a fim de padronizar os pixels igual a imagem Planet.

As imagens dos imageadores, passaram pelo processo de vetorização, recorte e a simbologia na camada vetorial. Para comparação dos mapas entre os imageadores foi feito a reclassificação dos mapas com base nas classes de: Classe 1 de -1,0 a 0,20; Classe 2 de 0,20 a 0,40; Classe 3 de 0,40 a 0,60; Classe 4 de 0,60 a 0,80; e Classe 5 de 0,80 a 1,0 (Chedid et al., 2024). Na etapa de finalização dos mapas do índice de vegetação utilizou-se a simbologia graduado e o gradiente de cores escolhido sendo o Red-Yellow-Green.

Os dados descritivos do NDVI foram obtidos da ferramenta “Mostrar resumo estatístico” do QGIS.

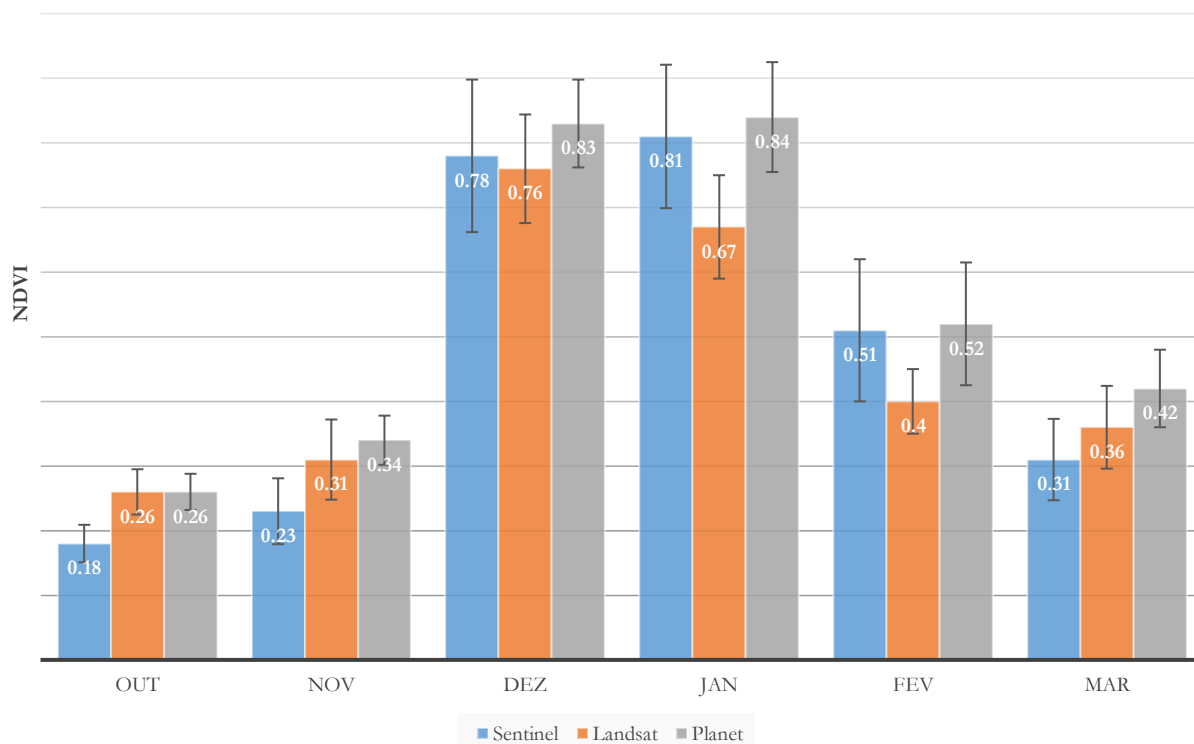
Foi feito a criação de um geodatabase no nível da célula (3x3 m) que contém as coordenadas do centroide e os valores médios de NDVI de todos os imageadores que permitiu a análise de correlação de Pearson para investigar as relações entre os dados NDVI de todos os sensores para as datas de medição selecionadas. Valores de “r” da correlação > 0,50 serão considerados como exibindo uma relação moderada a forte.

Com os mapas classificados conforme Chedid et al. (2024) foi realizado a Reclassificação por Tabela, que permitiu a realização do cálculo de área (comando r.report) e o cálculo do índice Kappa (comando r.kappa) conforme Cohen (1960) de cada data, tendo como referência o NDVI da imagem Planet

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados de média e desvio padrão do NDVI da soja avaliado na safra 2023/24, da área em estudo, indica que ocorreu aumento do valor do NDVI, principalmente nos meses de dezembro e janeiro (Figura 2). Pelas barras de desvio padrão, da Figura 2, pode-se verificar as diferenças entre as plataformas Sentinel, Landsat e Planet, sendo que para outubro de 2023 o valor do NDVI foi menor com os dados do Sentinel. Em novembro de 2023 verifica-se diferença entre Sentinel e Planet sendo maior para o segundo. Em dezembro de 2023 não houve diferença entre os dados das plataformas. Em janeiro de 2024 os dados de NDVI do Landsat diferiam do Planet. Já em fevereiro e março de 2024, final do ciclo

da cultura e colheita, não apresentaram diferença entre os valores de NDVI. Assim, verifica-se pequenas diferenças entre os valores de NDVI entre as plataformas, sendo a de maior relevância a do mês de janeiro/2024 entre os dados Planet e Landsat.



**Figura 2.** Média e barras de desvio padrão do NDVI da soja. Fonte: Autor (2024).

Os dados de mínimo, máximo e coeficiente de variação dos dados de NDVI da cultura da soja na safra 2023 e 2024 indicam que nos meses com menor cobertura vegetal do solo e com diminuição do vigor vegetativo da planta, os dados da plataforma Landsat apresentaram valores mínimos maiores em relação às demais (Tabela 2). Os dados do coeficiente de variação (CV) foram na maioria entre 10% a 20%, sendo classificados como médio (entre 10 e 20%), e apenas para a data de 28/12, com os dados Planet, apresentou valor baixo (< 10%), conforme explica Pimentel Gomes (2009). Assim, os dados utilizados podem ser considerados como homogêneos.

**Tabela 2.** Estatística descritiva e correlação de Pearson do índice de vegetação NDVI.

Estatística descritiva						
	2023			2024		
	Sentinel 2					
	15/10	04/11	24/12	08/01	02/02	13/03
Mín	0,12	0,15	0,29	0,27	0,19	0,16
Máx	0,43	0,54	0,91	0,92	0,73	0,54
CV <sup>1</sup>	16,11	22,17	6,11	15,17	16,11	15,17
	Landsat 8-9					
	17/10	10/11	28/12	29/01	06/02	01/03
Mín	0,22	0,26	0,47	0,45	0,32	0,28

Máx	0,45	0,65	0,89	0,79	0,54	0,61
CV <sup>1</sup>	13,46	20,00	11,05	11,94	12,50	17,78
Planet						
	<b>15/10</b>	<b>08/11</b>	<b>28/12</b>	<b>07/01</b>	<b>04/02</b>	<b>12/03</b>
Mín	0,17	0,26	0,52	0,43	0,29	0,27
Máx	0,41	0,58	0,94	0,93	0,74	0,63
CV <sup>1</sup>	10,77	11,18	8,19	10,12	18,27	14,29
<b>Correlação de Person</b>						
<b>Índices</b>	<b>Parâmetros</b>					
	Sentinel	Landsat	Sentinel x Landsat			
<b>Outubro de 2023</b>						
Planet	0,74**	0,61**	0,70**			
<b>Novembro de 2023</b>						
Planet	0,81**	0,71**	0,68**			
<b>Dezembro de 2023</b>						
Planet	0,81**	0,55**	0,40**			
<b>Janeiro de 2024</b>						
Planet	0,82**	0,54**	0,57**			
<b>Fevereiro de 2024</b>						
Planet	0,95**	0,87**	0,82**			
<b>Março de 2024</b>						
Planet	0,90**	0,38**	0,38**			

(<sup>1</sup>) CV (%): coeficiente de variação. Min: valor mínimo; Max: valor máximo. Fonte: Autor (2024).

Com base nos dados de NDVI das plataformas estudadas observou-se que existe correlação positiva entre todas (Tabela 2). Maiores valores de correlação são observados na relação Planet e Sentinel. Esse fato pode estar associado pela maior proximidade da resolução espacial destas plataformas, sendo o Planet com resolução espacial de 3 m e o Sentinel com 10 m. enquanto a Landsat tem 30 m de resolução espacial.

O coeficiente de correlação de Pearson ( $r$ ) foi classificado de acordo com Ferreira (2018). As correlações muito fortes ( $>0,9$ ) foram encontradas no mês de fevereiro/24 e março/24 na relação Planet versus Sentinel e as correlações fortes (0,7 a 0,9) para as demais datas (Tabela 2). As correlações entre Planet versus Landsat teve melhor valor (correlação forte) apenas no mês de fevereiro/24. O mesmo resultado ocorreu na correlação entre Sentinel versus Landsat com correlação forte apenas no mês de fevereiro/24. As demais datas, na correlação entre Sentinel versus Landsat, tiveram correlação menores, sendo de 0,4 a 0,7 como moderada ou de 0,2 a 0,4 como fraca.

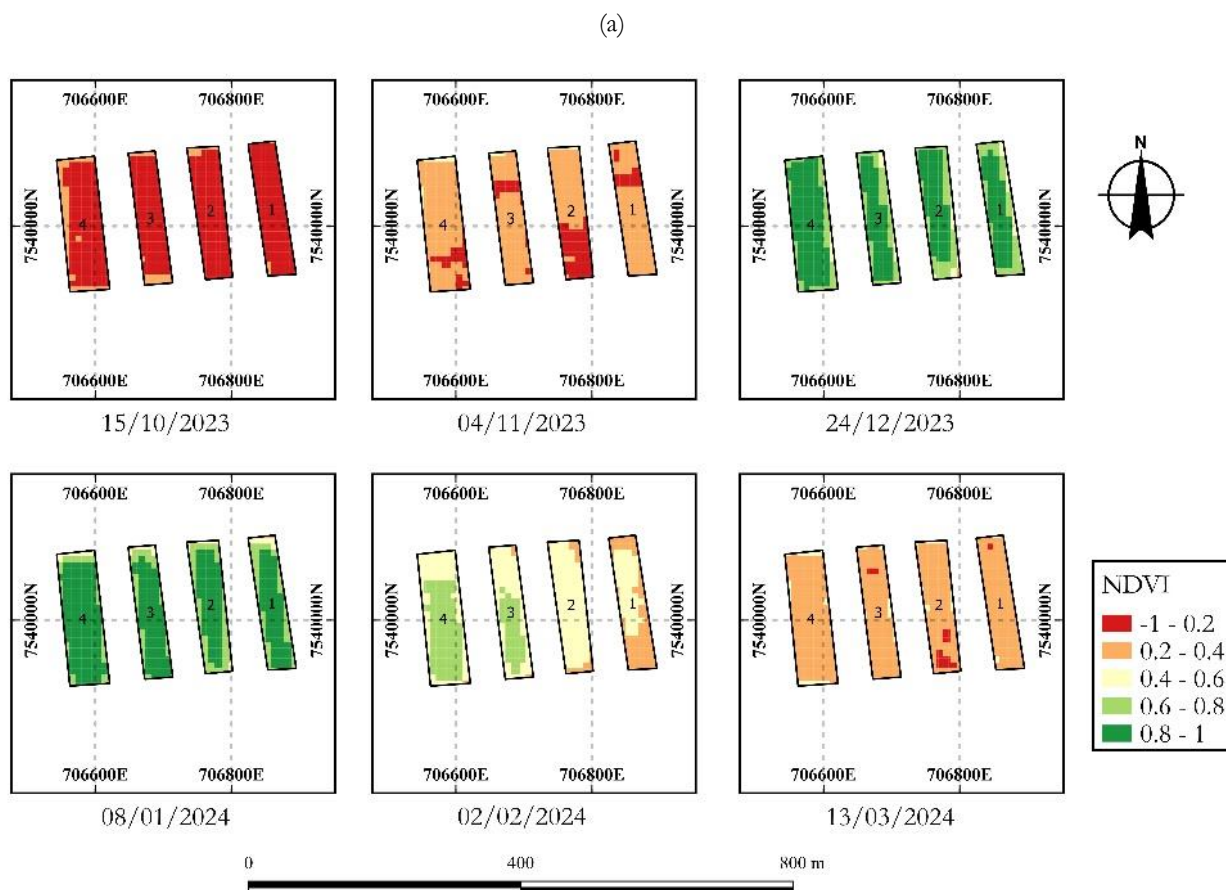
Desse modo, com os valores da correlação (Tabela 2) dos dados de NDVI obtidos das três plataformas, pode-se afirmar que existe uma similaridade dos dados entre os dados Planet e Sentinel, e menor com o Landsat.

Os mapas de NDVI da soja obtidos com os dados das imagens das plataformas Sentinel, Landsat e Planet estão apresentados nas Figuras 3. Os dados de NDVI estão distribuídos nas Classes: 1 de -1,0 a

0,20; Classe 2 de 0,20 a 0,40; Classe 3 de 0,40 a 0,60; Classe 4 de 0,60 a 0,80; e Classe 5 de 0,80 a 1,0, (Chedid et al., 2024)

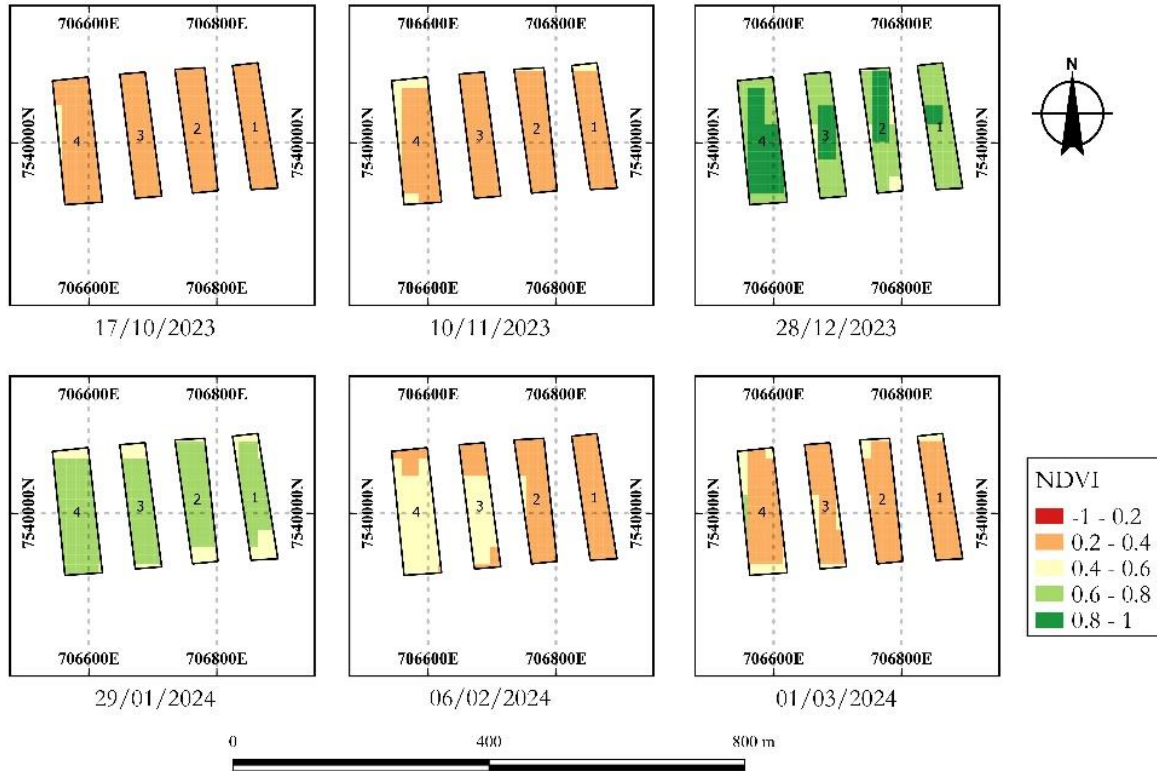
Os meses de outubro e novembro de 2023 (Figuras 3) tiveram dados de NDVI que indicam a presença de solo exposto e de palhada (NDVI<0,2) e início de desenvolvimento da cultura da soja (NDVI de 0,2 a 0,4). Pode-se verificar maior diferença entre os dados do NDVI da plataforma Sentinel (Figuras 3a) com a Planet e Landsat (Figuras 3c) no mês de outubro de 2024, em que 3,19 ha da área (Tabela 3), ficou na classe 1 de <0,2 do NDVI. Que possivelmente pode ser explicado pelas pequenas diferenças dos comprimentos de ondas captados entre os sensores.

Os meses de dezembro de 2023 e janeiro de 2024 (Figuras 3) representam os meses que a planta de soja atinge o pico de atividade fotossintética, em que se predomina as classes 4 de 0,60 a 0,80 e Classe 5 de 0,80 a 1,0, (Chedid et al., 2024). No mês de dezembro de 2024, o NDVI obtido com os dados da imagem da plataforma Landsat (Figuras 3b) teve a menor área (1,35 ha) na classe 5. E no mês de janeiro de 2024 o NDVI com os dados da imagem da plataforma Landsat não teve nenhum valor de área na Classe 5. Mostrando aqui uma maior discrepância dos dados de NDVI do Landsat frente às plataformas Sentinel e Planet.

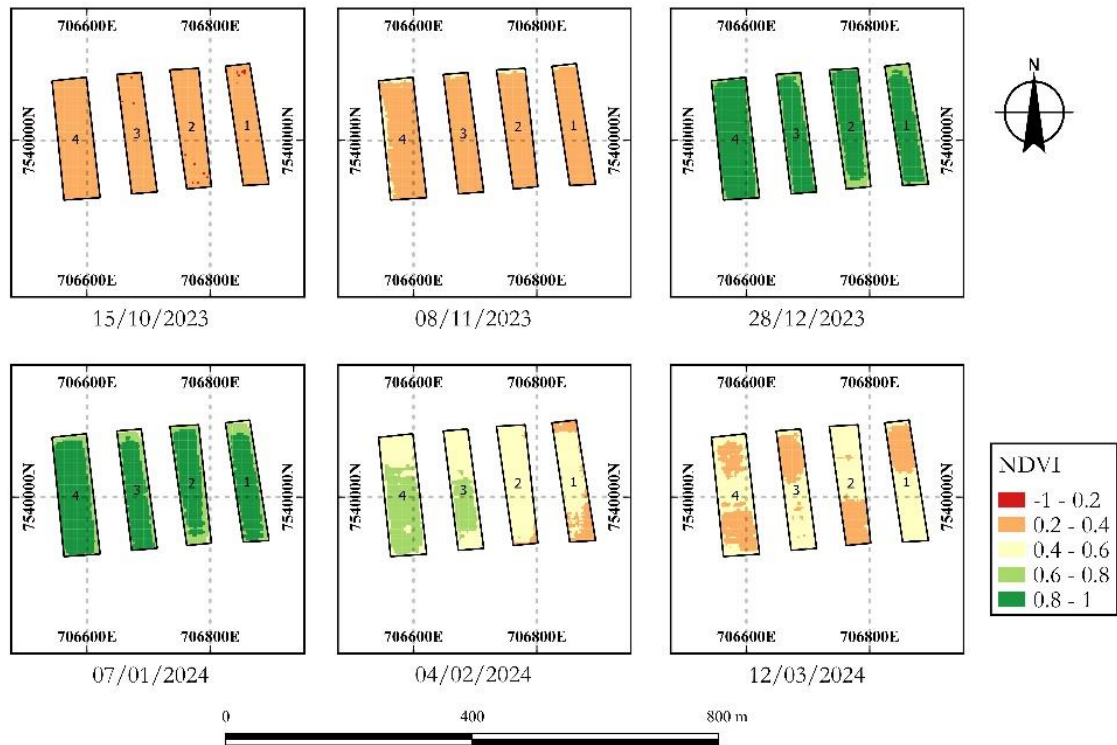


**Figura 3.** Índice de vegetação NDVI da soja, com imagens Sentinel (a), Landsat (b) e Planet (c). Fonte: Autor (2024).

(b)



(c)



**Figura 3 (continuação).** Índice de vegetação NDVI da soja, com imagens Sentinel (a), Landsat (b) e Planet (c). Fonte: Autor (2024).



**Tabela 3.** Área (ha) das classes do índice de vegetação NDVI nas plataformas. Fonte: Autor (2024).

Classe	2023			2024		
	15/10	04/11	24/12	08/01	02/02	13/03
Sentinel 2						
1	3,19	0,65	--	--	--	0,09
2	0,36	2,81	0,01	0,01	0,55	3,27
3	0,01	0,08	0,21	0,14	2,03	0,18
4	--	--	1,01	0,89	0,96	--
5	--	--	2,32	2,50	--	--
Landsat 8-9						
	17/10	10/11	28/12	29/01	06/02	01/03
1	--	--	--	--	--	--
2	3,49	3,28	--	--	2,02	3,06
3	0,07	0,27	0,16	0,54	1,53	0,43
4	--	0,01	2,04	3,01	--	0,05
5	--	--	1,35	--	--	--
Planet						
	15/10	08/11	28/12	07/01	04/02	12/03
1	0,01	--	--	--	--	--
2	3,52	3,35	--	--	0,29	1,38
3	0,01	0,18	0,01	0,07	2,30	2,15
4	--	--	0,71	0,81	0,93	0,01
5	--	--	2,82	2,65	--	--

Batistella et al. (2023) ao comparar os sensores Modis e MSI (*Multispectral Instrument* do Sentinel) perceberam que o sensor MSI integrado aos algoritmos de aprendizado de máquina estima com precisão a produtividade das culturas e que os índices de vegetação com datas de imagem correspondentes à maturação da cultura tiveram maior grau de importância na previsão. Observa-se assim que as diferenças entre sensores é uma ocorrência, como observado a diferença do Landsat para Planet e Sentinel

O uso do NDVI para estimativa da produtividade tem sido utilizado e Andrade et al. (2022) afirmam que os estádios de desenvolvimento V5-V6 e R2 da soja mostrou-se promissor na previsão da produtividade de grãos de soja com o uso dos dados do Landsat e Sentinel 2. Os estádios de V5-V6 e R2 neste trabalho, justamente se coadunam com o mês de dezembro e janeiro, em que se observa o NDVI na faixa de 0,6 a 0,8 e maior que 0,8. O que demonstra a potencialidade do NDVI, para monitoramento e previsão de produtividades.

A análise dos dados do NDVI por meio do índice de concordância Kappa é amplamente utilizada para avaliar a concordância entre observações, especialmente se tratando de dados espaciais (Tabela 4).

**Tabela 4.** Cálculo do Kappa para a relação do NDVI Planet versus Sentinel e Landsat. Fonte: Autor (2024).

Índices	Parâmetros	
	Kappa	Acertos (%)
<b>Outubro de 2023</b>		
NDVI Planet x NDVI Sentinel	0,00	10,34
NDVI Planet x NDVI Landsat	0,03	97,27
<b>Novembro de 2023</b>		
NDVI Planet x NDVI Sentinel	0,11	79,39
NDVI Planet x NDVI Landsat	0,48	94,01
<b>Dezembro de 2023</b>		
NDVI Planet x NDVI Sentinel	0,47	79,21
NDVI Planet x NDVI Landsat	0,15	50,99
<b>Janeiro de 2024</b>		
NDVI Planet x NDVI Sentinel	0,49	79,95
NDVI Planet x NDVI Landsat	-0,03	15,80
<b>Fevereiro de 2024</b>		
NDVI Planet x NDVI Sentinel	0,71	84,41
NDVI Planet x NDVI Landsat	-0,12	24,59
<b>Março de 2024</b>		
NDVI Planet x NDVI Sentinel	0,03	41,05
NDVI Planet x NDVI Landsat	0,10	47,57

Os dados para o NDVI da soja da análise entre Planet versus Sentinel e Planet versus Landsat foram menores para o Landsat na maioria das datas (Tabela 4), principalmente dezembro e janeiro em que se atinge o ponto de máxima atividade fotossintética da planta. Isso indica que os dados de NDVI calculados a partir do Landsat não indicou a mesma observação das outras duas plataformas.

Analisando o mês de outubro de 2023 o índice Kappa teve uma classificação fraca (próximo a zero) (Tabela 4), conforme pode-se interpretar por Landis e Koch (1997) que sugere os valores do coeficiente de Kappa maiores do que 0,80 representam concordância “quase perfeita”; entre 0,60 e 0,80, “substancial”; entre 0,40 e 0,60, “moderada”; e abaixo de 0,40 representam concordância “fraca”. Os melhores valores do índice Kappa foram nos meses de dezembro/23, janeiro/24 e fevereiro/24, sendo moderada e substancial, na relação Planet versus Sentinel. Portanto, verifica-se maior semelhança dos dados obtidos com a plataforma Planet e a Sentinel.

## CONCLUSÕES

Os dados médios de NDVI da soja avaliado na safra 2023/24 apresenta maior valor, principalmente nos meses de dezembro e janeiro

Os dados do NDVI para as plataformas Planet, Sentinel 2 e Landsat 8-9 apresentam correlação positiva.

O índice de NDVI da soja obtido pelas imagens das plataformas Planet e Sentinel 2 apresentam maior similaridade do que quando comparado com os dados da plataforma Landsat 8-9.

## AGRADECIMENTOS

À Fundação de Apoio ao Desenvolvimento de Ensino, Ciência e Tecnologia do MS - FUNDECT, uma vez que este trabalho recebeu apoio da FUNDECT, no âmbito da Chamada Especial Fundect 07/2023 – PIBIC-Fundect.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS


- Andrade, T. G., Andrade Junior, A. S. D., Souza, M. O., Lopes, J. W. B., & Vieira, P. F. D. M. J. (2022). Soybean yield prediction using remote sensing in southwestern Piauí State, Brazil. *Revista Caatinga*, 35, 105–116.
- Batistella, D., Modolo, A. J., Campos, J. R. Da R. (2023). Comparative analysis of orbital sensors in soybean yield estimation by the random forest algorithm. *Ciência e Agrotecnologia*, 47, e002423.
- Chedid, V., Cortez, J. W. & Arcoverde, S. N. S. (2024). Monitoring the vegetative state of coffee using vegetation indices. *Engenharia Agrícola*, 44, e20220212.
- Cohen, J. (1960). A Coefficient of Agreement for Nominal Scales. *Educational and Psychological Measurement*, 20, 37-46.
- Embrapa. (2023). *Satélites de monitoramento: Sentinel*. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/en/satelites-de-monitoramento/missoes/sentinel>>. Acesso em 13 de março de 2023.
- EO Browser. (2024). *Sinergise Ltd*. Disponível em: <https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/>. Acesso em 09 de maio de 2024.
- Ferreira, P. V. (2018). *Regressão e correlação*. In: Ferreira, P. V. Estatística Experimental aplicada às ciências agrárias. 1 ed. Viçosa: Editora UFV.p. 189 - 217.
- Florenzano, T. G. (2011). *Iniciação em Sensoriamento Remoto*. São Paulo: Oficina de Texto. 128p.
- Inpe – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (2023). *Landsat*. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/documentacao/satelites/landsat>> Acesso em 13 de março de 2023.
- Kasimati, A., Psiroukis, V., Darra, N., Kalogrias, A., Kalivas, D., Taylor, J.A. & Fountas, S. (2023). Investigation of the similarities between NDVI maps from different proximal and remote sensing platforms in explaining vineyard variability. *Precision Agriculture*, 24, 1220-1240.
- Landis, J. R. & Koch, G. G. (1997). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 33, 159-174.
- Pimentel Gomes, F. (2009). *Curso de estatística experimental*. 15. ed. Piracicaba: FEALQ. 451 p.
- Planet Labs. (2022). *Planet Imagery Product Specification*. 101p.


- Planet Labs Pbc. (2023). *Planet*. Disponível em: <<https://www.planet.com> > Acesso em 13 de março de 2023.
- Qgis.Org. (2022). *QGIS Geographic Information System*. QGIS Association. Disponível em: [https://qgis.org/pt\\_BR/site/index.html](https://qgis.org/pt_BR/site/index.html) . Acesso em: 10 de agosto de 2022.
- Rouse, J. W., Haas, R. H., Schell, J. A., Deering, D. W., & Harlan, J. C. (1973). Monitoring the Vernal Advancement of Retrogradation (Green Wave Effect) of Natural Vegetation. *Greenbelt*, Maryland, USA: NASA/GSFC. 390 p.
- Santos, H. B., Jacomine, P. K. T., Anjos, L. H. C. Dos, Oliveira, V. A. De, Lumbreras, J. F., Coelho, M. R., Almeida, J. A. De, Araujo Filho, J. C. De, Oliveira, J. B. De, & Cunha, T. J. F. (2018). *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Brasília, DF: Embrapa. 356 p.
- Sentinel Hub (2023). *Cloud api for satellite imagery*, Sinergise Ltd. Disponível em: <https://www.sentinel-hub.com> Acesso em: 24 de outubro de 2023

# Exploração ilegal de plantas medicinais: um olhar sobre a biopirataria


Recebido em: 16/07/2024

Aceito em: 27/07/2024


 10.46420/9786585756402cap2

Laiane Pereira de Souza 

Felipe Salis de Oliveira 

Acácio Figueiredo Neto 

Carlos Alberto Aragão 

Flávio José Vieira de Oliveira 

## INTRODUÇÃO

O cultivo de plantas medicinais é uma prática antiga utilizada no tratamento de doenças humanas. Há várias referências históricas sobre o uso de plantas medicinais por nossos ancestrais, que as utilizavam tanto na alimentação quanto como remédios, mesmo antes da invenção da escrita (Tomazzoni, Negrelle & Centa, 2006). Portanto, a maior parte do conhecimento sobre o uso de plantas para cura vem do conhecimento popular (Vasconcelos, Alcoforado & Lima, 2010)

As primeiras evidências de conhecimento tradicional sobre o uso de plantas medicinais remontam a milhares de anos nas primeiras civilizações chinesa, egípcia, hindu e grega, com descritos descrevendo formas de uso medicinal e métodos de produção já em 4000 a.C. (Valeriano et al., 2017).

Segundo a Medida Provisória nº 2.186-16/2001, o Conhecimento Tradicional Associado abrange toda informação ou prática, seja individual ou coletiva, de comunidades indígenas ou locais, que possua valor real ou potencial e esteja relacionada ao Patrimônio Genético. As plantas medicinais fazem parte da biodiversidade natural do planeta e são essenciais para o bem-estar humano, incluindo a segurança alimentar, saúde, fornecimento de ar e água limpos, sustento local e desenvolvimento econômico. Elas também são um componente central de muitos sistemas de crenças e identidades. Em particular, as plantas medicinais silvestres são uma fonte crucial de subsistência para muitas pessoas pobres em países em desenvolvimento.

O Brasil é visto com relevância no cenário mundial por apresenta uma imensa biodiversidade. Cerca de um quarto dos peixes de água doce do mundo, (aproximadamente 23%) vivem nos rios do Brasil e 16% espécies de aves, 12% espécies de mamíferos e 15% de todas as espécies vegetais e animais (Barlow et al., 2018)

O conceito de biopirataria, segundo Robinson (2010), é a extração não autorizada de recursos biológicos e/ou conhecimentos tradicionais associados de países em desenvolvimento, ou o patenteamento de invenções espúrias baseadas em tais conhecimentos ou recursos sem compensação.

A biopirataria internacional é uma indústria que movimenta milhões, e o Brasil é um dos principais alvos desse tráfico. Estima-se que os prejuízos anuais para o país, em termos de perda de conhecimento e bioprodutos, alcancem R\$ 33,3 bilhões. Esses prejuízos não se limitam ao comércio ilegal de plantas e animais, mas também incluem a perda financeira pela falta de recebimento de royalties provenientes do patenteamento de princípios ativos de medicamentos e cosméticos derivados da biodiversidade brasileira. (e do conhecimento tradicional associado) e registrados em outros países (Rede nacional de combate ao tráfico de animais silvestres, 2017).

Ganem (2011) informou que o Brasil hoje conta com um número expressivo de normas que dão suporte legal para a conservação, e por trás delas há trabalho de gerações de técnicos e cientistas brasileiros e estrangeiros.

O objetivo deste estudo foi realizar um levantamento teórico sobre casos e a ocorrência de biopirataria no Brasil, examinando seu impacto na biodiversidade, nas comunidades locais e na economia, além de analisar políticas e legislações existentes para combater essa prática.

## **METODOLOGIA**

Este estudo apresenta uma revisão exploratória de caráter qualitativo e informativo, com foco na biopirataria no Brasil. A pesquisa bibliográfica que fundamenta este estudo foi realizada por meio de uma investigação eletrônica nas plataformas Google Acadêmico, Periódicos CAPES e SciELO.

Para a busca de trabalhos, foram utilizados os seguintes descritores: apropriação de conhecimento popular, ervas medicinais e bioprospecção. Durante a seleção, foram incluídas referências que tratavam do consórcio entre manjeriço em sistemas agrícolas. Por outro lado, foram excluídas as fontes que não estavam alinhadas com os objetivos do estudo, não se enquadravam no período de busca especificado ou estavam em um idioma diferente do estipulado.

Quanto à análise e interpretação dos resultados, foi realizada uma avaliação detalhada para estruturar e sintetizar as informações das fontes. Esse processo foi direcionado para possibilitar a extração de respostas à problemática central da pesquisa.

## **HISTÓRICO DA BIOPIRATARIA NO BRASIL**

Mesmo após a independência em 1822, o Brasil continuou sendo alvo da apropriação de seus recursos por países do Norte, enquanto a biodiversidade era vista como "patrimônio comum da humanidade" e o acesso aos recursos genéticos brasileiros ocorria sem qualquer regulamentação. Com o avanço da biotecnologia, o acesso a esses recursos tornou-se mais sofisticado. Em vez de explorar a matéria-prima diretamente, as empresas começaram a extrair e estudar as propriedades genéticas das plantas (Bruno, 2018).



Por volta do ano de 1876, na Amazônia, quando o botânico inglês Henry Alexander Wickham coletou no Vale do Tapajós, região do Baixo Amazonas, cerca de 70.000 sementes da árvore seringueira (*Hevea brasiliensis*) contrabandou, no navio “Amazonas”, para os Jardins Botânicos de Kew, nas imediações de Londres (Lima, 2014).

A situação trágica envolve o jaborandi, uma planta que contém pilocarpina, usada na produção de medicamentos para o glaucoma pela empresa alemã Merck. Atualmente, a extração é feita em larga escala por coletores pobres em plantações no Maranhão. A matéria-prima é enviada para processamento no Piauí e depois exportada para os Estados Unidos, onde é transformada em medicamentos comercializados globalmente, sem dividir os benefícios com as comunidades locais. A extração desenfreada dessa planta brasileira tem causado um grave desastre ecológico, levando à perda de diversidade tanto dentro da espécie quanto nos ecossistemas (Hathaway, 2008).

Outros exemplos que ganharam grande repercussão nacional e internacional foram os casos do cupulate e da ayahuasca. A empresa japonesa Asahi Foods Co. Ltda patenteou os processos de extração do óleo da semente de cupuaçu, utilizado na produção do chocolate de cupuaçu, e registrou o nome "cupuaçu" como marca comercial. No entanto, em março de 2004, o registro foi anulado pelo Escritório de Marcas e Patentes do Japão, atendendo a uma solicitação feita pela Rede GTA - Grupo de Trabalho Amazônico e pela organização Amazonlink do Acre (Santilli, 2005).

A ayahuasca, é uma planta Amazônica utilizada por diferentes povos indígenas e não indígenas em rituais religiosos e para tratar de doenças, que foi patenteada pelo norte-americano Loren Miller, em 1986 (Santilli, 2005). Três anos depois, a patente foi revogada pelo órgão patentário dos Estados Unidos, solicitado pela Coordenação das Organizações Indígenas da Bacia Amazônica (Coica) e da Coalizão Amazônica (Amazon Coalition). Em 2001, foi reativada sob diversos argumentos do seu dono, até que, em junho de 2003, não pode mais ser renovada, porque não estava amparada pelas novas regras de “interpartes re-examinação” (Santilli, 2005).

Um dos casos mais conhecidos de biopirataria no Brasil é o da "vacina da rã". Na região amazônica, existe uma espécie de sapo conhecida cientificamente como *Phyllomedusa bicolor*. Comunidades indígenas e locais tradicionalmente utilizam uma secreção desse animal para tratar ancilostomíase e aliviar dores diversas. Na década de 1980, cientistas do Norte começaram a estudar os efeitos dessa secreção em laboratórios internacionais. A pesquisa revelou que a secreção contém duas substâncias dermorfina e deltorfina que possuem propriedades analgésicas, antibióticas e fortalecedoras do sistema imunológico (Vargas, 2014; Cunha, 2020). A substância acabou sendo patenteada nos Estados Unidos, União Europeia e Japão, e mais de dez patentes. Nenhum deles levou em consideração os conhecimentos tradicionais dos curandeiros indígenas brasileiros ou a origem do recurso genético (Homma, 2008).

## PLANTAS MEDICINAIS DA CAATINGA

A Caatinga pertence a um bioma global chamado de Florestas e arborescentes tropicais sazonalmente secos, e apresenta a maior riqueza de espécies de todas as áreas, sendo que 23% das espécies conhecidas são endêmicas. Além da vegetação inerente da Caatinga, são encontrados representantes de diversos biomas (Fernandes & Queiroz. 2018).

A vegetação da caatinga é rica em plantas suculentas (que possuem adaptações para armazenar água) e são pobres em gramíneas. Outra característica das plantas dessa região é a deciduidade que permite que elas percam suas folhas diminuindo o consumo de água e melhorando a resistência ao clima que é predominantemente de secas. A caatinga possui a maior riqueza de espécies dentro dessa denominação de Florestas e Arbustos Tropicais Sazonalmente Secos do continente americano, mesmo com os estudos limitados pode-se afirmar que existem no mínimo 3.150 espécies com cerca de 23% endêmicas (Fernandes & Queiroz. 2018).

Toda essa diversidade vegetal da Caatinga, têm despertado o interesse de pesquisadores que visam conhecer espécies com potencial fitoterápico nessa região (Silva et al., 2015; Reis; Pereira; Cansanção, 2017; Silva et al., 2017; Albergaria et al., 2019).

Ao realizar um levantamento etnobotânico, expõe que as espécies da família Fabaceae se mostra com o maior número de espécie com potencial medicinal da Caatinga, dentre todas as famílias constatadas (Roque, Rocha & Loiola. 2010).

Entre a grande variedade de espécies vegetais que fazem parte do bioma da Caatinga as mais usadas na fitoterapia, nota-se segundo (Silva & Freire 2010; Cordeiro e Félix 2014; Santos et. al., 2017) em seus estudos mostram que são; a *Myracrodruom urundeuva* Allemão (Aroeira) indicada no combate a problemas do sistema respiratório, anti-inflamatório e cicatrizante; a *Anadenanthera colubrina* (Vell) Brenan (Angico), no tratamento de doenças do sistema respiratório, e a *Poincianella pyramidalys* (Tul.) L. P. Queiroz (Catingueira), empregada em problemas gastrointestinais, problemas do sistema respiratório e geniturinário.

Os povos tradicionais locais têm um profundo conhecimento e uso extenso de plantas medicinais. Após revisar a pesquisa etnofarmacológica conduzida pelo professor Francisco José de Abreu Matos em suas expedições pela caatinga, foram identificadas e catalogadas pelo menos 272 espécies de plantas com propriedades medicinais (Magalhães 2019).

Vários estudos têm sugerido a análise de plantas e espécies medicinais tradicionalmente utilizadas pela população da Caatinga para fins terapêuticos, mesmo com finalidades distintas, possibilitando perceber o crescente conhecimento científico sobre o uso de plantas medicinais neste bioma (Fernandes e Bezerra, 2020; Castro et al., 2021; Cruz et al., 2020).

Diversas plantas são catalogadas e suas finalidades medicinais estão distribuídas em diferentes famílias e gêneros. Das famílias de plantas relatadas com potencial medicinal, o maior número de espécies é a da Fabaceae. Sabendo que as Fabáceas são uma das famílias de plantas com maior valor econômico

e medicinal (Gomes et al., 2008), as espécies relatadas poderiam potencializar as principais propriedades terapêuticas e curativas associadas às plantas medicinais utilizadas no ambiente da Caatinga.

## **COMBATE A BIOPIRATARIA**

A biopirataria continua a crescer diante do contínuo interesse estrangeiro na realização de pesquisas para fins comerciais. Para a Divisão de Patrimônio Genético do Departamento de Meio Ambiente, a perda é devastadora para os detentores do conhecimento tradicional. Mesmo assim, o Estado não sofreu com a usurpação de conhecimentos ancestrais ou a exploração de recursos naturais. Perante esta situação, é essencial uma ação nacional legalmente justificada que coíba esta prática, pois estamos a viver uma recolonização em contextos socioculturais, bem como em contextos empresariais e formativos (Silva, 2018).

Em 1992 ocorreu a Convenção da Diversidade Biológica, a qual designou que a biodiversidade terrestre é tida uma preocupação comum da humanidade. Isso quer dizer que os recursos naturais nos territórios dos países do Sul não podem ser explorados sem autorização prévia e ressarcimento. Assim sendo, a biopirataria fez-se uma prática reprovável na esfera internacional. A CDB e, subsequentemente, o Protocolo de Nagoya surgiram como resposta à questão dos países sulistas. O Protocolo dispõe detalhadamente a gestão de repartição de benefícios provenientes da exploração dos recursos genéticos e conhecimentos tradicionais associados, assegurando meios de registro de acesso e contraprestação pela utilização.

A falta de políticas de reconhecimento e valorização das comunidades tradicionais tem como base a chamada falta de recursos financeiros - porque essas políticas acabam sendo ignoradas em detrimento de muitas outras. Os mesmos países, no entanto, são tolerantes com essas práticas, nas quais perdas de naturezas diferentes são causadas (Silva, 2018).

No Brasil, a Medida Provisória MP 2.186-16, datada de 23 de agosto de 2001, representou o primeiro marco legal a regulamentar o acesso ao Patrimônio Genético e Conhecimento Tradicional Associado para fins de pesquisa científica, bioprospecção e desenvolvimento tecnológico. Essa medida também estabeleceu o Conselho de Gestão do Patrimônio Genético (CGen). No entanto, a MP resultou em impactos negativos na pesquisa científica, sendo criticada pela comunidade acadêmica por sua burocratização e ameaça de sanções administrativas, o que desestimulou a Pesquisa & Desenvolvimento (P&D) dos recursos da biodiversidade brasileira.

O CGen, presidido pelo Ministério do Meio Ambiente, é composto por membros de diversas instituições públicas e representantes do setor privado. O Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) são órgãos autorizados pelo CGen a emitir autorizações para a aquisição de

patrimônio genético para atividades de pesquisa e desenvolvimento em áreas biológicas e correlatas (Rede Nacional de Combate ao Tráfico de Animais Silvestres, 2017).

Após quase 15 anos, foi promulgada a "Nova Lei da Biodiversidade", Lei 13.123 de 20 de maio de 2015, que entrou em vigor em 17 de novembro de 2016. No entanto, sua regulamentação ocorreu apenas seis meses após, através do Decreto nº 8.772, de 11 de maio de 2016, enfrentando considerável oposição, debates e críticas. Este decreto criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Genéticos e Conhecimentos Tradicionais Associados (SisGen) para facilitar a conformidade com a legislação e apoiar o CGen.

A revogada Medida Provisória nº 2.186/2001 dispôs, em seu artigo 7º, inciso II, conhecimento tradicional. Definiu, em seu texto, que “conhecimento tradicional consiste na informação ou prática individual ou coletiva de comunidade indígena ou de comunidade local, com valor real ou potencial, associada ao patrimônio genético” (Brasil, 2001, s.p.). A atual Lei nº 13.123/2015 deu uma amplitude à expressão, identificando-a com “informação ou prática de população indígena, comunidade tradicional ou agricultor tradicional sobre as propriedades ou usos diretos ou indiretos associada ao patrimônio genético” (Brasil, 2015, s.p.).

Fato é que procurou-se estabelecer a divisão dos benefícios gerados pela exploração econômica resultante de acesso ao patrimônio genético e ao conhecimento tradicional associado. É como institui o artigo 17 da Lei:

Artigo 17 da Lei nº 13.123/2015. Os benefícios resultantes da exploração econômica de produto acabado ou de material reprodutivo oriundo de acesso ao patrimônio genético de espécies encontradas em condições *in situ* ou ao conhecimento tradicional associado, ainda que produzido fora do país, serão repartidos, de forma justa e equitativa, sendo que no caso do produto acabado o componente do patrimônio genético ou do conhecimento tradicional associado deve ser um dos elementos principais de agregação de valor, em conformidade ao que estabelece esta Lei (BRASIL, 2015, s.p.).

Em 2006, Sarney Filho propôs novas políticas públicas para combater a biopirataria em terras indígenas, mas ele lamentou que não houve espaço adequado para debater o assunto. Ele destacou a falta de estímulo aos pesquisadores que se dedicam à diversidade acadêmica, assim como a ausência de apoio na luta contra a biopirataria e as transações comerciais ilegais (Barbieri, 2014). Atualmente, não há uma fiscalização eficaz dessas práticas, incluindo o patenteamento genético, e as políticas nacionais são ainda incipientes. Estratégias como biotecnologia e domesticação de espécies de plantas medicinais podem ser adotadas para mitigar a superexploração dos recursos na cadeia de valor dessas plantas. A modificação das vias Biosintéticas dos metabólitos de interesse através de técnicas como seleção assistida por marcadores, cultura de tecidos e transformação genética mostra um grande potencial para superar desafios como o crescimento lento em plantas medicinais silvestres (Canter, Thomas & Ernest, 2005). No entanto, dificuldades em identificar a variedade correta, incerteza nos níveis de ingredientes ativos em variedades domesticadas, desafios de pragas e doenças e baixa tolerância ambiental ou sobrevivência

da cultura destacam-se como desafios agrotécnicos que limitam as vias de domesticação (Kala & Sajwan, 2007).

As principais fontes de risco para a comercialização de plantas medicinais por meio do cultivo (domesticação) incluem biopirataria, colheita ilegal, longos períodos de maturação, sistemas de licenciamento/permissão não responsivos, produtores fragmentados e falta de vínculos entre os atores da cadeia (Kala & Sajwan, 2007).

Uma vez que algumas plantas medicinais são fonte de múltiplos ingredientes ativos na produção de fitoterápicos, os investidores que desejam investir no desenvolvimento de uma única planta enfrentam alto risco de mercado, e essa restrição é exacerbada pela alta preferência do produto entre os consumidores. entre as fontes naturais, o que prejudica a substituição processada nas cadeias de valor (Canter et al., 2005). Isso aumenta a preferência pela vida selvagem como uma estratégia tradicional de gerenciamento de riscos.

Até os dias atuais não existe um conceito único acerca da biopirataria na legislação brasileira. É fundamental que as leis sejam revigoradas e ajustadas, respeitando os conhecimentos locais. Assim, espera-se novas políticas públicas que busquem a promoção sustentável, adaptando-se aos quesitos ambientais e aos conhecimentos dos povos indígenas, sejam eles comerciais ou não.

Nota-se que há um empenho legislativo no sentido de compensar aos povos tradicionais ao menos uma parcela, dos benefícios gerados pela exploração dos recursos naturais e do conhecimento tradicional associado.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os impulsionadores da biopirataria são os interesses econômicos de quem as práticas. Seu propósito altamente lucrativo é o que fomenta a exploração ilegal da biodiversidade brasileira.

Geralmente, essa prática fundamenta-se no acesso ilegal por agentes desenvolvidos, representados por uma empresa, instituição científica ou Estado, ao material genético encontrado no ambiente natural de territórios brasileiros. Para então obter o registro de patentes de alguma criação feita a partir daqueles recursos naturais, o praticante da biopirataria restringe seu uso e angaria milhões com sua comercialização, sem encaminhar qualquer divisão de benefícios ao Brasil, detentor do recurso genético base.

No atual cenário brasileiro, a biopirataria se mostra como um problema recorrente, em especial porque o Brasil, como já apontado no decorrer do presente trabalho, é um país detentor de diversos recursos naturais e de conhecimentos tradicionais que desperta o interesse de outros Estados soberanos.

A questão da biopirataria, ainda é pouco divulgada, pouco se ouviu falar sobre o tema. Além da preocupação econômica, é importante ressaltar a perda desses recursos naturais causada por essa prática. Não existe uma definição esclarecedora sobre a biopirataria, podendo ser conceituada simplificada

como a exploração, manipulação e comercialização internacional de recursos biológicos. Certamente, a ausência no ordenamento jurídico brasileiro de uma norma específica que trata desse tema, dificulta a caracterização e a punição da Biopirataria.

Dessa maneira, é preciso criar condições para que a diversidade de recursos seja um aliado desenvolvimento do país, mas infelizmente, o que se percebe é que o Brasil sempre teve sua margem de cultura e crescimento associado à exploração de seus recursos desde o Descobrimento. Após o ciclo do Pau-Brasil, do ouro, passou-se a exploração do ciclo verde, que não pode ser permitido o mesmo destino, ou seja, serem exploradas até a extinção sem que o Estado tome medidas de controle para a preservação das plantas medicinais. Em vista disso, existe uma certa urgência de ações de proteção e pesquisa.

Portanto, a exploração das plantas medicinais deve observar uma legislação ambiental adequada, para que não haja a sua extinção e para que o homem possa fazer uso, hoje e sempre, das benesses dessas plantas.

## REFERÊNCIAS

- Albergaria, E. T., et al. (2019). Levantamento etnobotânico de plantas medicinais em comunidades rurais localizadas na Unidade de Conservação Tatu-Bola.
- Barbieri, S. R. J. (2014). *Biopirataria e povos indígenas*. (1a ed). São Paulo: Editora Almedina
- Barlow J., França F., Gardner T. A., Hicks C. C., Lennox G. D., Berenguer E., Castello L., Economo E. P., Ferreira J., Guénard B., Gontijo L. C., Isaac V., Lees A. C., Parr C. L., Wilson S. K., Young P. J., Graham N. A. J., (2018). The future of hyperdiverse tropical ecosystems. *Nature*. 559(7715), 517-526. doi: 10.1038/s41586-018-0301-1.
- BRASIL. Lei nº 13.123/2015, de 20 maio 2015. dispõe sobre o acesso ao patrimônio genético, sobre a proteção e o acesso ao conhecimento tradicional associado e sobre a repartição de benefícios para conservação e uso sustentável da biodiversidade. Diário Oficial da União, Brasília, 20 maio 2015. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/ato20152018/2015/lei/l13123.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato20152018/2015/lei/l13123.htm). Acesso em: nov. 2022.
- BRASIL. Medida Provisória n. 2.186-16, de 23 de agosto de 2001. Brasília, DF: Presidência da República [2001]. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/mpv/2186-16.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/mpv/2186-16.htm) . Acesso em: nov 2022.
- Bruno, S. F. (2018). Benefícios da biodiversidade para as comunidades quilombolas: a nova legislação os sustenta? Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) Universidade Estadual do Rio de Janeiro.
- Canter, P. H., Thomas, H., Ernst, E. (2005). Bringing medicinal plants into cultivation: opportunities and challenges for biotechnology. *TRENDS in Biotechnology*, 23(4), 180-185.




- Castro, M. A. De., Bonilla, O. H.; Pantoja, L. D. M., Mendes, R. M. S., Edson-Chaves, B., Lucena, E. M. P. (2021). Ethnobotanical knowledge of High School students about medicinal plants in Maranguape-Ceará. *Research, Society and Development*, 10(3), e8910313008.
- Cordeiro, J. M. P., Félix, L. P. (2014). Conhecimento botânico medicinal sobre espécies
- Cruz, R. R. P., Freire, A. I., Pereira, A. M., Ribeiro, R. P., Alves, M. M. (2020). *Momordica charantia* L. in the treatment of diabetes mellitus. *Research, Society and Development*, 9(7), e15973769.
- Cunha, A. H. S. (2020). A biopirataria no Brasil: aspectos relevantes da Lei n. 13.123/2015 e o dever de proteção do Estado à biodiversidade. In: Scur, L.; Gimenez, J. R; Burgel, C. F. (org.). *Biodiversidade, recursos hídricos e Direito Ambiental*. Caxias do Sul: Editora Educus.
- Fernandes, M. F., Queiroz, L. P. (2018) *Vegetação e flora da Caatinga*. *Ciência e cultura*, 70(4), 51-56.
- Fernandes, P. R. D., Bizerra, A. M. C. (2020). Quantitative evaluation of antioxidant activities of native plants of the Alto Oeste Potiguar Region / RN. *Research, Society and Development*, 9(1), e48911578.
- Ganem, R. S. (2011). *Conservação da biodiversidade legislação e políticas públicas*. Brasília. editora Câmara.
- Gomes, E. C. S., Barbosa, J., Vilar, F. C. R., Perez, J. O., Vilar, R. C.; Freire, J. L. O., De Lima, A. N., Dias, T. J. (2008). Plantas da caatinga de usoterapêutico: levantamento etnobotânico. *Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia*, 5, 74-85.
- Hathaway, D. (2008) A biopirataria no Brasil. In: Bensusan, N. (Org). *Seria melhor mandar ladrilhar? Biodiversidade: como, para que e por que*. 2.ed. São Paulo: Peirópolis, Brasília: Universidade de Brasília, p.181-192.
- Homma, A. K. O. (2008). Extrativismo, biodiversidade e biopirataria na Amazônia. Área de Informação da Sede-Texto para Discussão.
- Kala, C. P., Sajwan, B. S. (2007). Revitalizing Indian herbal medicine systems by the National Council of Medicinal Plants through institutional networking and capacity building. *Current Science*, p. 797-806.
- Lima, E. C. (2014). Nosso conhecimento vale ouro: sobre o valor do trabalho de campo. *Anuário Antropológico*, 39(1), 73-98.
- Magalhães, K. N. (2019). Plantas medicinais da caatinga do Nordeste brasileiro: etnofarmacopeia do Professor Francisco José De Abreu Matos. 220 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento e Inovação Tecnológica em Medicamentos) - Faculdade de Farmácia, Odontologia e Enfermagem, Universidade Federal do Ceará.
- Rede Nacional De Combate Ao Tráfico De Animais Silvestres (2017). Relatório nacional sobre gestão e uso sustentável da fauna silvestre. Brasília: RENCTAS.
- Reis, C. R. M., Pereira, A. F. N., Cansanção, I. F. (2017). Levantamento Etnobotânico de Plantas Medicinais Utilizadas por Moradores do Entorno do Parque Nacional Serra da Capivara –PI. *Journal of Biology & Pharmacy and Agricultural Management*, 13(4).


- Robinson, D. (2010) *Enfrentando a biopirataria: desafios, casos e debates internacionais*. Routledge.
- Roque, A. A., Rocha, R. M., Loiola, M. I. B. (2010). Uso e diversidade de plantas medicinais da Caatinga na comunidade rural de Laginhas, município de Caicó, Rio Grande do Norte (nordeste do Brasil). *Revista brasileira de plantas medicinais*, 12, 31-42.
- Santilli, J. (2005) *Socioambientalismo e novos direitos-Proteção jurídica à diversidade biológica e cultural*. Editora Peirópolis LTDA.
- Santos, C. B., et al. (2017). O uso da fitoterapia pelos moradores da fazenda. fagundes no município de Curaçá/Ba.
- Silva N. O., Zantut, L. T. E. (2017). O combate à biopirataria brasileira: uma análise legislativa. *Rev. Ciênc. Juríd. Soc. UNIPAR. Umuarama.*, 20(1), 119-136.
- Silva, C. G., Marinho, M. G. V., Lucena, M. F. A., Costa, J. G. M. (2015). Levantamento etnobotânico de plantas medicinais em área de Caatinga na comunidade do Sítio Nazaré, município de Milagres, Ceará, Brasil. *Revista Brasileira de Plantas Medicinais*, 17(1), 133-142.
- Silva, M. M. (2018). Etnomatemática e relações comerciais na formação de professores
- Silva, M. O. M., Moreira, L. M. C. C., Felismino, D. C. (2017). Levantamento Ethnopharmacological de Espécies Medicinais em Área da Reserva Florestal de Caatinga no Município de Santa Cruz do Capibaribe, PE. *Journal of Biology & Pharmacy and Agricultural Management*, 13(1), 35-40.
- Silva, T. S., Freire, E. M. X. (2010). Abordagem etnobotânica sobre plantas medicinais citadas por populações do entorno de uma unidade de conservação da caatinga do Rio Grande do Norte, Brasil. *Rev. Bras. Pl. Med., Botucatu*, 12(4), 427-435.
- Tomazzoni, M. I., Negrelle, R. R. B., Centa, M. L. (2006). Fitoterapia popular: a busca instrumental enquanto prática terapêutica. *Texto & Contexto-Enfermagem*, 15, 115-121.
- Valeriano, A. C. R. F., et al. (2017). O Uso da Fitoterapia na medicina por Usuários do SUS, Uma Revisão Sistemática. *Revista de psicologia*, 10(33), 219-236.
- Vargas, F. (2014). El Kambó, la medicina que hace milagros con el sudor de una rana. EMOL.
- Vasconcelos, D. A., Alcoforado, G. G., Lima, M. M. O. (2010). Plantas medicinais de uso caseiro: conhecimento popular na região do centro do município de Floriano/PI. In: V Congresso Norte e Nordeste de Pesquisa e Inovação, Maceió.

# Produtividade do manjeriço (*Ocimum basilicum* L.) em resposta a diferentes doses de esterco caprino

Recebido em: 16/07/24


Aceito em: 17/08/2024

 10.46420/9786585756402cap3

João Pedro Ferreira de Santana Júnior 

Felipe Salis de Oliveira 

Wilma Souza 

Flávio José Vieira de Oliveira 

Acácio Figueiredo Neto 

## INTRODUÇÃO

Comumente reconhecida como manjeriço, é valorizada por sua relevância econômica e suas propriedades aromáticas e medicinais significativas. É amplamente empregada na produção de óleos essenciais e é uma matéria-prima fundamental nas indústrias cosmética e farmacêutica (Silva et al., 2019).

Se trata de uma planta herbácea anual conhecida cientificamente como *Ocimum basilicum* L., pertencente à família Lamiaceae, tem sua origem presumida no norte da Índia. No entanto, é amplamente distribuída e pode ser encontrada em várias regiões, incluindo África, América Central, América do Sul e Ásia Central (Pereira & Moreira, 2011).

A introdução de nutrientes através da adubação orgânica utilizando resíduos de origem animal pode servir como uma forma complementar ou até mesmo substitutiva da adubação mineral na produção de hortaliças (Ribeiro et al., 2019). Uma vês que um dos principais.

desafios enfrentados pela agricultura é a criação de sistemas agrícolas sustentáveis capazes de fornecer alimentos e fibras em quantidades e qualidades adequadas, sem prejudicar os recursos do solo e do meio ambiente (Souza; Neto; Silveira; Filho & Macarajá, 2014). Em função ao frequente aumento do custo dos fertilizantes minerais e ao aumento da poluição ambiental causada por práticas agrícolas inadequadas, o uso de adubos orgânicos tem ganhado espaço como uma opção atrativa (Reis et al., 2023)

O uso de fertilizantes orgânicos tem se destacado como uma abordagem eficaz para fornecer nutrientes ligados à matéria orgânica em comparação com fontes minerais exclusivas (Smith et al., 2020). Uma adubação bem gerenciada pode resultar em ganhos significativos de produtividade na maioria das plantas cultivadas. É um elemento de produção que pode ser administrado com baixo investimento financeiro, mas requer uma abordagem técnica para evitar o uso desnecessário de certos nutrientes, que em alguns casos podem até mesmo diminuir a produtividade (Sobrinho; Santos; Júnior & Souto, 2009).

O esterco é frequentemente utilizado na composição de substratos devido a ciclagem de nutrientes e da inclusão de matéria orgânica, tem o potencial de alterar as propriedades físicas, químicas

e biológicas do solo, resultando em uma melhoria da sua fertilidade (Morais et al., 2012; Pereira; Wilsen & Nobrega, 2013).

O esterco caprino é considerado um dos adubos mais ativos e concentrados. Em experimentos, observou-se que 250 kg de esterco de cabra, quando incorporados ao solo, proporcionam o mesmo efeito que 500 kg de esterco de vaca. (Alves & Pinheiro, 2008). São os mais economicamente empregados devido à sua praticidade e à facilidade de obtenção (Oliveira et al., 2014).

Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho buscou avaliar, o desenvolvimento completo do manjeriço enfatizando o ganho produtivo, em diferentes doses de esterco caprino.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado entre os meses de outubro a dezembro de 2023, no Departamento de Tecnologia e Ciências sociais Campus III, Universidade do estado da Bahia (DTCSIII UNEB), Juazeiro BA, nas seguintes coordenadas 9°25'11.4"S 40°29'16.1"W.

Inicialmente, o experimento foi conduzido em casa de vegetação com ambiente protegido. As sementes foram plantadas em bandejas de polietileno, utilizando um substrato comercial composto por casca de pinus, turfa e vermiculita expandida. Após o desenvolvimento de quatro a seis folhas definitivas, realizou-se o desbaste para selecionar as mudas. O transplante para o campo ocorreu após 25 dias. A colheita foi realizada 45 dias após o transplante, e as plantas foram encaminhadas ao laboratório para mensurar as variáveis

O trabalho foi conduzido em delineamento de blocos casualizados DBC em um total de cinco tratamentos, referente a cada dosagem onde T1- testemunha (sem adição de esterco); T2- 10 t há<sup>-1</sup>; T3- 20 t há<sup>-1</sup>; T4- 30 t há<sup>-1</sup>; T5- 40 t há<sup>-1</sup>. Cada tratamento era composto por quatro parcelas de 2,7 m<sup>2</sup>, sendo cada parcela composta por 20 plantas distribuídas em quatro linhas de plantio.

O esterco utilizado já estava curtido, por um período de 90 dias, sendo assim foi incorporado ao solo antes do transplante. A composição mineral do esterco segue: N (g kg<sup>-1</sup>): 6,7; Carbono org (g/kg): 53,4; Relação C/N: 7,9; CTC (mmolc/dm<sup>3</sup>): 346,6; P (mg/L): 6,0; Ca<sup>2+</sup> (mmolc/ L): 10,35; Mg<sup>2+</sup> (mmolc/ L): 5,12; K<sup>+</sup> (mmolc/ L):14,86; Na<sup>+</sup> (mmolc/ L): 17,17; Fe<sup>2+</sup> (mg/ L): 1,76; Mn<sup>2+</sup> (mg/ L): 0,026; Zn<sup>2+</sup> (mg/ L): 0,033; Cu<sup>2+</sup> (mg/ L): 0,054; B (mg/ L): 0,39.

A irrigação foi por sistema de gotejo, onde o espaçamento entre emissores corresponde à: 30 cm, trabalhando com vazão de serviço: 1,6L/h<sup>-1</sup> sendo irrigado duas vezes ao dia, e três vezes nos dias mais quentes, em torno de trinta minutos.

As variáveis analisadas foram, comprimento de parte aérea e radicular (CPA e CPR), as dimensões da, das mudas foram aferidas mediante a utilização de um paquímetro. uma vês que foi realizado um corte transversal, possibilitando a separação da parte aérea e do sistema radicular, já massa fresca de parte aérea e radicular (MFPA e MSFPR), foram condicionados em sacos de papel posteriormente submetida

a pesagem em balança analítica de precisão, da mesma forma massa seca de parte aérea e radicular (MSPA e MSPR), porem posto a secagem em estufa com circulação de ar forçado, a 65°C durante 72 horas.

Os dados coletados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, posteriormente os caracteres significativos a aplicação do teste de Tukey a 5% de probabilidade, empregando-se o software estatístico AgroEstat (Barbosa & Maldonado)

## RESULTADOS

**Tabela 1.** Análise variância para efeito dos tratamentos de adubação orgânica em manjeriço (*Ocimum basilicum* L.) (CPA) comprimento de parte aérea, (CPR) comprimento de parte radicular, (MFPR) massa fresca de parte radicular, (MFPA) massa fresca de parte aérea, (MSPR) massa seca de parte radicular, e (MSPA) massa fresca de parte aera.

FV	CPA (cm)	CPR (cm)	MFPA (g)	MFPR (g)	MSPA (g)	MSPR (g)
Doses	2,99NS	1,04NS	4,46*	2,79NS	3,87*	5,39*
CV (%)	19,46	10,87	34,68	25,1	33,07	19,33

\*\* \* Significativo a 1 e 5% pelo teste F, respetivamente; ns não significativo pelo teste F.

Os resultados da ANOVA mostraram para as medidas de massa (MFPA, MFPR, MSPR e MSPA), portanto Cada uma dessas variáveis pode ter suas somas dos quadrados calculadas e, posteriormente, os quadrados médios são obtidos dividindo essas somas pelo respectivo grau de liberdade. as doses de adubação orgânica mostraram efeitos estatisticamente significativos. Esses resultados indicam que as diferentes doses de adubação orgânica resultaram em diferenças significativas na quantidade de matéria orgânica, tanto na parte aérea quanto na parte radicular do manjeriço. Tal característica foi observada no trabalho de (Santos; Santos; Lima; Nascimento & Carneiro, 2020) A análise das variáveis de fitomassa fresca e seca revela que o esterco caprino teve um impacto significativo no desenvolvimento do coentro.

Além disso, ao analisar o coeficiente de variação, observamos que, para todas as variáveis, exceto CPR (comprimento da parte radicular), são relativamente altos. Isso sugere uma variabilidade considerável nos dados, o que pode indicar que outros fatores além da adubação orgânica podem estar contribuindo para as diferenças observadas nas amostras. Em embora a adubação orgânica não pareça influenciar significativamente o comprimento da parte aérea e radicular do manjeriço, ela tem um impacto significativo na massa fresca e seca tanto da parte aérea quanto da parte radicular.

**Tabela 2.** Médias do desenvolvimento do manjeriço em diferentes dosagens de adubação orgânica em manjeriço (*Ocimum basilicum* L.) (CPA) comprimento de parte aérea, (CPR) comprimento de parte radicular, (MFPR) massa fresca de parte radicular, (MFPA) massa fresca de parte aérea, (MSPR) massa seca de parte radicular e (MSPA) massa fresca de parte aera.

Tratamentos	CPA (cm)	CPR (cm)	MFPA (g)	MFPR (g)	MSPA (g)	MSPR (g)
T1	29,45 a	22,29 a	21,25 a	2,20 a	2,82 ab	0,53 ab
T2	24,49 a	21,59 a	18,58 ab	1,89 a	2,89 ab	0,48 ab
T3	29,22 a	22,64 a	26,07 a	2,25 a	3,88 a	0,65 a
T4	19,90 a	19,66 a	7,63 b	1,26 a	1,46 b	0,36 b
T5	30,69 a	20,88 a	22,8 a	2,17 a	3,71 a	0,64 a
MÉDIA	26,75	21,41	19,3	1,95	2,95	0,53

Dosagem de esterco dos tratamentos T1- sem adição de esterco; T2- 10 t há<sup>-1</sup>; T3- 20 t há<sup>-1</sup>; T4- 30 t há<sup>-1</sup>; T5- 40 t há<sup>-1</sup>.

Ao examinar o comprimento da parte aérea (CPA), foi notado que os tratamentos exibiram valores não apresentou diferença estatística, no crescimento da parte aérea do manjeriço

Em relação ao comprimento da parte radicular (CPR), os dados revelam que não houve uma variação significativa entre os tratamentos, já que as médias foram próximas, sugerindo que os tratamentos aplicados não tiveram um impacto discernível no desenvolvimento das raízes do manjeriço, mantendo uma estabilidade relativa em seu crescimento.

Quanto à massa fresca da parte aérea (MFPA), é notável que os tratamentos T3 e T5 apresentaram as médias mais altas, indicando um impacto positivo desses tratamentos na produção de massa fresca da parte aérea do manjeriço, sugerindo que essas condições podem promover o desenvolvimento.

Massa fresca da parte aérea é a característica mais crucial para a comercialização. Dessa forma, mudas que estão mais desenvolvidas durante o período de transplante podem ter uma produtividade final maior. (Lêdo; Souza & Silva, 2000).

No que diz respeito à massa fresca da parte radicular (MFPR), não houve uma variação significativa entre os tratamentos, com médias próximas, indicando que os tratamentos aplicados não influenciaram substancialmente a produção de biomassa nas raízes do manjeriço, mantendo uma consistência relativa na produção de massa fresca nessa parte da planta.

O produto pode ser comercializado levando em consideração tanto a massa fresca quanto a massa seca das folhas, além disso, pode ser vendido em maços de acordo com as demandas do mercado (Favorito et al., 2011)

Por fim, em relação à massa seca da parte radicular (MSPR), os tratamentos T3 e T5 exibiram as médias mais altas. Esses resultados sugerem um possível efeito positivo dos tratamentos na produção de massa seca da parte radicular do manjeriço.

No entanto, é válido destacar que o tratamento T4 apresentou médias inferiores, sugerindo uma possível influência negativa (MFPA, MSPA e MFPR) do manjeriço. Isso indica que doses mais baixas de esterco caprino podem não ser tão eficazes quanto as doses mais altas, resultando em um desempenho



inferior em termos de crescimento e produção da planta. Este achado destaca a importância da dosagem adequada de adubo orgânico para maximizar a produtividade e a qualidade das culturas, como o manjeriço.

## CONCLUSÃO

Os tratamentos com doses mais altas de esterco caprino (T3 e T5) foram mais eficientes na produção de massa fresca e seca da parte aérea do manjeriço. Além disso, esses tratamentos também tiveram um impacto positivo na massa seca da parte radicular do manjeriço. No entanto, o tratamento T4 mostrou um valor inferior em relação ao comprimento da parte aérea do manjeriço, indicando uma possível influência negativa sobre essa variável. Portanto, a eficiência dos tratamentos dependeu da dosagem aplicada, mas de forma geral, as doses mais elevadas tiveram um impacto mais positivo na produção de biomassa do manjeriço.

## REFERÊNCIAS


- Alves, F. S. F., Pinheiro, R. R. (2008). O esterco caprino e ovino como fonte de renda. Embrapa
- Barbosa, J. C., Maldonado, J. W., (2015). AgroEstat Sistema para Análises Estatísticas de Ensaios Agronômicos. Jaboticabal: UNESP.
- Favorito, P. A., Echer, M. M., Offemann, L. C., Schindwein, M. D., Colombare, L.F.; Schineider, R. P., Hachmann, T. L., (2011). Características produtivas do manjeriço (*Ocimum basilicum* L.) em função do espaçamento entre plantas e entre linhas. *Revista Brasileira Plantas Mediciniais, Botucatu*, v.13, especial, p.582-586.
- Lêdo, F. J. S., Souza, J. A., Silva, M. R. (2000). Desempenho de cultivares de alface. *Horticultura Brasileira*, v. 18, n. 3, p. 225-228.
- Oliveira, F. T., Hafle, O. M., Mendonça, V., Moreira, J. N., Pereira, J. E. B., Maracajá, P. B. (2014). Produção de mudas de goiabeira com diferentes fontes e proporções de adubos orgânicos. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*. v. 9, n. 2, p. 111-116.
- Pereira, R. C. A., Moreira, A. L. M. (2011). Manjeriço cultivado e utilização. *Embrapa Agroindústria Tropical*. p. 31.
- Pereira, D. C. A., Wilsen neto, A. N. D., Nóbrega, L. H. P. (2013). Adubação orgânica e algumas aplicações agrícolas. *Varia Scientia Agrárias*, v. 3, n. 2, p. 159-174.
- Reis, J. B. et al. (2023). Desenvolvimento de mudas de variedades de alface em função de diferentes doses de esterco bovino e caprino. *Revista Craibeiras de Agroecologia*. v. 8, n. 1, p. e16429.
- Ribeiro, R. R. et al. (2019). Growth analysis of green-leaf lettuce under different sources and doses of organic and mineral fertilization. *Revista Colombiana de Ciências Horticolas*, v. 13, n. 2, p. 237-247.

- Santos, J. S., Santos, A. L., Lima, M. A. S., Nascimento, J. N. S., Carneiro, P. T., (2020). *Diversitas journal*. Santana do Ipanema/AL. vol. 5, n. 4, p.2439-2449.
- Silva, T. I. et al. (2019). Aspectos eco fisiológicos da *Ocimum basilico* sob estresse salino e ácido salicílico. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 2, e5633.
- Silva, J. E et al., (2020). Eficiência de substratos orgânicos no desenvolvimento do manjeriçao (*Ocimum basilicum* L.). *Diversitas-Journal*. v. 5, n. 3, p. 1442-1450.
- Souza, T. P., Neto, E. P. S., Silveira, L. R. S., Filho, E. F. D. S., Macarajá, P. B. (2014). Produção de alface em função de diferentes concentrações e tipos de biofertilizantes. *Revista Verde*. v. 9, n. 4, p. 168 – 172.
- Sobrinho, N. W., Santos, V. R., Júnior, J. C. M., Souto, J. S. (2009) Acúmulo de nutrientes nas plantas de milho em função da adubação orgânica e mineral. *Caatinga*, v. 22, n. 30, p. 107-110, Mossoró.
- Smith, W. B., Wilson, M., Pagliari, P., (2020). Organomineral fertilizers and their application to field crops. In: Waldrip, H. M., Pagliari, P. H., H. E., Z. *Animal Manure - Production, Characteristics, Environmental Concerns, and Management: Minnesota* v. 67, p. 229-243. Editora American Society of Agronomy.


# Potencial bioestimulante do extrato de *Cocos nucifera* L. sobre a germinação de *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.

Recebido em: 10/06/2024

Aceito em: 13/06/2024

 10.46420/9786585756402cap4

Vinicius Nunes Gomes 

Michele Aparecida dos Santos Nobrega 

Claudia Andrea Lima Cardoso 

Etenaldo Felipe Santiago 

## INTRODUÇÃO

Sementes são estruturas complexas com função de facilitar a dispersão das plantas, mantendo o embrião protegido (Lv et al., 2021). A produção e a germinação de sementes estão intimamente ligadas à sua capacidade de se dispersar no ambiente e sobreviver nos locais colonizados (Carrera-Castaño et al., 2020).

A germinação das sementes tem início com a entrada de água na semente e termina com a emergência da raiz primária (Rasera & Castro, 2020). Para que o processo ocorra, além da água, deve se levar em consideração fatores externos – como luz, água e temperatura (Alves et al., 2002; Hoppe & Brun, 2004) e fatores internos – como inibidores e promotores de germinação (Floriano, 2004). Segundo Araújo et al. (2016), entender como esses fatores influenciam no processo de germinação aumentam a eficiência da propagação das espécies no ambiente.

A qualidade de sementes de espécies florestais é de suma importância para processos de recuperação ambiental, uma vez que serão responsáveis pela formação de mudas capazes de sobreviver com maior facilidade em plantios de restauração (Vechiato & Parisi, 2013). Conhecer as espécies que são utilizadas em restauração ambiental, bem como as condições ideais de sementes, colaboram para garantir o sucesso de implantação, e consequentemente revitalização de ambientes (Faria et al., 2016; Paixão, Deminer & Sousa, 2019). Dentre as espécies recomendadas para plantios com enfoque em restauração de áreas degradadas, em virtude de suas características e potencial de desenvolvimento em diferentes condições, podemos destacar a canafístula.

*Peltophorum dubium* L., popularmente conhecida como canafístula, é uma espécie nativa arbórea da família Fabaceae, encontrada, principalmente em áreas de floresta estacional semidecidual. Tem um rápido crescimento e, por ser classificada como heliófita, é frequentemente utilizada em projetos de restauração e recuperação ambiental (Lorenzi, 1992). No que se refere ao seu processo germinativo, diferentes tratamentos podem otimizar essa etapa, tais como o emprego de extratos, hormônios e resíduos.

A fim de melhorar o potencial germinativo de sementes, estudos vêm sendo desenvolvidos utilizando extratos vegetais como biofertilizantes, bioherbicidas e no controle patológico (Ahmadu et al., 2020; Del Buono et al., 2021; Fernandes et al. 2023). Por exemplo, Paixão et al. (2019), Zainudin e Adini (2019) e Origenes e Lapitan (2020), observaram que o pré-tratamento com água de coco foi capaz de melhorar o potencial germinativo de jatobá, mamão e mabolo, respectivamente. Pesquisas recentes também visam a utilização do líquido da casca de coco verde no tratamento e produção de mudas (Santos, 2019; Andrade, 2021).

O coqueiro (*Cocos nucifera* L) é uma palmeira pertencente à família Arecaceae, nativa da Ásia, que foi inserida no Brasil em meados dos anos 50 (Pimenta et al., 2015). Seu fruto, popularmente conhecido como coco, é do tipo drupa e é fortemente utilizado na área alimentícia, artesanal, medicinal e cosmética (Siqueira, Aragão & Tupinambá, 2002; Fontes & Ferreira, 2006).

As cascas do coco verde representam cerca de 80% do seu peso (Ayrilmis et al., 2011; Cabral et al., 2017), e no Brasil, são descartadas pelo menos 7 milhões de toneladas desse resíduo por ano (Monteiro et al., 2017), gerando problemas por conta do volume de acúmulo e da demora na decomposição (Pannirselvam et al., 2005). Com isso, torna-se necessário estudos visando o aproveitamento desse resíduo.

Diante disso, o objetivo do estudo foi avaliar o efeito do extrato de *C. nucifera*, sobre a germinação de sementes de *P. dubium*.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### ***Extrato aquoso de Cocos nucifera L.***

Para obtenção das fibras de *C. nucifera*, frutos secos foram fatiados e em seguida processados em triturador de galhos/resíduos orgânicos. O extrato foi preparado adicionando 100 g das fibras em Becker de vidro contendo 2,1 L de água destilada. O Becker foi mantido em autoclave por 30 min em 1 atm a 121 °C. O extrato foi resfriado em temperatura ambiente por 24 h, filtrado em papel filtro e armazenado em frascos Erlenmeyer envoltos por papel alumínio e mantidos sob refrigeração à 4 °C.

O extrato bruto (EB) foi diluído em água destilada (AD) em diferentes proporções: i) 0:1 (controle); ii) 0,25:0,75; iii) 0,5:0,5; iv) 0,75:0,25; e v) 1:0 EB:AD, respectivamente.

A concentração de macro e micronutrientes, com exceção do N, foi determinada submetendo a amostra à digestão nítrico-perclórica, conforme metodologia descrita por Malavolta, Vitti e Oliveira (1989). No extrato nítrico-perclórico, a concentração de P foi determinada por meio de espectrofotometria do metavanadato + molibdato, a concentração de K foi obtida por meio de fotometria de emissão de chama e a concentração de S por meio da turbidimetria do sulfato de bário. Já para as concentrações de Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn, foi utilizado a técnica de absorção atômica. Para determinação da concentração de N, o extrato bruto foi submetido à digestão sulfúrica com posterior destilação do extrato pelo método micro Kjeldahl.

### ***Ensaio biológico***

Sementes de *P. dubium* foram coletadas em diferentes matrizes do município de Dourados/MS e armazenadas em *gerbox* mantidas à 4 °C para posterior utilização.

As sementes foram divididas em quatro repetições contendo 25 sementes, totalizando 100 sementes por tratamento. Para quebra de dormência foram submetidas à escarificação química em ácido sulfúrico por 10 min e, em seguida, foram lavadas três vezes em água corrente por um período de 3 min, secas e submetidas à embebição.

As sementes de cada repetição foram embebidas em 15 mL das diferentes diluições do EB, por um período de 5h. Há cada 30 min foram mensurados os seguintes parâmetros: a) pH, com auxílio de um pHmetro AK90; b) condutividade elétrica (CE), com auxílio de um condutivímetro AK51-V4.

Ao término da embebição as sementes foram novamente lavadas três vezes em água corrente por 3 min e novamente secas. Foram, então, mantidas em caixas *gerbox* transparente sobre duas camadas de papel-filtro cada, umedecidas a cada dois dias com água destilada. O experimento foi conduzido em B.O.D (Demanda Bioquímica de Oxigênio) com temperatura de 25,5 °C, fotoperíodo de 12 h, intensidade luminosa de 8,76 W/m<sup>2</sup> e radiação fotossinteticamente ativa de 47,7 μmol/ms<sup>2</sup>.

Foram realizadas contagens diárias, seguindo critério de emissão da raiz primária para obtenção do percentual de germinação (PG), sincronicidade de germinação e tempo médio de germinação (TM), seguindo metodologia de Ranal e Santana (2006).

### ***Análise estatística***

Para a análise estatística foi utilizado o *software* BioEstat 5.3. A comparação das variáveis com distribuição normal foi feita por meio de teste ANOVA seguido por teste de Tukey. Os dados que apresentaram variâncias desiguais foram submetidos a conversão em log<sub>10</sub>. As variáveis que apresentaram distribuição não-paramétrica ou que, mesmo após conversão, apresentaram variâncias desiguais foram submetidas ao teste de Kruskal-Wallis seguido por teste de Dunn. Para todos os testes foi considerado  $p \leq 0,05$ .

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### ***Análises físico-químicas***

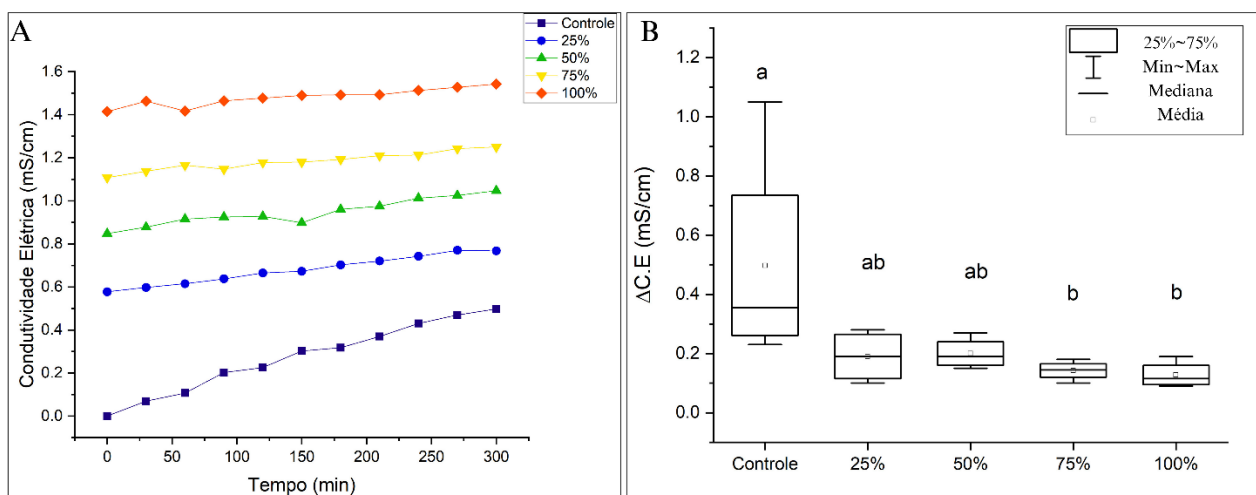
O extrato aquoso das fibras de *C. nucifera* se mostrou rico em macro e micronutrientes (Tabela 1). Entretanto a concentração desses compostos é menor em relação ao descrito para o substrato industrial Carolina Soil® (Franceschi et al., 2018).

**Tabela 1.** Concentração de macro e micronutrientes no extrato aquoso das fibras de *C. nucifera*. Fonte: os autores.

Nutrientes	Concentração*
N	1,48 mg/mL <sup>-1</sup>
P	0,12 mg/mL <sup>-1</sup>
K	1,14 mg/mL <sup>-1</sup>
Ca	0,24 mg/mL <sup>-1</sup>
Mg	0,99 mg/mL <sup>-1</sup>
S	0,99 mg/mL <sup>-1</sup>
Cu	0,38 µg/mL <sup>-1</sup>
Fe	5,45 µg/mL <sup>-1</sup>
Mn	1,47 µg/mL <sup>-1</sup>

Extratos elaborados com o endosperma líquido de *C. nucifera* são ricos em açúcares, lipídios, aminoácidos, ácidos orgânicos, enzimas e fitohormônios reguladores de germinação e crescimento (Tan et al., 2014; Taiz et al., 2021; Aishwarya, Seenivasan & Naik, 2022). Há estudos que indicam que o líquido da casca do coco verde é rico, principalmente em macronutrientes, mas também em açúcares redutores e taninos (Teixeira, 2007). Já o pó das cascas de *C. nucifera* é rico em macro e micronutrientes (Liyanaige & Pieris, 2015), sendo frequentemente utilizado na composição de substratos (Silva et al., 2018; Lima & Silva, 2020). Diante disso, supõe-se que extratos elaborados a partir da casca dos frutos de *C. nucifera* sejam indicados para o tratamento de sementes.

Ao longo do processo de embebição das sementes foi possível observar um aumento gradativo da condutividade elétrica da solução em todos os tratamentos (Figura 1a). Contudo, a variação da condutividade foi maior no controle (Figura 1b), indicando maior troca de íons entre a semente e a solução.

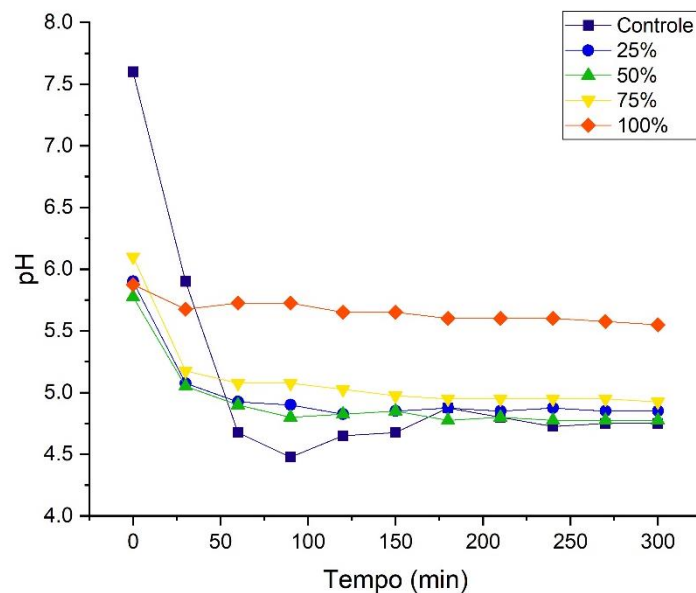


**Figura 1.** a) Condutividade elétrica da solução de embebição ao longo de cinco horas. b) Variação da condutividade elétrica ( $\Delta C.E.$ ) das soluções após cinco horas de embebição das sementes de *P. dubium*. Letras iguais não diferem entre si de acordo com análise de variância a 5%. Fonte: os autores.

A condutividade elétrica, apesar de ser um dos testes mais utilizados na determinação do vigor, avalia de forma indireta a qualidade fisiológica das sementes, pois, leva em consideração a quantidade de lixiviados na solução de embebição das sementes (Hampton & TeKrony, 1995; Santos & Paula, 2004; Baalbaki et al., 2009). Sendo assim, menores valores de condutividade podem estar associados a alto potencial fisiológico, indicando uma menor desorganização das membranas celulares (Marchi & Cicero, 2002; Silva et al., 2014; Krzyzanowski et al., 2020).

O maior valor de condutividade elétrica foi observado no extrato bruto, sendo observadas reduções de seus valores conforme a diminuição de sua concentração ao longo das diluições. Com a possibilidade de o extrato utilizado apresentar aminoácidos, açúcares e/ou outras moléculas (assim como o endosperma líquido do coco), e devido a concentração de macro e micronutrientes em sua composição, estas exercem influência sobre os íons presentes na solução, em termos de sua natureza química e concentração, causando assim o aumento da condutividade (Borella, Tur & Pastorini, 2010; Aishwarya, Seenivasan & Naik, 2022).

Avaliação do pH em soluções de embebição são de suma importância, pois valores elevados de acidez geram inibição da germinação (Silveira, Maia & Coelho, 2012). Segundo Nery, Carvalho, Nery e Pires (2013), os danos causados à germinação ocorrem quando o valor de pH é  $\leq 3,0$  ou  $\geq 9,0$ . Ao longo do período de embebição houve a acidificação da solução de todos os tratamentos ao longo do tempo (Figura 2), com o pH mantendo-se sempre próximo a 5,0.



**Figura 2.** Valores de pH da solução ao longo de cinco horas de embebição das sementes de *P. dubium*. Fonte: os autores.

Durante o período de embebição das sementes, aquelas com qualidade fisiológica adequada apresentam baixa lixiviação de solutos, levando a menores alterações no pH do meio (Santos et al., 2011). Conforme as membranas das sementes são deterioradas, a quantidade de metabólitos liberados aumenta, causando a diminuição no pH do meio de embebição (Matos, 2009).



É possível observar que para as soluções cuja concentração de extrato foi mais alta o valor de pH foi mais alto e a variação de condutividade elétrica mais baixa, indicando que a composição química do extrato influenciou nos parâmetros físicos das amostras. Como a concentração de íons e cátions era maior, a perda de sais das sementes para o meio foi menor, mantendo assim, o pH menos ácido e, conseqüentemente, causando menor variação da condutividade elétrica em relação às demais soluções.

Portanto, no que diz respeito à pH e a condutividade elétrica, as soluções de embebição deste estudo representavam condições adequadas para as sementes.

### **Ensaio germinativo**

As sementes de *P. dubium* embebidas nas soluções formuladas com 25% e 50% de proporção do extrato bruto apresentaram maiores porcentagens de germinação. A menor porcentagem germinativa foi observada nas sementes do grupo controle (Tabela 2).

**Tabela 2.** Germinação (G), tempo médio de germinação (TM) e índice de sincronidade de germinação (Z) para sementes de *P. dubium* embebidas em diferentes concentrações de extrato de *C. nucifera*. Fonte: os autores.

Tratamento	G (%)	TM (dias <sup>-1</sup> )	Z (u.a)
T1 – Controle (0% EB)	77±6 b*	3.49±0,48 a*	0.3±0.06 c
T2 – 25% EB	96±8 a	2.25±0,14 b	0,73±0,27 a
T3 – 50% EB	97±3,8 a	2.18±0,38 b	0,6±0,17 ab
T4 – 75% EB	92±4,6 a	2.49±0,17 ab	0,45±0,04 bc
T5 – Extrato Bruto (EB)	92±4,6 a	2.65±0,45 ab	0,61±0,07 ab

\*Letras iguais na mesma coluna não diferem entre si de acordo com ANOVA ou Kruskal-Wallis ( $p \geq 0,05$ ).

As sementes do grupo controle apresentaram um tempo médio de germinação maior em relação aos demais tratamentos, diferindo estatisticamente apenas dos tratamentos preparados com 25% e 50% de extrato bruto. Os grupos T4 e T5 não diferiram dos demais tratamentos. (Tabela 2).

O tempo médio de germinação indica, em dias, o tempo que a semente irá demorar para emergir, com isso, quanto maior seu valor, maior será o tempo de formação da plântula (Ranal & Santana, 2006). Sendo assim, observa-se que a embebição de sementes no extrato de *C. nucifera* surtiu efeito positivo na diminuição do tempo médio de germinação de sementes de *P. dubium*, reduzindo-o de 3 dias para 2 dias.

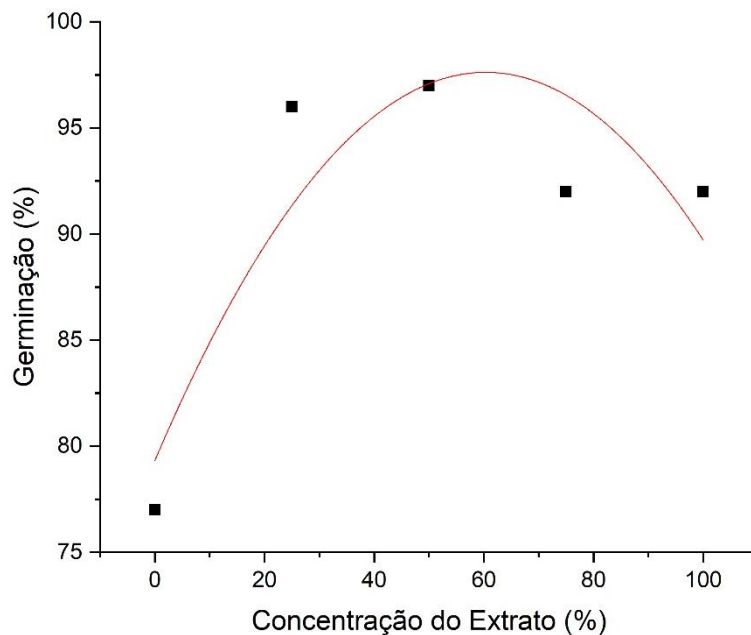
As sementes embebidas na solução preparada com 25% do extrato obtiveram um melhor índice de sincronidade de germinação, diferindo estatisticamente ( $F = 10,6117$ ;  $p = 0,0005$ ) dos índices dos grupos T1 e T4, que não diferiram entre si. Já os índices dos grupos T3 e T5 diferiram apenas do índice do grupo controle (Tabela 2).

Segundo Ranal e Santana (2006), no cálculo de índice de sincronidade, o valor  $Z = 1$ , indica que as sementes germinaram ao mesmo tempo. Portanto as sementes embebidas nas concentrações mais

baixas do extrato apresentaram um índice de sincronidade maior em relação as sementes do grupo controle, mostrando resultados positivos na utilização do extrato para o tratamento das sementes.

As soluções de embebição com diferentes concentrações de extrato aquoso das fibras de *C. nucifera* tiveram efeito positivo na germinação, aumentando a capacidade germinativa da espécie. Sementes de *P. dubium* quando testadas com extratos aquosos de *Acacia mangium* Wild. (Santos, 2019), *Leucaena leucocephala* (Lam.) R. de Wit. e *Havenia dulcis* Thunb. (Ribeiro et al., 2019), não apresentaram efeito significativo nas taxas germinativas, indicando o potencial do extrato aquoso das fibras de *C. nucifera* como bioestimulante da germinação.

É possível observar que houve ajuste quadrático ( $R^2 = 0,5911$ ) da porcentagem de germinação, indicando que para uma melhor eficiência germinativa de *P. dubium*, deve-se utilizar aproximadamente 60% do extrato bruto de *C. nucifera* para o tratamento das sementes de *P. dubium* (Figura 3).



**Figura 3.** Porcentagem de germinação de sementes de *P. dubium* em relação a concentração de extrato bruto das fibras de *C. nucifera* utilizada no preparo da solução de embebição. Fonte: os autores.

## CONCLUSÃO

O extrato aquoso das fibras de *C. nucifera* apresenta todos os macronutrientes, sendo nitrogênio e potássio os mais abundantes, e apenas três micronutrientes (Cu, Fe e Mn).

O uso do extrato aquoso de *C. nucifera* desde a menor concentração causou efeito positivo na germinação de sementes de canafistula, afetando diretamente a taxa germinativa, o tempo médio e índice de sincronidade da germinação, sendo a concentração de 60% do extrato bruto a mais eficaz no tratamento das sementes.

## AGRADECIMENTOS

Agradecimentos ao Programa Institucional de Bolsas aos Alunos de Pós-Graduação da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (PIBAP/UEMS) e à Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro ao primeiro autor.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahmadu, T., Ahmad, K., Ismail, S. I., Rashed, O., Asib, N., & Omar, D. (2020). Antifungal efficacy of Moringa oleifera leaf and seed extracts against Botrytis cinerea causing gray mold disease of tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Brazilian Journal of Biology*, 81(4), 1007-1022. DOI: 10.1590/1519-6984.233173
- Aishwarya, P. P., Seenivasan, N., & Naik, D. S. (2022). Coconut water as a root hormone: Biological and chemical composition and applications. *Magnesium (mg/100mL)*, 22(20.87), 31-65.
- Alves, E. U., Paula, R. C., Oliveira, A. P., Bruno, R. L. A., & Diniz, A. A. (2002). Germinação de sementes de *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth. em diferentes substratos e temperaturas. *Revista Brasileira de Sementes*, 24, 169-178. DOI: 10.1590/S0101-31222002000100025
- Andrade, H. A. F. D. (2021). *Potencial do uso do líquido da casca do coco verde na cultura do Coqueiro-anão*. Dissertação, UFC, Fortaleza, Ceará, Brasil.
- Araújo, A. M. S., Assis, L. C. D. S. L. C., Nogueira, N. W., Freitas, R. M. O. D., & Torres, S. B. (2016). Substrates and temperatures for the germination of seeds of *Senegalia tenuifolia* (L.) Britton & Rose. *Revista Caatinga*, 29(01), 113-118. DOI: 10.1590/1983-21252016v29n113rc
- Ayrilmis, N., Jarusombuti, S., Fueangvivat, V., Bauchongkol, P., & White, R. H. (2011). Coir fiber reinforced polypropylene composite panel for automotive interior applications. *Fibers and polymers*, 12, 919-926. DOI: 10.1007/s12221-011-0919-1
- Baalbaki, R. Z.; Elias, S. G.; Marcos-Filho, J.; Mcdonald, M. B. *Seed vigour testing handbook*. Ithaca: Association of Official Seed Analysts, 2009.
- Borella, J., Tur, C. M., & Pastorini, L. H. (2010). Alelopatia de extratos aquosos de *Duranta repens* sobre a germinação e o crescimento inicial de *Lactuca sativa* e *Lycopersicum esculentum*. *Biotemas*, 23(2), 13-22. DOI: 10.5007/2175-7925.2010v23n2p13
- Cabral, M. M. S., Abud, A. K. S, Rocha, M. S. R. S., Almeida, R. M. R. G., & Gomes, M. A. (2017). Composição da fibra da casca de coco verde in natura e após pré-tratamentos químicos. *Engevista*, 19(1), 99-108. DOI: 10.22409/engevista.v19i1.802
- Carrera-Castaño, G., Calleja-Cabrera, J., Pernas, M., Gómez, L., & Oñate-Sánchez, L. (2020). An updated overview on the regulation of seed germination. *Plants* (Basel) 9 (6), 703. DOI: 10.3390/plants9060703

- Del Buono, D., Bartucca, M. L., Ballerini, E., Senizza, B., Lucini, L., & Trevisan, M. (2021). Physiological and biochemical effects of an aqueous extract of *Lemna minor* L. as a potential biostimulant for maize. *Journal of Plant Growth Regulation*, *41*, 3009-3018. DOI: 10.1007/s00344-021-10491-3
- Faria, J. C. T., Caldeira, M. V. W., Delarmelina, W. M., & Rocha, R. L. F. (2016). Substratos alternativos na produção de mudas de *Mimosa setosa* Benth. *Ciência Florestal*, *26*(4), 1075-1086. DOI: 10.5902/1980509824996
- Fernandes, S. Y., de Araújo, D., Pontes, M. S., Santos, J. S., Cardoso, C. A., Simionatto, E., Martines, M. A. U., Antunes, D. R., Grillo, R., Arruda, G. J., & Santiago, E. F. (2023). Pre-emergent bioherbicide potential of *Schinus terebinthifolia* Raddi essential oil nanoemulsion for *Urochloa brizantha*. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, *47*, 102598. DOI: 10.1016/j.bcab.2022.102598
- Floriano, E. P. (2004). Germinação e dormência de sementes florestais. *Caderno didático*, *1*(2).
- Fontes, H. R., Ferreira, J. M. S. (2006). *A cultura do coqueiro*. Empraba, Brasília, Distrito Federal, Brasil.
- Franceschi, É., Missio, E. L., Steffen, G. P. K., Maldaner, J., de Moraes, R. M., Roubuste, R. R., & Fermino, M. H. (2018). Vermicomposto na composição do substrato para produção de mudas de *Schinus terebinthifolius*. *Pesquisa Florestal Brasileira*, *38*. DOI: 10.4336/2018.pfb.38e201801653
- Hampton, J. G., & TeKrony, D. M. (Eds.). (1995). *Handbook of vigour test methods*. Zurich: International Seed Testing Association.
- Hoppe, J. M., & Brun, E. J. (2004). Produção de sementes e mudas florestais. *Caderno didático*, *1*(2).
- Krzyzanowski, F. C., Vieira, R. D., França-Neto, J. D. B., & Marcos-Filho, J. (2020). *Vigor de sementes: conceitos e testes*. Londrina: Abrates.
- Lima, D. F., & Silva, M. A. M. (2020). Coconut powder and fiber as substrate components for the production seedlings of caatinga species. *Scientia Plena*, *16*(10). DOI: 10.14808/sci.plena.2020.100203
- Liyanage, C. D., & Pieris, M. (2015). A physico-chemical analysis of coconut shell powder. *Procedia Chemistry*, *16*, 222-228. DOI: 10.1016/j.proche.2015.12.045
- Lorenzi, H. (1992). *Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. Nova Odessa: Instituto Plantarum.
- Lv, Y., Pan, J., Wang, H., Reiter, R. J., Li, X., Mou, Z., Zhang, J., Yao, Z., Zhao, D., & Yu, D. (2021). Melatonin inhibits seed germination by crosstalk with abscisic acid, gibberellin, and auxin in *Arabidopsis*. *Journal of Pineal Research*, *70*(4), e12736. DOI: 10.1111/jpi.12736
- Malavolta, E., Vitti, G. C., & Oliveira, S. D. (1989). *Avaliação do estado nutricional das plantas; princípios e aplicações*. Piracicaba: Potafos.
- Marchi, J. L., & Cícero, S. M. (2002). Procedimentos para a condução do teste de condutividade elétrica em sementes. *Informativo Abrates*, *12*(1-3), 20-27.
- Matos, J. M. D. M. (2009). Avaliação da eficiência do teste de pH de exsudato na verificação de viabilidade de sementes florestais. Dissertação, UnB, Brasília, Distrito Federal, Brasil.


- Monteiro, M. S., de Farias, R. F., Chaves, J. A. P., Santana, S. A., Silva, H. A., & Bezerra, C. W. (2017). Wood (*Bagassa guianensis* Aubl) and green coconut mesocarp (*Cocos nucifera*) residues as textile dye removers (Remazol Red and Remazol Brilliant Violet). *Journal of environmental management*, 204(1), 23-30. DOI: 10.1016/j.jenvman.2017.08.033
- Nery, M. C., Carvalho, M. L. M., Nery, F. C., & Pires, R. M. O. (2013). Potencial alelopático de *Rapbanus sativus* L. var. oleiferus. *Abrates*, 23(1), 15-19.
- Origenes, M. G., & Lapitan, R. L. (2020). Effect of Coconut Water on Pre-Sowing Treatments Additive on Seed Germination and Initial Seedlings Growth Performance of Kamagong (*Diospyros discolor*). *Asian. J. of Research in Agric. and Forestry*, 6(4), 58-71. DOI: 10.9734/AJRAF/2020/v6i430116
- Paixão, M. V. S., Demuner, F. M., & de Sousa, P. (2019). Tratamentos pré germinativos na germinação de sementes de cacau. *International Journal of Advanced Engineering Research and Science*, 6(6), 130-134. DOI: 10.22161/ijaers.6.6.13
- Pannirselvam, P. V., Lima, F. A. M., Dantas, B. S., Santiago, B. H. S., Ladchumananadasivam, F. M., & FERNANDES, M. (2005). Desenvolvimento de projeto para produção de fibra de coco com inovação de tecnologia limpa e geração de energia. *Revista Analytica*, 15, 56-62.
- Pimenta, A. S., Santos, R. C. D., Carneiro, A. C. D. O., & Castro, R. V. O. (2015). Utilização de resíduos de coco (*Cocos nucifera*) carbonizado para a produção de briquetes. *Ciência Florestal*, 25, 137-144. DOI: 10.1590/1980-509820152505137
- Ranal, M. A., & Santana, D. G. D. (2006). How and why to measure the germination process?. *Brazilian Journal of Botany*, 29, 1-11. DOI: 10.1590/S0100-84042006000100002
- Rasera, G. B., & de Castro, R. J. S. (2020). Germinação de grãos: uma revisão sistemática de como os processos bioquímicos envolvidos afetam o conteúdo e o perfil de compostos fenólicos e suas propriedades antioxidantes. *Brazilian Journal of Natural Sciences*, 3(1), 287-287. DOI: 10.31415/bjns.v3i1.90
- Ribeiro, V. M., Valmorbidia, R., Hartmann, K. C. D., Porto, E. C., Almeida, J., Corsato, J. M., & Fortes, A. M. T. (2019). Efeito alelopático de *Leucaena leucocephala* e *Hovenia dulcis* sobre germinação de *Mimosa bimucronata* e *Peltophorum dubium*. *Iberingia, Série Botânica*, 74. DOI: 10.21826/2446-82312019v74e2019006
- Santos, J. F. D., Alvarenga, R. O., Timóteo, T. S., Conforto, E. D. C., Marcos Filho, J., & Vieira, R. D. (2011). Avaliação do potencial fisiológico de lotes de sementes de soja. *Revista Brasileira de Sementes*, 33, 743-751. DOI: 10.1590/S0101-31222011000400016
- Santos, M. J. M. (2019). *Aproveitamento do líquido da casca do coco verde (LCCV) na produção de mudas de tomateiro*. Monografia, UFS, São Cristóvão, Sergipe, Brasil.


- Santos, S. R. G. D., & Paula, R. C. D. (2005). Teste de condutividade elétrica para avaliação da qualidade fisiológica de sementes *Sebastiania commersoniana* (Bail) Smith & Downs-Euphorbiaceae. *Revista brasileira de Sementes*, 27, 136-145. DOI: 10.1590/S0101-31222005000200020
- Silva, A. V. C. D., Soares, A. N. R., Cardoso, M. N., Melo, M. F. D. V., Muniz, E. N., & Ledo, A. D. S. (2018). Evaluation of substrates for Jenipapo (*Genipa americana* L.) seedlings production. *Journal of Agricultural Science*, 10(2), 352. DOI: 10.5539/jas.v10n2p352
- Silva, V. N., Zambiasi, C. A., Tillmann, M. A. A., Menezes, N. L., & Villela, F. A. (2014). Condução do teste de condutividade elétrica utilizando partes de sementes de feijão. *Revista de Ciências Agrárias*, 37(2), 206-213. DOI: 10.19084/rca.16816
- Silveira, P. F., Maia, S. S. S., & Coelho, M. D. F. B. (2012). Potencial alelopático do extrato aquoso de cascas de jurema preta no desenvolvimento inicial de alface. *Revista Caatinga*, 25(1), 20-27.
- Siqueira, L. A., Aragão, W. M., Tupinambá, E. A. (2002). *A Introdução do coqueiro no Brasil: importância histórica e agrônômica*. Embrapa, Aracajú, Sergipe, Brasil.
- Taiz, L., Zeiger, E., Möller, I. M., & Murphy, A. (2021). *Fundamentos de Fisiologia Vegetal*. Artmed Editora.
- Tan, S. N., Yong, J. W. H., Ge, L., & Liya, F. (2014). Analyses of Phytohormones in Coconut (*Cocos nucifera* L.) Water Using Capillary Electrophoresis-Tandem Mass Spectrometry. *Chromatography*, 1 (4), 211–226. DOI: 10.3390/chromatography1040211
- Teixeira, R. B. (2007). *Fermentação alcoólica utilizando líquido da casca de coco verde como fonte de nutrientes*. Dissertação, UFRN, Natal, Rio Grande do Norte, Brasil.
- Vechiato, M. H., & Parisi, J. J. D. (2013). Importância da qualidade sanitária de sementes de florestais na produção de mudas. *O Biológico*, 75(1), 27-32.
- Zainudin, A., & Adini, A. A. (2019). The response of seed germination and seedling growth of papaya (*Carica papaya* L.) CV Calina to the concentration treatments and the duration of seed soaked in coconut water. *Journal of Tropical Crop Science and Technology*, 1(1), 1-7. DOI: 10.22219/jtcst.v1i1.7871


# Qualidade física do solo em diferentes sistemas de produção e épocas do ano

Recebido em: 16/05/2024

Aceito em: 29/05/2024

 10.46420/9786585756402cap5

Angélica Araújo Queiroz 

Shoraia Germani Winter 

## INTRODUÇÃO

O segmento agrícola destaca-se por abranger um dos principais ramos da economia, socioculturais e econômicos do mundo. A agricultura é fundamental para a produção de alimentos, além de, ser fonte de matéria prima para fabricação de vários produtos vinculados à indústria têxtil, à medicina, construções civis, entre diversos outros setores. Dentre as áreas atreladas à agronomia, vale ressaltar a importância do estudo da ciência do solo, sobretudo seus atributos físicos, uma vez que influenciam significativamente no desempenho produtivo das lavouras e manejos agrícolas (Epstein & Bloom, 2006).

O solo é um recurso natural que suporta todos os ecossistemas terrestres. Quando o sistema solo é cuidadosamente manejado, ele se torna um recurso natural reutilizável, porém quando mal manejado não é considerado um recurso natural renovável (Brady & Weil, 2013).

Diferentes propriedades físicas do solo têm sido usadas na quantificação da sua qualidade física (Topp & Zebchuk, 1979); dentre estas, a densidade e a porosidade são as mais amplamente utilizadas. E do ponto de vista biológico, um solo com boa qualidade física requer balanço entre aeração e retenção de água, além de resistência do solo à penetração não impeditiva ao crescimento e às funções fisiológicas das raízes (Letey, 1985).

Os atributos físicos do solo, relacionadas com a produtividade de culturas, podem ser divididos em duas categorias (Letey, 1985), em atributos relacionados diretamente ao desenvolvimento das culturas e atributos relacionados indiretamente ao desenvolvimento das culturas.

Segundo Singer e Ewing (2000), os atributos mais utilizados como indicadores de qualidade física do solo (QFS) deveriam ser aqueles que consideram a profundidade efetiva de enraizamento, porosidade total, distribuição e tamanho dos poros, distribuição do tamanho das partículas, densidade do solo, resistência do solo à penetração das raízes, intervalo hídrico ótimo, índice de compressão e estabilidade dos agregados.

Segundo Kiehl (1979), a densidade do solo se situa no intervalo de 1,1 a 1,6 Mg m<sup>-3</sup> em solos minerais e assume valores superiores a 1,6 Mg m<sup>-3</sup> em solos arenosos. De maneira similar à densidade, outro atributo físico do solo que sofre alterações com a degradação da sua estrutura é a porosidade; em



geral, a degradação da estrutura do solo resulta na sua compactação o que ocasiona redução do volume de macroporos e mudanças na continuidade e distribuição de poros (Dexter, 2004).

Além de reduzir a quantidade de água disponível o solo degradado reduz a taxa de difusão do oxigênio e aumenta a resistência do solo à penetração de raízes, o que pode limitar o crescimento das plantas mesmo que haja disponibilidade de água na faixa de potencial considerada como água disponível; assim, para melhor caracterizar os efeitos de uso e manejo que influenciam a degradação e a qualidade física do solo, são necessárias medidas integradoras das modificações decorrentes, ou seja, as relativas à taxa de difusão do oxigênio e à impedância mecânica sobre os sistemas radiculares (Araújo, Tormenta & Silva, 2004).

A cobertura vegetal do solo pode interferir nas propriedades físicas do solo, contudo o conteúdo de matéria orgânica não é propriamente um indicador de qualidade física do solo, mas influencia direta e indiretamente várias propriedades que estabelecem a sua qualidade física (Christensen & Johnston, 1997).

A diferença entre as espécies vegetais em influenciar na agregação do solo pode ser devido à qualidade do material orgânico sintetizado pelas raízes das diversas culturas ou à configuração das raízes, especialmente na proporção das raízes laterais (Wohlenberg et al., 2004).

Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho foi de avaliar em diferentes épocas do ano, na estação seca e na estação chuvosa, a porosidade, a umidade, a densidade e temperatura do solo em áreas cultivadas com frutíferas e sistema agroflorestal no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro – *Campus* Uberlândia.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido nas áreas de Fruticultura e Sistema Agroflorestal do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro (IFTM)– *Campus* Uberlândia, localizado na Fazenda Sobradinho, Zona Rural de Uberlândia – MG à 18°46'07" de latitude Sul e 48°17'40" de longitude oeste, com altitude média de 650 m. A pluviosidade média da região é de aproximadamente 1580 mm, com temperatura média anual de 22,30 °C.

O clima segundo a classificação de Köppen (1936) é tropical, apresentando invernos secos e verões chuvosos (Aw). De acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2018), os solos do *campus* Uberlândia, são classificados em sua maioria como Latossolo Vermelho Distróférrico e textura argilosa a muito argilosa, com material de origem de rochas máficas, básicas identificadas como basalto.

As áreas de realização do projeto eram em áreas já implantadas com as culturas do citros, bananeira, goiabeira e sistema agroflorestal do IFTM.

A área estabelecida com o cultivo de bananas (banana cv. Terra), denominada área da bananeira, foi estabelecida em dezembro de 2012 no espaçamento 3,0 x 2,5 m, sendo o sistema de irrigação da área por aspersão. Como manejo é realizado nas entrelinhas a roçagem, mantendo cobertura vegetal e

periodicamente a área é adubada com fertilizantes químicos e orgânicos de acordo com os resultados de análise de solo.

A área de citros era composta pelas culturas de laranja, limão e tangerina no qual tinha como espaçamento entrelinhas 2 m e entre plantas de 1 m. A entrelinha era mantida roçada, com cobertura vegetal sendo que não havia aplicações de fertilizantes químicos uma vez que a área foi retirada em 2021.

A área da goiabeira foi instalada em 2004, sendo o pomar de goiaba cultivar Sassaoka, espaçadas por 60 cm x 60 cm x 60 cm. Periodicamente as plantas eram cortadas para melhorar o arejamento e diminuir a incidência de doenças, assim como eram realizadas podas para induzir a frutificação. Além disso eram feitas adubações anuais de acordo com os resultados das análises químicas do solo, que apresentaram as seguintes características: P = 1,5 g kg<sup>-1</sup>; K = 13,5 g kg<sup>-1</sup>; N = 14,0 g kg<sup>-1</sup>; Ca = 13,1 g kg<sup>-1</sup>; Mg = 4,0 g kg<sup>-1</sup>; B = 27 mg kg<sup>-1</sup>; Cu = 31 mg kg<sup>-1</sup>; Fe = 354 mg kg<sup>-1</sup>; Mn = 136 mg kg<sup>-1</sup>; Zn = 29 mg kg<sup>-1</sup>.

A área da agrofloresta foi estabelecida em março de 2017, em uma área essencialmente de bioma Cerrado, convertido em antigo pasto. Consiste em um sistema agroecológico sucessional (caracterizado por alta diversidade com manejo baseando-se na sucessão natural das espécies), com tamanho de aproximadamente 600 m<sup>2</sup>. A área apresenta as seguintes características químicas: pH (6,2); P = 3,3 mg.dm<sup>-3</sup>; K = 0,60 Cmolc.dm<sup>-3</sup>; Ca = 2,4 Cmolc.dm<sup>-3</sup>; Mg = 1,0 Cmolc.dm<sup>-3</sup>; Al = 0,09 Cmolc.dm<sup>-3</sup> e H + Al = 2,2 Cmolc.dm<sup>-3</sup>. O lote está localizado entre 18° 55' 8" S e 48° 16' 37" W, com altitude aproximada, em torno, de 650 a 660 m.

O delineamento experimental utilizado foi em esquema fatorial 4x2, sendo quatro áreas de manejo: citros, bananeira, goiabeira e agroflorestral com 4 blocos ao acaso em duas épocas do ano, seca e chuvosa. As amostras de solo foram coletadas em 12 pontos dentro das áreas estabelecidas com os quatro manejos de culturas. Foi amostrado em cada bloco três pontos, sendo realizado a média desses três pontos, considerando assim, para a análise estatística, 1 ponto, totalizando 48 amostras experimentais.

As coletas de solo (deformadas e indeformadas) foram realizadas nas linhas e entrelinhas de cultivo das culturas, a partir da estação chuvosa na região, que se inicia em meados dos meses de setembro/outubro e se estende até março/abril do próximo ano e a estação seca que se inicia em março/abril e vai até setembro do ano seguinte. As amostras foram coletadas no período seco no mês de setembro de 2020, e conforme apresentados pelo INMET, o índice pluviométrico na época da amostragem foi de 0 mm (MAPA, 2023).

A amostragem de solo deformada e indeformada foram realizadas a 10 cm de profundidade, conforme Teixeira et al. (2017).

Foram analisados os seguintes parâmetros de qualidade física do solo: densidade de partículas (Dp), densidade do solo (Ds), umidade atual do solo (U), porosidade total (PT) e temperatura em graus °C (T).

A porosidade total (Pt) foi calculada a partir da relação entre a densidade do solo (Ds) e a densidade de partículas (Dp), através da equação:  $Pt = 1 - (Ds/Dp)$ . A densidade do solo (Ds) foi determinada pelo método do anel volumétrico (Blake & Hartge, 1986). A densidade de partículas (Dp) foi determinada pelo método do balão volumétrico Teixeira et al., (2017). A temperatura do solo foi avaliada nos períodos mais frescos do dia, antes das 10 horas da manhã, sendo que sua aferição foi feita com termômetro de haste, ao lado dos pontos de coleta das amostras, conforme metodologia preconizada pela Teixeira et al. (2017).

As análises físicas das amostras foram realizadas no laboratório de Solos do IFTM, *Campus* Uberlândia.

Os dados obtidos foram submetidos às análises estatísticas para posterior interpretação dos resultados. As médias das análises foram comparadas com a aplicação do teste de F e teste de Tukey a 5% de probabilidade, com o programa estatístico ASSISTAT® (Silva & Azevedo, 2016).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com relação à densidade do solo (Ds), pode-se verificar (Tabela 1), que houve diferença estatística para este parâmetro de qualidade do solo.

Analisando a Tabela 1, as áreas estabelecidas com bananeiras e agrofloresta, apresentam Ds maiores. E analisando as épocas de amostragem, verifica-se que apenas para a área cultivada com citros houve diferença na Ds em função deste parâmetro.

**Tabela 1.** Densidade do solo (Ds) nas áreas de Fruticultura e agrofloresta do IFTM, *Campus* Uberlândia, 2021. Fonte: autoria própria.

Épocas	Culturas				D.M.S.
	Citros	Bananeira	Goiabeira	Agrofloresta	
DENSIDADE DO SOLO em g cm <sup>-3</sup>					
<b>Seca</b>	1,3050 Ab	1,6175 Aa	1,0850 Ac	1,6750 Aa	<b>0,0736</b>
<b>Chuva</b>	1,0000 Bc	1,6363 Aa	1,0945 Ab	1,6825 Aa	
<b>D.M.S.</b>			<b>0,0549</b>		
<b>c.v %</b>			<b>2,69</b>		

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não difere estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. D.M.S.- Diferença mínima significativa. C.V. - Coeficiente de variação em %.

Conforme Hamza e Anderson (2005) a densidade do solo em ambientes não cultivados é uma propriedade física que depende dos fatores e processos pedogenéticos. O manejo inadequado pode compactar o solo, expresso pelo aumento da densidade devido ao pisoteio animal, tráfego de máquinas e implementos agrícolas, cultivo intensivo e sistema de manejo inadequado.

Efeitos mais pronunciados de compactação de solo são observados quando o solo é cultivado sob sucessão de culturas. Em sistemas com rotação de culturas e uso de plantas de cobertura, pode melhorar a qualidade química (Bayer & Mielniczuk, 1997; Bayer, Mielniczuk & Pavinato, 1998) e física do solo (Tormena, Friedrich, Pintro, Costa & Fidalski, 2004; Argenton, Albuquerque, Bayer & Wildner, 2005), mas, em curto prazo, isso não foi observado por Genro Junior, Reinert e Reichert (2004).

O desenvolvimento da planta não depende exclusivamente da densidade do solo. Contudo, caso o solo apresente densidade que dificulte o desenvolvimento do sistema radicular, a infiltração de água no solo e a circulação de ar no solo, pode comprometer o adequado desenvolvimento de uma planta.

Argenton et al. (2005) constataram que, em Latossolo Vermelho argiloso, a deficiência de aeração inicia-se com densidade do solo próxima de  $1,30 \text{ Mg m}^{-3}$ . Reichert, Reichert, Reinert e Braida (2003) propuseram densidade do solo crítica para algumas classes texturais:  $1,30$  a  $1,40 \text{ Mg m}^{-3}$  para solos argilosos,  $1,40$  a  $1,50 \text{ Mg m}^{-3}$  para os franco-argilosos e de  $1,70$  a  $1,80 \text{ Mg m}^{-3}$  para os franco-arenosos.

Basendo-se nestes valores críticos, pode-se notar que apenas as áreas cultivadas com citros e goiabeira, apresentaram valores de  $D_s$  para a classe textural de solos argilosos  $1,30$  a  $1,40 \text{ Mg m}^{-3}$ , indicando que nestas áreas não estava ocorrendo restrição de aeração no solo para o sistema radicular das plantas. Solos com maior densidade podem conferir maiores resistências ao livre desenvolvimento radicular.

Uma hipótese do estudo era de que na área de agrofloresta haveria uma menor  $D_s$  do solo, pelo uso de um sistema que proporciona maior cobertura do solo, o que não foi constatado. Porém, vale ressaltar que a área de agrofloresta foi estabelecida em 2018 nesta área, período que pode ser considerado curto para recuperar a qualidade física deste Latossolo Vermelho distrófico, como observado por Genro Junior et al. (2004).

É importante considerar que o benefício da inclusão das plantas de cobertura está relacionado com o aumento da porosidade do solo devido ao maior incremento de matéria orgânica do solo.

Quanto à densidade de partículas do solo ( $D_p$ ), (Tabela 2), verifica-se que os valores variam de  $2,98$  a  $2,63 \text{ g cm}^{-3}$ , sendo a área cultivada com citros a que apresentou maiores valores de  $D_p$ , e a área de agrofloresta o menor valor ( $2,63 \text{ g cm}^{-3}$ ).

**Tabela 2.** Densidade de partículas (Dp) nas áreas de Fruticultura e agrofloresta do IFITM, *Campus* Uberlândia, 2021. Fonte: autoria própria.

Épocas	Culturas				D.M.S.
	Citros	Bananeira	Goiabeira	Agrofloresta	
DENSIDADE DE PARTICULAS em g cm <sup>-3</sup>					
Seca	2,98 Aa	2,68 Ab	2,65 Ab	2,63 Ab	<b>0,1430</b>
Chuva	2,76 Ba	2,67 Aa	2,70 Aa	2,66 Aa	
D.M.S.	<b>0,1067</b>				
c.v %	<b>2,67</b>				

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não difere estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. D.M.S.- Diferença mínima significativa. C.V. - Coeficiente de variação em %.

A Dp está diretamente relacionada a composição mineralógica dos solos, e não são influenciadas diretamente pelo manejo dos solos. Geralmente varia de 2,3 a 2,9 g cm<sup>-3</sup>, tendo em média valores de 2,65 g cm<sup>-3</sup>. Os principais constituintes minerais do solo, quartzo, feldspatos e silicatos, e que determinam este valor médio de 2,65 g cm<sup>-3</sup>. Assim, nota-se que todas as áreas analisadas estão dentro da variação de Dp para solos minerais. E esta foi principalmente calculada, para a determinação da porosidade total do solo.

Conforme apresentado na Tabela 3, a porosidade total (Pt) teve seus valores variando de 0,36 a 0,6355 (cm cm<sup>-3</sup>). Observou-se dessa forma, que a Pt do solo foi influenciada pelas culturas e pela época do ano.

**Tabela 3.** Porosidade total (Pt) do solo nas áreas de frutíferas e sistema agroflorestral do IFITM - *Campus* Uberlândia, 2021. Fonte: autoria própria.

Épocas	Culturas				D.M.S.
	Citros	Bananeira	Goiabeira	Agrofloresta	
POROSIDADE em cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup>					
Seca	0,4325 Ac	0,6000 Ab	0,4075 Ac	0,6325 Aa	<b>0,0291</b>
Chuva	0,3625 Bd	0,6038 Ab	0,4083 Ac	0,6355 Aa	
D.M.S.	<b>0,0217</b>				
c.v %	<b>2,89</b>				

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não difere estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. D.M.S.- Diferença mínima significativa. C.V. - Coeficiente de variação em %.

Quanto à influência da Pt pelas culturas, constatou-se maiores valores de porosidade total nas áreas de cultivo do sistema agroflorestral e bananeira. As áreas cultivadas com citros e goiabeira

apresentaram valores menores de porosidade total (tabela 3).

Em relação às épocas do ano, verificou-se que, houve diferença significativa entre a época seca e a época de chuva apenas nas áreas de cultivo com citros, sendo que na época das chuvas a porosidade foi a menor observada ( $0,3625 \text{ cm cm}^{-3}$ ). A porosidade total menor observada na área de cultivo de citros relaciona-se com o manejo adotado na área, uma vez que o pomar encontrava-se há anos implantando, gerando assim, conforme o passar do tempo, compactações do solo superficial devido ao uso de maquinários e implementos agrícolas no local.

A redução da porosidade total afeta diretamente o desenvolvimento metabólico das plantas. O solo tende a ficar mais compacto com uma Pt reduzida, no qual aumenta a resistência mecânica e conseqüentemente, dificulta o crescimento e desenvolvimento do sistema radicular dos vegetais. É importante ressaltar que a matéria orgânica proporciona no solo um efeito de agregação devido à sua quantidade de radicais. Caso o pH do solo esteja ajustado, a matéria orgânica irá agregar, possibilitando uma melhor estruturação do solo, no qual as partículas que eventualmente estavam dispersas, com o pH ajustado, promove uma maior agregação, e conseqüentemente aumenta a quantidade de poros devido à distribuição das partículas (Amendola, 2017).

Conforme descrito por Oliveira (2015), a Pt é um importante indicador de qualidade do solo, devido ao reflexo que esse atributo dispõe em condições que o solo não se alterou, como com a pressão exercida pelo tráfego e pelo revolvimento.

A adoção de práticas inadequadas do solo como seu revolvimento de forma excessiva e a ausência de práticas conservacionistas, podem provocar o aumento da densidade, reduzindo assim, a porosidade total e macroporosidade do solo, relacionando-se com a compactação e adensamento do solo (Fontana et al., 2016).

Bilibio, Corrêa e Borges (2010) avaliaram atributos físicos do solo em diferentes sistemas de manejo e concluíram que o uso intensivo do solo promove a compactação subsuperficial, indicada pela redução da relação de macro/microporos, acompanhada pelo aumento da densidade do solo. Dessa forma, é importante examinar parâmetros que possam reduzir tais adversidades.

Na área de cultivo do sistema agroflorestal a porosidade total apresentou valores maiores. Esse fator relaciona-se com o sistema de cultivo proporcionar maior cobertura vegetal no solo, melhorando a decomposição de matéria orgânica, que contribuem com a melhoria e/ou manutenção da porosidade do solo. A matéria orgânica do solo pode reduzir a densidade do solo, elevar o volume de poros, favorecendo a infiltração e aeração para desenvolvimento das plantas (Cunha et al., 2011). Diante disso, torna-se importante realizar a incorporação de matéria orgânica no solo em cultivos agrícolas, a fim de favorecer seu bom desempenho e promover melhorias no sistema solo/planta.

No que se refere à temperatura do solo (Ts), houve variação entre a cultura e a época do ano apenas para a área cultivada com citros. Nas demais áreas ocorreram somente variação entre as culturas, principalmente devido ao tipo de cobertura vegetal que cada espécie cultivada proporciona ao solo.

A temperatura do solo variou de 25,4 °C a 36,2 °C, sendo a maior e menor temperatura observada na área cultivada com citros. A menor temperatura observada foi na área cultivada com agrofloresta (27,3°C).

**Tabela 4.** Temperatura do solo (T) em graus °C nas áreas de Fruticultura e agrofloresta do IFITM, *Campus* Uberlândia, 2021. Fonte: autoria própria.

Épocas	Culturas				D.M.S.
	Citros	Bananeira	Goiabeira	Agrofloresta	
TEMPERATURA em °C					
<b>Seca</b>	36,2 Aa	28,3 Ac	32,2 Ab	27,3 Ac	<b>1,74</b>
<b>Chuva</b>	25,4 Bc	28,3 Ab	32,4 Aa	27,3 Ab	
<b>D.M.S.</b>			<b>1,30</b>		
<b>c.v %</b>			<b>2,98</b>		

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não difere estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. D.M.S.- Diferença mínima significativa. C.V. - Coeficiente de variação em %.

A temperatura do solo é uma propriedade que afeta diretamente o desenvolvimento das plantas, e é influenciada pela balança de energia na superfície do solo. Os resíduos culturais (palha) depositados na superfície protegem o solo contra o aquecimento excessivo e a perda de água, modificando vários processos físicos, químicos e biológicos. A palhada revela alta refletividade da radiação solar e baixa condutividade térmica.

Assim pode-se verificar que nas áreas, onde havia palhada, mesmo advindo de plantas infestantes, que eram controladas pela roçagem (bananeira e agrofloresta), a temperatura do solo foi menor, do que nas áreas nas demais áreas (citros e goiabeira).

O sistema de preparo do solo, além de influenciar na quantidade e distribuição de palhada depositada na superfície, modifica a relação massa-volume, a quantidade de água no solo, o teor de matéria orgânica e a estrutura, dentre outros.

Estudos realizados no norte dos Estados Unidos indicam que a cobertura do solo pela palhada reduziu a temperatura do solo em 2 °C e que prejudicou a produtividade de diversas culturas, enquanto, em regiões mais quentes dos Estados Unidos, o efeito da diminuição da temperatura do solo foi benéfico para as plantas (Zobel, 1992). Kaiser et al. (2002) verificaram maiores temperaturas a 0,025 m e a 0,10 m de profundidade no tratamento com maiores compactações.

Em relação à umidade do solo (Tabela 5) pode-se observar que houve diferença estatística entre as áreas amostradas e entre as épocas. Sendo que nas áreas de cultivo de bananeira e sistema agrofloresta, a umidade do solo foi maior do que nas áreas cultivadas com citros e goiabeira.



**Tabela 5.** Umidade do solo (U) nas áreas de Fruticultura e agrofloresta do IFTM, *Campus* Uberlândia, 2021. Fonte: autoria própria.

Épocas	Culturas				D.M.S.
	Citros	Bananeira	Goiabeira	Agrofloresta	
UMIDADE em g g <sup>-1</sup>					
Seca	0,065 Bc	0,312 Aa	0,175 Bb	0,285 Aa	<b>0,0351</b>
Chuva	0,340 Aa	0,280 Bb	0,245 Ac	0,300 Ab	
D.M.S.	<b>0,0262</b>				
c.v %	<b>7,12</b>				

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não difere estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. D.M.S.- Diferença mínima significativa. C.V. - Coeficiente de variação em %.

Durante a época da chuva, a umidade do solo foi maior nas áreas com agroflorestal, citros e goiabeira. Na área de cultivo com bananeira, houve uma pequena redução da umidade no período da chuva, tal característica pode estar relacionada com os aspectos da própria cultura, como diferença da área foliar e a resistência interna da planta ao transporte de água (Pereira, Angelocci & Sentelhas, 2007) no qual afeta a umidade do solo.

Ademais, essas diferentes dinâmicas podem estar relacionadas com a presença e ausência de cobertura vegetal nas áreas de cultivo, pois a matéria orgânica influencia na capacidade de retenção e disponibilidade de água do solo para a planta, no qual solos com maiores quantidades de matéria orgânica apresentam maiores capacidades de reter água do que solos com pouca cobertura vegetal (Brady & Weil, 2013). Conforme apresentado por Pereira, Angelocci e Sentelhas (2007), o solo coordena o uso de água pelas plantas associado com a demanda hídrica da atmosfera. Dessa forma, podem ocorrer, devido às características das divergentes épocas avaliadas, demandas atmosféricas diferentes, de acordo com as diferentes culturas, que influenciam significativamente na capacidade do solo de manter sua umidade.

No período de seca, pode-se notar que a área com menor umidade do solo, foi a área cultivada com citros. Isto pode ser justificado pela condição da área, que neste período de seca, estava com baixa cobertura vegetal, afetando, conforme descrito por Brady e Weil (2013), o potencial de retenção de água do solo. Dessa forma, o solo estava exposto aos raios solares, o que levou a uma redução considerável da umidade do solo. E de acordo com a tabela 4, de temperatura do solo, esta condição pode ser confirmada, pois a temperatura do solo foi a maior observada dentre as áreas analisadas (36,2°C).

## CONCLUSÕES

Diante do exposto, conclui-se que a porosidade total do solo foi menor nos ambientes com maior

quantidade de matéria orgânica, bem como a temperatura do solo, independente da época do ano, se na seca ou no período de chuvas. A temperatura do solo e a umidade foram melhores nos sistemas com manejo de solo que favoreceram a manutenção da palhada no solo, como a agrofloresta e bananeira. Além de que, sistemas com maior cobertura vegetal tende a ter um maior acúmulo de água e menores temperaturas.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao IFTM, *campus* Uberlândia pela oportunidade de realização do trabalho e ao CNPq pelo auxílio concedido ao autor do trabalho por meio de bolsa de iniciação científica.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amendola, D.F. (2017). *Caracterização da matéria orgânica do solo e sua influência nas propriedades físico-químicas no sistema Latossolo-Gleissolo*. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Rio Claro, São Paulo.
- Araújo, M. A.; Tormenta, C. A., & Silva, A. P. (2004). Propriedades físicas de uma Latossolo Vermelho distrófico cultivado e sob mata nativa. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 28, 337-345.
- Argenton J.; Albuquerque, J.A.; Bayer, C. & Wildner, L.P. (2005). Comportamento de atributos relacionados com a forma da estrutura de Latossolo Vermelho sob sistemas de preparo e plantas de cobertura. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 29, 425-435.
- Bayer, C. & Mielniczuk, J. (1997). Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de cultura. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 21, 105-112.
- Bayer, C.; Mielniczuk, J. & Pavinato, A. (1998). Sistemas de manejo do solo e seus efeitos sobre o rendimento do milho. *Ciência Rural*, 28, 23-28.
- Bilibio, W. D.; Corrêa, G. F., & Borges, E. N. (2010). Atributos físicos e químicos de um Latossolo, sob diferentes sistemas de cultivo. *Ciência & Agrotecnologia*, 34, 817-822. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542010000400004>.
- Blake, G.R., & Hartge, K.H. (1986) Bulk density. In: Klute, A., Ed., *Methods of Soil Analysis, Part 1—Physical and Mineralogical Methods*, 2nd Edition, Agronomy Monograph 9, American Society of Agronomy—Soil Science Society of America, Madison, 363-382.
- Brady, N. C., & Weil, R. R. (2013) *Elementos da Natureza e Propriedades do Solo*. 3. ed. São Paulo. Editora BOOKMAN.
- Christensen B.T., & Johnston A.E. (1997). Soil organic matter and soil quality: Lessons learned from long-term experiments at Askov and Rothamsted. In: GREGORICH, E.G. & CARTER, M.R., eds. *Soil quality for crop production and ecosystem health*. Amsterdam, Elsevier. 399-430.


- Cunha, E. Q.; Stone, L. F.; Moreira, J. A. A.; Ferreira, E. P. B.; Didonet, A. D., & Leandro, W. M. (2011). Sistemas de preparo do solo e culturas de cobertura na produção orgânica de feijão e milho. I - Atributos físicos do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 35, 589- 602. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832011000200028>.
- Dexter, A.R. (2004) *Soil Physical Quality*. Part I. Theory, Effects of Soil Texture, Density, and Organic Matter, and Effects on Root Growth. *Geoderma*, 120, 201-214. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2003.09.004>
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (2018). Centro Nacional de Pesquisa de Solo. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. 3ª edição. Brasília: EMBRAPA, SIBCS. 356.
- Epstein, E., & Bloom, A. J. (2006). *Nutrição Mineral de Plantas: Princípios e Perspectivas*. 2. ed. Londrina: Planta.
- Fontana, A.; Teixeira, W. G.; Balieiro, F. de C.; Moura, T. P. A. de; Menezes, A. R. De, & Santana, C. I.(2016). Características e atributos de Latossolos sob diferentes usos na região Oeste do Estado da Bahia. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 51, 9, 1457- 1465.
- Genro Junior, S.A.; Reinert, D.J. & Reichert, J.M. (2004). Variabilidade temporal da resistência à penetração de um Latossolo argiloso sob semeadura direta com rotação de culturas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 28, 477-484.
- Hamza, M.A., & Anderson, W.K. (2005). Soil compaction in cropping systems: A review of the nature, causes and possible solutions. *Soil Till. Res.*, 82, 121-145.
- Kaiser, D.R.; Streck, C.A.; Reinert, D.J.; Reichert, J.M.; Silva, V.R.; Ferreira, F. & Kunz, M. (2002). Temperatura do solo afetada por diferentes estados de compactação. In: *Reunião Brasileira de manejo e conservação do solo e da água*.
- Kiehl, E. J. (1979). *Manual de edafologia*. São Paulo: Agronômica Ceres.
- Köppen, W. (1936) *Das geographische System der Klimate*. In: Köppen, W.; Geiger, R. (Eds): *Handbuch der Klimatologie*. Berlin: Gebrüder Bornträger.
- Letey, J. (1985). Relationship between soil physical properties and crop production. *Adv. Soil Sci.*, 1:277-294.
- Mapa (Brasil). INMET. *Instituto Nacional de Meteorologia*. [S. l.], 2023. Disponível em: <https://tempo.inmet.gov.br/TabelaEstacoes/A001>. Acesso em: 27 jun. 2023.
- Oliveira, S. M. D.; Lima, P. R. de., & Verburg, J. E. E. (2015). Qualidade física do solo sob diferentes sistemas de manejo e aplicação de dejetos líquido suíno. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 19, 3, 280–285. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n3p280-285>.
- Pereira, A. R.; Angelocci, L. R.; Sentelhas, P. C. (2007). *Meteorologia Agrícola*. Piracicaba, SP: Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.
- Reichert, J.M.; Reinert, D.J. & Braidá, J.A. (2003). Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. *Ciência & Ambiental*, 27, 29-48, 2003.


- Silva, F. A. S., & Azevedo, C. A. V. (2016). The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. *African Journal of Agricultural Research*, 11, 39, 3733-3740. DOI: <https://doi.org/10.5897/AJAR2016.11522>
- Singer, M.J. & Ewing, S. (2000). *Soil quality*. In: SUMMER, M.E., ed. Handbook of soil science. New York, CRC Press. Section G. p.271-298.
- Teixeira, P. C.; Donagemma, G. K.; Fontana, A., & Teixeira, W. G. (Ed.). (2017). *Manual de métodos de análise de solo*. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa.
- Topp, G.C., & Zebchuk, W. (1979). The determination of soil-water desorption curves for soil cores. *Canadian Journal Soil Science*, 59,19-26.
- Tormena, C.A.; Friedrich, R.; Pinto, J.C.; Costa, A.C.S., & Fidalski, J. (2004). Propriedades físicas e taxa de estratificação de carbono orgânico num Latossolo Vermelho após dez anos sob dois sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 28,1023-1031. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832004000600011>
- Wohlenberg, E.V.; Reichert, J.M.; Reinert, D.J. & Blume, E. (2004). Dinâmica da agregação de um solo franco arenoso em cinco sistemas de culturas em rotação e em sucessão. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 28, 891-900. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832004000500011>
- Zobel, R.W. (1992). *Soil environmental constraints to root growth*. In: Hatfield, J.J. & Stewart, B.A., eds. Limitations to plant root growth. New York, Springer-Verlag.

# Potencial fisiológico e desempenho de mudas após armazenamento de sementes condicionadas de pimenteira

Recebido em: 22/07/2024


Aceito em: 17/08/2024

 10.46420/9786585756402cap6

Thiago Barbosa Batista 

Ana Carolina Picinini Petronilio 

Gustavo Roberto Fonseca de Oliveira 

Flávio Ferreira da Silva Binotti 

Eliana Duarte Cardoso Binotti 

Edilson Costa 

João Nakagawa 

## INTRODUÇÃO

A utilização de sementes de alto potencial fisiológico auxilia na produção de mudas com elevada qualidade e, assim, garante em partes, o sucesso na propagação de hortaliças como a pimenteira. No entanto, durante o desenvolvimento das sementes a interação do ambiente com a planta-mãe pode resultar em desuniformidades no programa de maturação, o que leva a formação de lotes com distintos níveis de vigor (Finch-Savage & Bassel, 2016) e formação de mudas com desigualdade de desempenho. Estas diferenças de desempenho induzem distintas respostas no estabelecimento de plantas cultivadas e diminui a produtividade (França-Neto et al., 2016).

Para corrigir distorções no nível do vigor de lotes, tem sido utilizado a técnica do *priming* (Marcos-Filho, 2015), a qual, através do controle da hidratação das sementes, propicia a ativação do seu metabolismo germinativo e a suspensão do processo anterior a emissão da raiz primária. Tem sido reportado que o *priming* aumenta a velocidade de germinação em sementes de tomate (Batista, Fernandez, Da Silva, Maia & Amaral da Silva, 2020), promove tolerância ao estresse térmico em sementes de pimentão (Barboza da Silva & Marcos-Filho, 2020), mantém o desempenho de plântulas de melão que se desenvolvem em meio salino (Oliveira et al., 2019) e aumenta o índice de vigor de plântulas de pimentão (Barboza da Silva & Marcos-Filho, 2020).

Em sementes de *Capsicum frutescens*, Batista, Binotti, Cardoso, Bardivieso e Costa (2015) verificaram que o *priming* incrementa a velocidade de emergência de plântulas, sendo que os agentes nítricos  $\text{KNO}_3$  e  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  associados à técnica propiciaram às mudas maior fitomassa seca. No entanto, após o condicionamento, as sementes podem não ser prontamente utilizadas devido a logística requerida nas operações industriais e comerciais dos lotes de sementes, havendo a necessidade de um período de armazenamento. Neste caso, ainda não se sabe se os efeitos benéficos do *priming* associado a outros agentes químicos são mantidos quando as sementes de pimenteira passam por um período de

armazenamento. A ampliação de estudos sobre esse tema é necessária, e particularmente importante para a indústria de sementes, considerando o balanço de tempo entre a aplicação do *priming* e a utilização efetiva das sementes após a comercialização dos lotes.

Cabe destacar que o efeito do *priming* pode não persistir ao longo do tempo de armazenamento, como vem sendo reportado na literatura para sementes de tomate e pimentão (Barboza da Silva & Marcos-Filho, 2020; Batista et al., 2020; Petronilio, Batista & Amaral da Silva, 2021). Dessa forma a ausência de estudos que demonstrem tais informações para sementes de pimenteira pode implicar no desuso da tecnologia para a espécie. Portanto, o objetivo do presente estudo foi investigar o desempenho após o armazenamento de sementes pimenteira condicionadas em água e associação com diferentes agentes químicos.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados dois lotes de sementes de pimenteira (L1 e L2) sem tratamento químico prévio. O protocolo de *priming* foi realizado de acordo com Batista et al. (2015), no qual as sementes foram semeadas em papel toalha umedecido em água 2,5 vezes a massa seca, e alternativamente umedecido com solução de nitrato de potássio ( $\text{KNO}_3$  0,2%), de nitrato de cálcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  0,2%) e de giberelina ( $\text{GA}_3$  200 ppm); pelo período de 20 h a 25 °C. Na sequência, as sementes foram distribuídas sobre papel toalha e secas a 35 °C até a retomada do teor de água inicial ( $\pm 9$  % base úmida).

Posteriormente ao *priming*, as sementes foram acondicionadas em embalagem papel kraft em câmara seca a 17 °C e umidade relativa de 60% pelo período de 100 dias (considerando a logística de comercialização dos lotes na indústria de sementes). No final do armazenamento, essas sementes foram submetidas aos testes descritos a seguir. As sementes não condicionadas foram também avaliadas, como controle.

**Germinação:** realizado com quatro subamostras de 50 sementes, distribuídas uniformemente em caixas de plástico (11 cm x 11 cm x 3,5 cm) com substrato de papel. As contagens foram realizadas aos 7 dias (primeira contagem de germinação) e 14 dias (germinação), considerando-se emissão da raiz primária  $\geq 2$  mm como critério de germinação. Os resultados obtidos foram expressos em porcentagem.

**Tempo para 50% de germinação:** realizado através da contagem diária de sementes germinadas e o cálculo expresso em dias foi realizado seguindo o módulo de ajustes de Joosen et al. (2010).

**Envelhecimento acelerado:** uma camada de sementes foi colocada sobre tela metálica acoplada à caixa de plástico (11 cm x 1,0 cm x 3,5 cm), contendo 40 mL de água deionizada em seu interior, e em seguida as caixas de plástico foram acondicionadas a 42 °C durante 96 horas (Bhering, Dias, Vidigal & Naveira, 2006). Após o processo de envelhecimento as sementes foram submetidas ao teste de germinação e a contagem de plântulas normais foi realizada aos 7 dias.

**Comprimento do hipocótilo:** realizado com quatro subamostras de 20 sementes, distribuídas ao longo de uma linha traçada no terço superior do papel toalha em caixa de plástico (11 cm x 11 cm x 3,5

cm). As caixas foram inclinadas a 75° em câmara de incubação a 25 °C e após 7 dias o comprimento do hipocótilo foi mensurado com auxílio de régua graduada. O resultado foi expresso em centímetros, obtido pela divisão da soma do comprimento das plântulas avaliadas pelo número de sementes utilizadas para a instalação do teste.

Emergência de plântulas em substrato: realizada com quatro subamostras de 50 sementes, semeadas em bandejas de poliestireno expandido de 128 células (3,5 cm de largura por 6,2 cm de altura e volume de 34,6 cm<sup>3</sup> por célula), preenchidas com o substrato organomineral, sendo a contagem efetuada aos 21 dias após a semeadura, considerando-se emergidas as plântulas com hipocótilo  $\geq 20$  mm. As bandejas foram dispostas sob bancadas em viveiro telado com 35% de sombreamento (tela preta tipo Sombrite®). Os resultados obtidos foram expressos em porcentagem de plântulas emergidas.

Índice de velocidade de emergência de plântulas: determinado mediante a contagem diária do número de plântulas emersas até estabilização aos 21 dias após a semeadura. O cálculo do índice de velocidade foi efetuado pela fórmula adaptada de Maguire (1962), conforme descrita para IVG.

Fitomassa seca de mudas: aos 35 dias após a semeadura (DAS) foram coletadas 10 mudas de cada repetição, desconsiderando-se as das bordaduras das bandejas. As raízes foram lavadas e, logo em seguida colocadas (parte aérea e sistema radicular separados) em sacos de papel e mantidas em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C durante 72 horas. Os resultados foram expressos em mg muda<sup>-1</sup> para as partes e total.

Análise estatística: a análise dos dados foi realizada separadamente para cada lote de sementes em função dos tratamentos com *priming* aplicados. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado constituído por cinco tratamentos (NP: sem *priming*; P: *priming* utilizando água; P-KNO<sub>3</sub>: *priming* com solução de KNO<sub>3</sub>; P-Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>: *priming* com solução de Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>; P-GA<sub>3</sub>: *priming* com solução de GA) com quatro repetições ( $n=20$ ). Os dados observados atenderam ao pressuposto da normalidade dos resíduos, analisada por meio do teste de Shapiro Wilk. Assim, realizou-se a análise de variância e verificando-se significância entre os tratamentos foi aplicado o teste *t* ao nível de confiança de 0,05 utilizando o software AgroEstat.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A técnica do *priming* realça o vigor dos lotes de sementes, como vem sendo reportado na literatura para diferentes espécies olerícolas (Barboza da Silva & Marcos-Filho, 2020; Batista et al., 2020; Oliveira et al., 2019). Notadamente, após armazenadas sementes condicionadas perdem gradativamente o seu vigor (Barboza da Silva & Marcos-Filho, 2020; Hussain, Farooq, Basra & Ahamad, 2006) e conseqüentemente a sua viabilidade (Batista et al., 2020); o que não é desejável, considerando a existência de um período de logística para a comercialização das sementes condicionadas. Assim, embora tenha sido reportado casos de sucesso do uso da técnica do *priming* em sementes de pimenteira (Batista et al., 2015), pouca atenção tem sido dada ao seu efeito após armazenamento considerando que a utilização efetiva

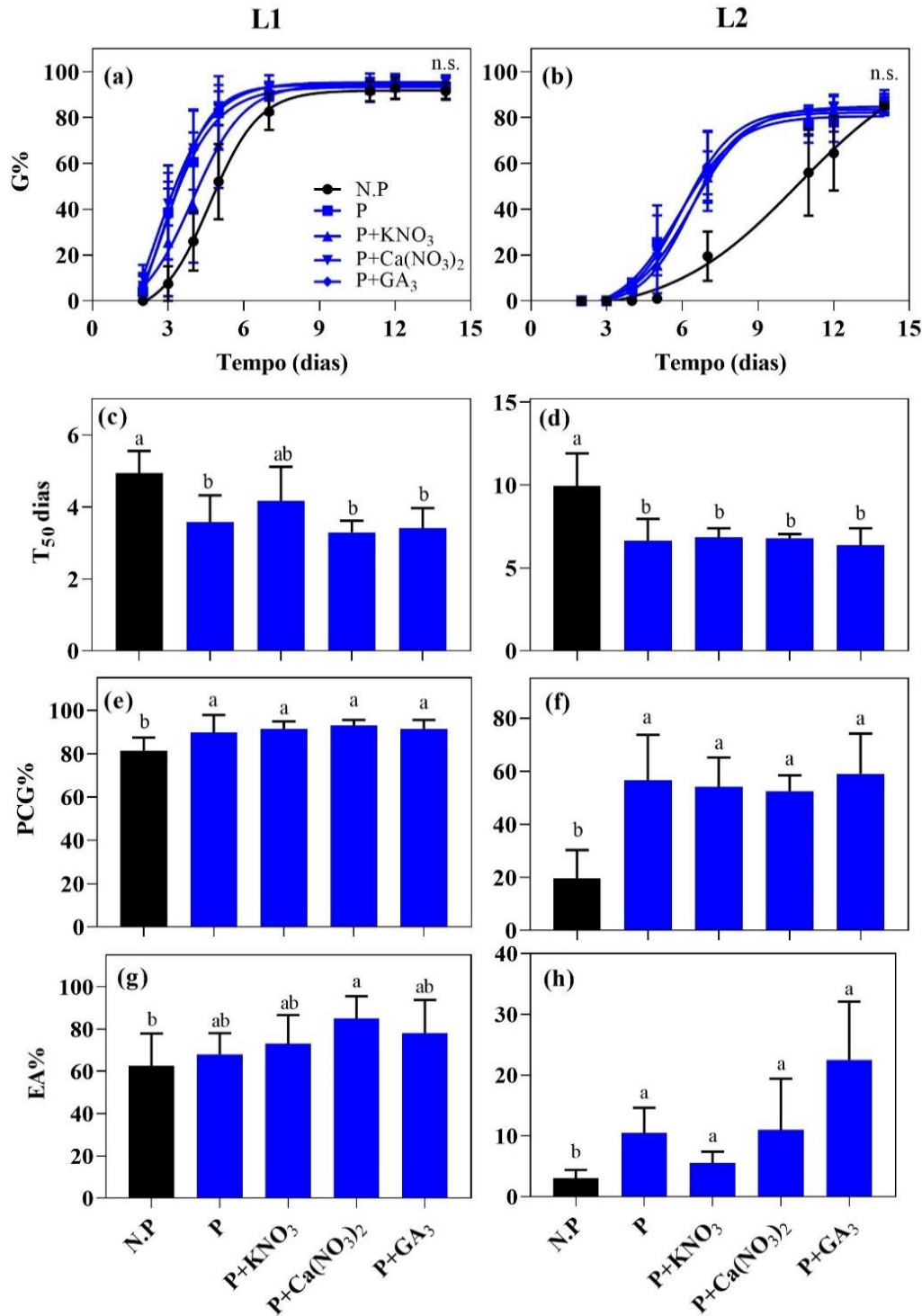


das sementes será realizada em período posterior a aplicação do *priming*, o que salienta a importância dos resultados apresentados neste estudo.

O tempo para 50% de germinação evidenciou que houve uma aceleração na curva de germinação nas sementes condicionadas (Figuras 1a e 1b), como resposta ao início do processo germinativo resultante do tratamento de *priming* aplicado; não houve interferência na germinação total em função da aplicação somente do *priming* com água ou de sua associação com diferentes agentes químicos ( $\text{KNO}_3$ ,  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  e GA). A antecipação do processo germinativo deve-se a redução do tempo para estabelecimento de 50% da germinação amostrada, como verificado para tratamento de P (*priming* com água), P+ $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  (*priming* com solução de nitrato de cálcio) e P+GA<sub>3</sub> (*priming* com solução de giberelina) em relação as sementes não condicionadas (NP) do lote 1. Independente do tratamento de *priming* houve redução no tempo para 50% de germinação em relação as sementes não condicionadas do lote 2 (Figuras 1c e 1d). Em função desta antecipação do processo germinativo, ocorreu aumento na precocidade de germinação mensurada pela primeira contagem aos sete dias independente do tratamento de *priming* aplicado nos lotes analisados (Figuras 1e e 1f). Estes resultados reforçam o potencial de influência que a técnica do condicionamento *per si* (hidratação controlada) exerce no desempenho germinativo de sementes, efeito amplamente documentado para diferentes espécies hortícolas (Barboza da Silva & Marcos-Filho, 2020; Batista et al., 2020; Neto et al., 2020).

O incremento no processo germinativo verificado no presente estudo é um marcador primário do efeito do *priming*, uma vez que as sementes condicionadas estão em um estágio mais avançado para retomada do crescimento do eixo embrionário e assim, algumas etapas do padrão trifásico de absorção de água, em especial a fase dois, é encurtada, o que leva a uma rápida germinação (Marcos-Filho, 2015).

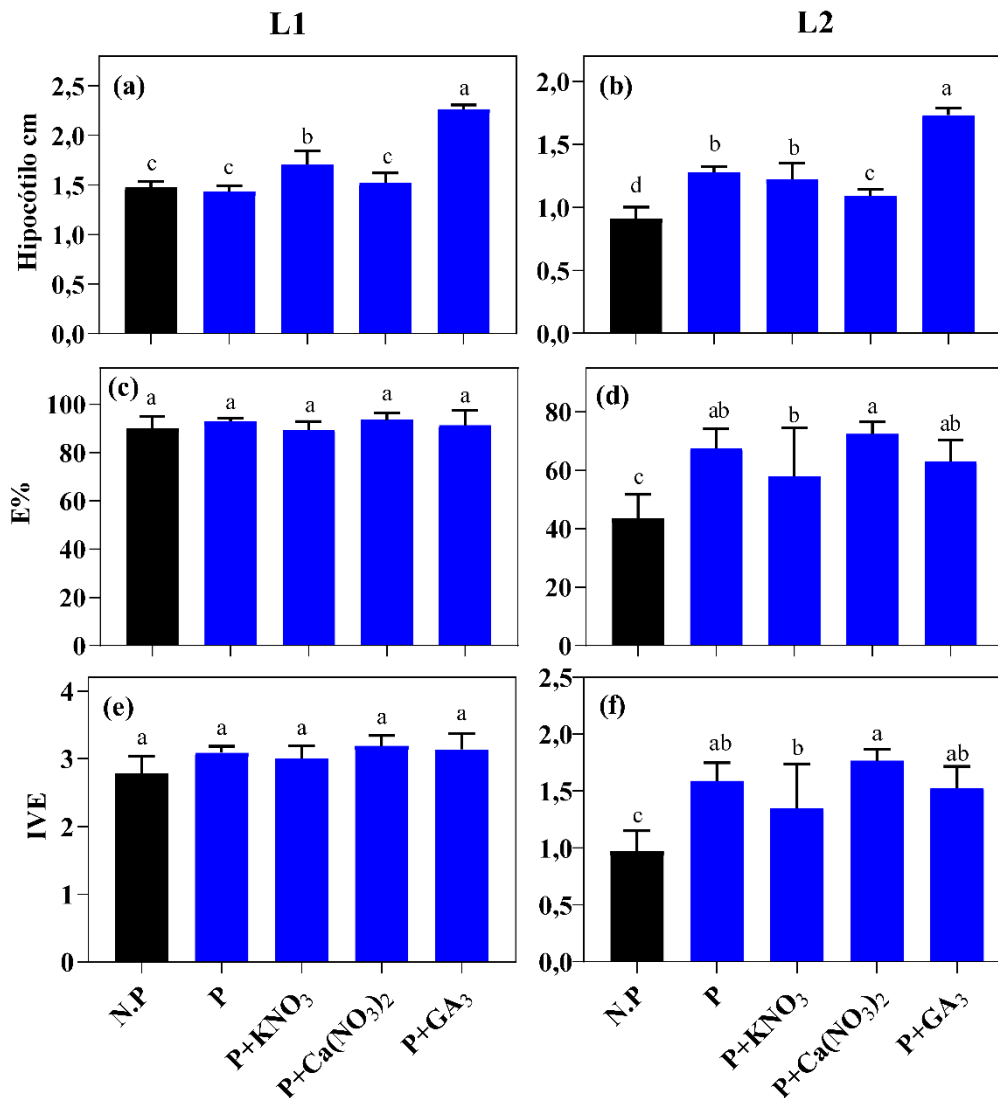
Foi verificado maior germinação após envelhecimento acelerado nas sementes do lote 1 quando submetidas ao tratamento de P+ $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ; para sementes do lote 2, o aumento verificado após envelhecimento acelerado ocorreu independente do tratamento de *priming* aplicado (Figuras 1g e 1h). A associação de agentes químicos no *priming* tem demonstrado ser benéfico no potencial fisiológico dos lotes de sementes de hortaliças (Barboza da Silva & Marcos-Filho, 2020; Salles et al., 2019), corroborando ao observado no presente estudo com sementes de pimenteira. Assim, considerando a discrepância no vigor dos lotes estudados, o *priming* em sementes de maior potencial fisiológico (lote 1) necessita ser associado ao agente nítrico  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  para promover resistência ao estresse térmico promovido pelo teste de envelhecimento acelerado em sementes de pimenteira. No caso de sementes de menor potencial fisiológico (lote 2) a associação com agentes químicos não promoveu incrementos ao tratamento tradicional estudado (*priming* apenas com água).



**Figura 1.** Curva de germinação (G) (a, b), tempo para 50% de germinação ( $T_{50}$ ) (c, d), primeira contagem de germinação (PCG) (e, f) e envelhecimento acelerado (EA) (g, h), em função de *priming*, anterior ao armazenamento, com diferentes agentes químicos (N.P., P, P+KNO<sub>3</sub>, P+Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> e P+GH<sub>3</sub>) em dois lotes [L1 (a, c, e, g) e L2 (b, d, f, h)] de sementes de pimenteira. n.s. não significativo. Barras seguidas de letras distintas diferem significativamente pelo teste t ao nível de confiança de 0,05. Fonte: os autores.

A elongação do hipocótilo tem um importante papel na emergência de plântulas e, este foi incrementado pelo tratamento P+GA<sub>3</sub> nos lotes analisados (Figuras 2a e 2b), pois a giberelina propicia o aumento do entre nó do vegetal. No entanto, não houve extensão deste efeito no aumento da taxa de

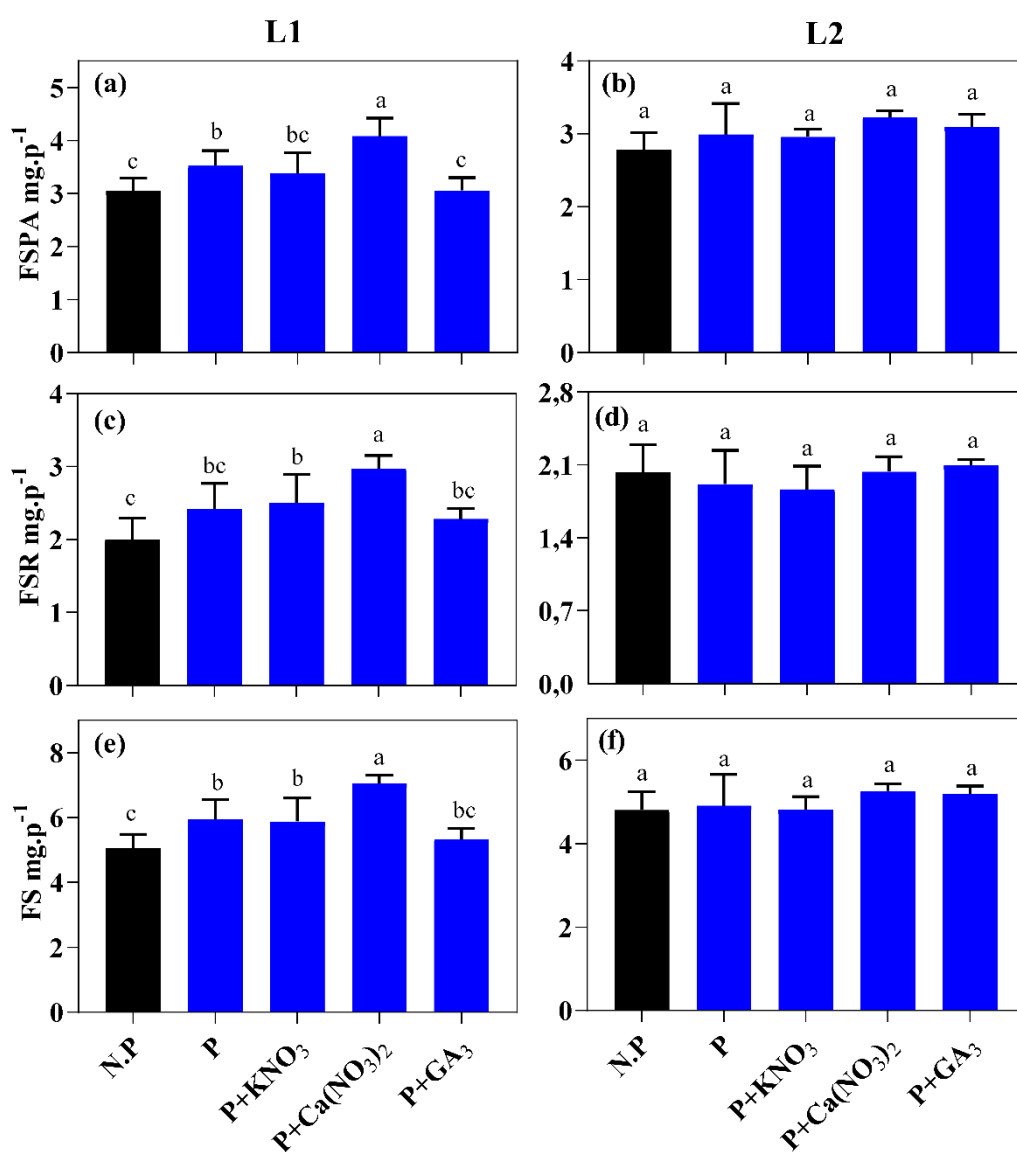
emergência; a qual aumentou no lote 2, independente do tratamento de *priming*. Este resultado se deve, no entanto, ao aumento da velocidade de emergência por meio dos tratamentos aplicados (Figuras 2d e 2f), o que na ocasião da leitura da emergência refletiu em uma maior porcentagem.



**Figura 2.** Comprimento de hipocótilo (a, b), emergência de plântulas (E) (c, d) e índice de velocidade de emergência (IVE) (e, f), em função de *priming*, anterior ao armazenamento, com diferentes agentes químicos (N.P., P, P+KNO<sub>3</sub>, P+Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> e P+GA<sub>3</sub>) em dois lotes [L1 (a, c, e) e L2 (b, d, f)] de sementes de pimenteira. Barras seguidas de letras distintas diferem significativamente pelo teste t ao nível de confiança de 0,05. Fonte: os autores.

A não correspondência entre a maior elongação do hipocótilo promovida pelo GA<sub>3</sub> associado ao *priming* com a taxa de emergência pode ser explicada em razão da discrepância na condução dos testes de elongação do hipocótilo em condição controlada (25 °C) e o teste de emergência foi realizado em condição não controlada do ambiente agrícola de cultivo protegido, o qual não possibilitou a detecção do efeito da elongação do hipocótilo nem mesmo no lote de menor nível de vigor (lote 2).

A associação do *priming* com o agente químico Ca (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> incrementou a fitomassa seca de parte área, raiz e total de mudas aos 35 DAS em relação os demais tratamentos, em mudas providas das sementes do lote 1 (Figuras 3a, 3c e 3e). Estes resultados demonstram que existe uma prevalência do uso do agente químico Ca (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> no *priming* anterior ao armazenamento para incrementar a qualidade das mudas produzidas, pois não foi observado aumento na velocidade de emergência; a qual tem sido mais comumente associada com o desempenho de plântulas nos eventos posteriores a emissão da raiz primária. Além disso, existe uma associação do efeito do agente Ca (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> na tolerância ao envelhecimento acelerado (Figura 1g) com o desempenho de mudas (Figuras 3a, 3c e 3e), o que salienta o reflexo sobre o realce do vigor nas sementes de pimenteiças armazenadas quando anteriormente foram submetidas a este tratamento.



**Figura 3.** Fitomassa seca de parte área (FSPA) (a, b), raiz (FSR) (b, c) e total [parte área + raiz] (FS) (e, f), de mudas em função de *priming*, anterior ao armazenamento, nas sementes com diferentes agentes químicos (N.P., P, P+KNO<sub>3</sub>, P+Ca (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> e P+GH<sub>3</sub>) em dois lotes [L1 (a, c, e) e L2 (b, d, f)] de sementes

de pimenteira. Barras seguidas de letras distintas diferem significativamente pelo teste t ao nível de confiança de 0,05. Fonte: os autores.

A influência do *priming* com água e de suas associações não foram verificadas no desempenho de mudas provindas do lote 2 (Figuras 3b, 3d e 3f). Como as características do potencial fisiológico foram promovidas pelo *priming* nas sementes deste lote (Figuras 1b, 1d, 1f e 1h; Figuras 2b, 2d e 2f) denota-se a sobreposição destes em detrimento ao desempenho de plântulas, possivelmente em razão de que sementes de baixo vigor têm uma menor eficiência na conversão dos tecidos de reserva para a formação de novos indivíduos e assim, apresentam desempenho de plântulas incipiente, o que não é revertido pelo *priming*. Cabe ressaltar que a técnica atua somente até a estabilização mais rápida do estande de plântulas nos lotes de menor nível de vigor.

Em função da importância da tecnologia do *priming* na indústria de sementes de hortaliças o aprimoramento científico em torno desta técnica deve ser constante e, a presente pesquisa demonstrou que associações da água com agentes químicos nítricos, especialmente nitrato de cálcio, tem potencial para manter os benefícios do *priming* após período de armazenamento (necessário a sua comercialização) nos lotes de alto desempenho, o que possibilita melhor logística de aplicação da tecnologia na indústria sem sua necessária e imediata comercialização.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Fundação de Apoio ao desenvolvimento do ensino, ciência e tecnologia do estado de Mato Grosso do Sul (FUNDECT) pela bolsa de iniciação científica concedida ao primeiro autor e financeiro do projeto (UNIVERSAL-MS).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS


- Barboza da Silva, C., & Marcos-Filho, J. (2020). Storage performance of primed bell pepper seeds with 24-Epibrassinolide. *Agronomy Journal*, 112(2), 948–960. <https://doi.org/10.1002/AGJ2.20106>
- Batista, T. B., Da Binotti, F. F. S., Cardoso, E. D., Bardivieso, E. M., & Costa, E. (2015). Aspectos fisiológicos e qualidade de mudas da pimenteira em resposta ao vigor e condicionamento das sementes. *Bragantia*, 74(4), 367–373. <https://doi.org/10.1590/1678-4499.0133>
- Batista, T. B., Fernandez, G. J., Da Silva, T. A., Maia, J., & Da Silva, E. A. A. (2020). Transcriptome analysis in osmo-primed tomato seeds with enhanced longevity by heat shock treatment. *AoB PLANTS*, 12(5). <https://doi.org/10.1093/aobpla/plaa041>
- Bhering, M. C., Dias, D. C. F. D. S., Vidigal, D. D. S., & Naveira, D. D. S. P. (2006). Teste de envelhecimento acelerado em sementes de pimenta. *Revista Brasileira de Sementes*, 28(3), 64–71. <https://doi.org/10.1590/S0101-31222006000300010>

- Finch-Savage, W. E., & Bassel, G. W. (2016). Seed vigour and crop establishment: extending performance beyond adaptation. *Journal of Experimental Botany*, 67(3), 567–591. <https://doi.org/10.1093/JXB/ERV490>
- França-Neto, J. de B., Krzyzanowski, F. C., Henning, A. A., Pádua, G. P. de, Lorini, I., & Henning, F. A. (2016). Tecnologia da produção de semente de soja de alta qualidade. <http://ainfo.cnptia.embrapa.br>
- Hussain, M., Farooq, M., Basra, S. M. A., & Ahmad, N. (2006). Influence of Seed Priming Techniques on the Seedling Establishment, Yield and Quality of Hybrid Sunflower. Em *INTERNATIONAL JOURNAL OF AGRICULTURE & BIOLOGY*. <http://www.fspublishers.org>
- Joosen, R. V. L., Kodde, J., Willems, L. A. J., Ligterink, W., Van Der Plas, L. H. W., & Hilhorst, H. W. M. (2010). GERMINATOR: a software package for high-throughput scoring and curve fitting of Arabidopsis seed germination. *The Plant journal : for cell and molecular biology*, 62(1), 148–159. <https://doi.org/10.1111/J.1365-313X.2009.04116.X>
- Maguire, J. D. (1962). Speed of Germination—Aid In Selection And Evaluation for Seedling Emergence And Vigor1. *Crop Science*, 2(2), 176–177. <https://doi.org/10.2135/CROPSCI1962.0011183X000200020033X>
- Marcos-Filho, J. (2015). *Fisiologia de Sementes de Plantas Cultivadas - Abrates (2o ed)*. Abrates. <https://loja.abrates.org.br/fisiologia-de-sementes-de-plantas>
- Neto, A. P. D. A., Oliveira, G. R. F., Mello, S. da C., da Silva, M. S., Gomes-Junior, F. G., Novembre, A. D. da L. C., & Azevedo, R. A. (2020). Seed priming with seaweed extract mitigate heat stress in spinach: effect on germination, seedling growth and antioxidant capacity. *Bragantia*, 79(4), 502–511. <https://doi.org/10.1590/1678-4499.20200127>
- Oliveira, C. E. D. S., Steiner, F., Zuffo, A. M., Zoz, T., Alves, C. Z., & De Aguiar, V. C. B. (2019). Seed priming improves the germination and growth rate of melon seedlings under saline stress. *Ciência Rural*, 49(7), e20180588. <https://doi.org/10.1590/0103-8478CR20180588>
- Petronilio, A. C. P., Batista, T. B., & Amaral Da Silva, E. A. (2021). Osmo-priming in tomato seeds down-regulates genes associated with stress response and leads to reduction in longevity. *Seed Science Research*, 31(3). <https://doi.org/10.1017/S0960258521000179>
- Salles, J. S., De Lima, A. H. F., Da, F. F., Binotti, S., Costa, E., Binotti, E. D. C., Salles, J. S., Da, G. H., Vieira, C., & De Souza, A. F. G. O. (2019). Calcium Nitrate Priming Increases the Germination Rate of Eggplant Seeds. *Journal of Agricultural Science*, 11(15), p181. <https://doi.org/10.5539/JAS.V11N15P181>

## Perspectiva e potencial do uso da Cunhã no cenário brasileiro


Recebido em: 01/08/2024


Aceito em: 17/08/2024

 10.46420/9786585756402cap7


Victor Gabriel Souza de Almeida 


Girlene Santos de Souza 

Elisângela Gonçalves Pereira 

Alessandro Lima Machado 

Simone Bento da Silva 

Gildeon Santos Brito 

Cristian Martins de Souza 

Robson Santos de Lima 

### INTRODUÇÃO

A Cunhã (*Clitoria ternatea*) é uma espécie de leguminosa (Fabaceae) forrageira tropical de raízes profundas, localizada em todas as regiões tropicais do globo terrestre, inclusive no semiárido do Nordeste brasileiro, se propagando por meio de sementes, sendo uma espécie tolerante à seca e que pode se desenvolver em ambientes onde o regime pluvial é de apenas 380 mm/ano (Barros, Rossetti & Carvalho, 2004). O extenso sistema radicular desta espécie permite que a planta sobreviva entre 7 a 8 meses de seca, além de não necessitar de polinizadores específicos, devido à autopolinização, o que facilitou a expansão da espécie em todos os ambientes tropicais (Oguis, Gilding, Jackson & Craik, 2019).

De acordo com Pereira (2005), na região do Nordeste brasileiro existe uma grande biodiversidade de plantas, em especial as espécies da família Fabaceae, dentre elas, a *Clitoria ternatea*, utilizada pela população local, graças à sua rusticidade contra o estresse causado pela falta de água. É uma planta adaptável, não necessita de solos ricos e consegue sobreviver em diversos ambientes de estresse abiótico.

Estudos de princípios ativos antibacterianos em folhas de Cunhã realizados por Chusak et al. (2018) constataram que a estreptomicina possui ação inibitória contra as bactérias que são prejudiciais à saúde humana. E o extrato de tecidos da Cunhã, podem ser utilizados no campo como pesticidas naturais, como relatado por Kelemu, Cardona e Segura (2004) ao isolarem uma proteína antimicrobiana e inseticida em sementes de Cunhã, a proteína “finatina” que apresenta forte efeito inibitório sobre o crescimento de vários fitopatógenos fúngicos.

No campo, a *Clitoria ternatea* pode se associar com rizóbios e com seu crescimento radicular agressivo, essa espécie se torna uma ótima opção para descompactar solos coesos e realizar a adubação verde de nitrogênio, mediante processos de fixação de nitrogênio, realizado pelas bactérias diazotróficas que se associam nas raízes das espécies de leguminosas, promovendo desta forma, a melhora da saúde

do solo e sua qualidade, conforme relatado por Kosai, Sirisidthi, Jiraungkoorskul e Jiraungkoorskul (2015) e Oguis et al. (2019).

Ao avaliar o perfil morfológico de rizóbio nodulando a Cunhã em neossolo flúvico, Pinheiro et al. (2010) encontraram 63 estirpes de rizóbio, agrupadas em 14 grupos morfológicos, revelando que a Cunhã é nodulada por uma alta diversidade de rizóbios. Além disso, a Cunhã é uma excelente opção de forrageira para a alimentação animal, devido ao seu alto valor nutritivo (Abreu, 2012).

## **CARACTERÍSTICAS DA CULTURA**

A *Clitoria ternatea*, é uma espécie exótica, nativa da Ásia Tropical, popularmente identificada no Brasil como Cunhã; ervilha-borboleta; feijão-borboleta e ismênia. É uma planta do filo Tracheophyta, da classe Magnoliopsida, família Fabaceae (Jamil, Zairi, Nasim & Pa'ee, 2018).

É uma espécie que apresenta resistência ao estresse abiótico e pode tolerar diferentes condições ambientais, sendo uma cultura de fácil cultivo e manutenção, possui porte herbáceo, perene, cresce bem em pleno sol ou sombra parcial, a germinação ocorre entre 1 a 2 semanas, suas folhas são compostas de 5 folíolos e a floração ocorre dentro de 4 semanas, apresenta caules finos, seu porte pode chegar até 3 metros de altura, além de crescer bem em diversas amplitudes de pH do solo (Jamil et al., 2018).

Apesar da resistência às secas, essa espécie se desenvolve melhor com umidade, chuva e temperaturas em torno de 27°C e, seguindo o padrão da maioria das leguminosas tropicais, é sensível a danos causados por geadas, entretanto, podem reter suas folhas por até 7 dias, e suas partes lenhosas normalmente se recuperam (Oguis et al., 2019).

A Cunhã é conhecida por apresentar um sistema de raiz pivotante com muitas raízes laterais delgadas (Mukherjee, Kumar, Kumar & Heinrich, 2008; Kosai et al., 2015). Apresenta fototropismo positivo, ou seja, ao longo do dia suas folhas se inclinam em direção à luz do sol para a captação de luz, além de hábito de crescimento rasteiro e volúvel.

Além disso, tem sido cultivada há muito tempo nas pequenas propriedades, como forragem, e as primeiras pesquisas científicas com essa espécie são direcionadas para este fim (Oguis et al., 2019). A Cunhã se encontra na natureza em locais com muita abundância de luz solar e com acumulação de água doce, onde elas nascem, são vigorosas e sufocam outras vegetações (Oguis et al., 2019).

## **IMPORTÂNCIA COMO PLANTA ALIMENTÍCIA NÃO CONVENCIONAL (PANC)**

As plantas alimentícias não convencionais (PANCs) são as que possuem uma ou mais partes comestíveis e que não são incluídas nas refeições diárias (Silva, 2021). São constituídas por diversas espécies e possuem alto valor nutricional, porém, ainda são escanteadas entre as demais plantas tradicionais ou populares. Consideradas “matos” ou plantas espontâneas, não são aproveitadas pelas pessoas, mesmo sendo de fácil cultivo, além de serem negligenciadas em pesquisas científicas, porém este



cenário está mudando, devido aos estudos pelas ligas acadêmicas, ao observarem efeitos antioxidantes e antimicrobianos, além dos diversos valores nutricionais nestas espécies (Oliveira, 2019).

Tais efeitos ocorrem devido às atividades biológicas de seus constituintes, como os compostos fenólicos, vitaminas, carotenoides e minerais (Podsdek, 2007). Ademais, nos últimos anos essas plantas vêm ganhando notoriedade, pela crescente demanda de consumo por alimentos *in natura*, nutritivos e variados, haja vista os novos hábitos alimentares da população (Tobelem, 2018).

Diante este cenário, surge a Cunhã como planta alimentícia não convencional (PANC), a espécie apresenta flores em formato de concha com diversas colorações, como azul; branco e rosa, e são utilizadas como corante natural de chás; sobremesas e roupas, também são utilizadas no enriquecimento nutricional de bebidas e alimentos, evitando desta forma, os meios sintéticos de pigmentar alimentos (Oguis et al., 2019). A variedade de coloração das flores da Cunhã decorre principalmente em função do teor de antocianina e do grau de oscilação aromática (Oguis et al., 2019).

Os corantes alimentares realizam um grande papel na indústria de alimentos, alterando ou conferindo cores para aumentar a atratividade do cliente e a aceitabilidade sensorial (Lin et al., 2018). Ainda, consistem em pigmentos como antocianinas, carotenoides, clorofila, dentre outros, extraídos principalmente de plantas e microrganismos (Sen, Barrow & Deshmukh, 2019).

A demanda por produtos alimentícios com corantes naturais cresceu significativamente, pois acredita-se que o consumo de corantes sintéticos provoque alergias, intolerância alimentar, hiperatividade, irritabilidade e distúrbios do sono em crianças, segundo Feketea e Tsabouri (2017).

Atualmente, extratos de flores de Cunhã estão sendo utilizados para criar gins alcoólicos de cores azuis vibrantes, que mudam de cor dependendo do pH, como ocorre na mistura com água tônica ou limão (Oguis et al., 2019). Especificamente, o azul profundo das flores de Cunhã é uma alternativa particularmente procurada para substituir os corantes alimentares azuis sintéticos, que se tornaram cada vez mais desfavorecidos devido aos riscos à saúde (Oguis et al., 2019).

Estudos sobre a adição de extratos de *Clitoria ternatea* revela um aumento do conteúdo polifenólico e antioxidante de pão de ló; melhora a estabilidade oxidativa de rissóis de porcos cozidos e reduz o índice glicêmico previsto de farinha (Pasukamonset, Kwon & Adisakwattana, 2017; Pasukamonset et al., 2018; Chusak, Henry, Chantarasinlapin, Techasukthavorn & Adisakwattana, 2018).

## **IMPORTÂNCIA MEDICINAL DA CULTURA**

Um número grande e crescente de pacientes no mundo utiliza plantas e ervas medicinais para o cuidado com a saúde (Al-Snafi, 2016). Na Índia, a Cunhã é utilizada no sistema de medicina tradicional, graças às suas múltiplas propriedades medicinais, como antidepressiva; ansiolítica; anti-stress; anticonvulsivante; potencializadora da inteligência e memória; antipirética; anti-inflamatória; anti-infeccionante e analgésica (Ponnusamy, Gnanaraj, Marimuthu, Selvakumar & Nelson, 2010).

Essas propriedades medicinais são proporcionadas aos diversos fenólicos, alcalóides, ácido polipéptidico p-hidroxicinâmico, hexacosanol, antoxantina, cloreto de cianina, palmítico, esteárico, oléico, linoléico, linolênico, taninos, resinas (Melo et al., 2012).

Diversas espécies de leguminosas são utilizadas para finalidades terapêuticas em processos inflamatórios, como analgésicos, anti-reumático, problemas de coluna, dentre outros (Santos et al., 2010).

Já foi relatado que o extrato do suco das flores da *Clitoria ternatea* cura doenças de pele e picadas de insetos. Toda a planta pode ser utilizada medicinalmente, as raízes podem ser utilizadas para tratar inflamações; sensação de queimação; amênia; asma; ascite e hemicranias. O caule, raízes e flores são utilizados para picadas de cobra e escorpiões na Índia. Além de servir como tratamento de distúrbios neurológicos, a planta promove olhos saudáveis e qualidade de visão; protege contra danos celulares e possui ação de rejuvenescimento, segundo Jamil et al. (2018).

As raízes de Cunhã podem ser utilizadas para tratar problemas de indigestão, constipação, febre, artrite e dor de garganta. As sementes são utilizadas como laxantes; para tratamento de cólicas e articulações inchadas (Jeyaraj, Lim & Choo, 2021). Na cultura cubana, utiliza-se a decoção das raízes combinada com as flores para favorecer a menstruação, promovendo contrações uterinas; além de tratar problemas hepáticos e intestinais (Mukherjee et al., 2008). As flores de *Clitoria ternatea* possuem propriedades antidiabéticas, dentre outras, segundo Borikar, Kallewar, Mahapatra e Dumore (2018).

No entanto, a tendência do mercado inclinada para medicamentos antidiabéticos à base de ervas entre as nações em desenvolvimento, devido à sua segurança e efeitos colaterais reduzidos, obrigou os cientistas a explorarem os potenciais ocultos de ervas e arbustos (Mahapatra & Bharti, 2016). O crescente interesse de produtos fitoterápicos entre a população de pacientes também revolucionou os aspectos etnofarmacológicos tradicionais (Kamble, Mahapatra, Dhabarde & Ingole, 2017).

Diante da significativa concentração de compostos bioativos, as flores de *Clitoria ternatea* podem ser empregadas como fonte natural de antioxidantes e/ou como possível suplemento na indústria de alimentos e farmacêutica (Jeyaraj et al., 2021), visto que, dependendo da concentração, os antioxidantes sintéticos podem apresentar toxicidade (Berton-Carabin, Ropers & Genot, 2014). O mercado constantemente dirige sua atenção para os metabólitos secundários produzidos pelas plantas para obter suas propriedades e estudar a sua possível utilização na indústria (Hamdi & Hsouna, 2012).

Os estudos para a aplicabilidade dos biocompostos de tecidos da *Clitoria ternatea* estão se fazendo eficazes para animais, porém estas pesquisas ainda são preliminares, visto que estes compostos atuam sinergicamente e por isso tornam a pesquisa mais investigativa e rica em detalhes para serem avaliadas (Oguis et al., 2019).

## **IMPORTÂNCIA COMO PESTICIDA NATURAL**

A *Clitoria ternatea* pode ser utilizada como inseticida ecológico (Oguis et al., 2019). Pesquisas revelam que extratos de diferentes tecidos dessa planta possuem efeito contra nematóides e vermes. O

extrato metanólico da Cunhã utilizado para inibir a eclosão de 93% dos ovos de *M. incognita* (Kumari & Devi, 2013), nematóide que causa galhas e traz inúmeras perdas econômicas na agricultura.

Em outro estudo que usou o organismo modelo de nematóide, *Caenorhabditis elegans*, descobriu-se que os extratos de raízes da Cunhã matam as larvas dos nematóides, mostrando maior letalidade do que os extratos das folhas (Gilding et al., 2016).

Dois estudos também relataram atividades da Cunhã contra anelídeos (Khadatkar, Manwar & Bhajipale, 2008; Salhan et al., 2011). Usando *Pheretima posthuma* como verme de teste, o estudo mostrou que o extrato etanólico de Cunhã (50 mg/mL) causou uma taxa de mortalidade significativamente maior e incidência de paralisia do verme se comparado ao citrato de piperazina, uma droga comumente usada para controlar vermes parasitas (Khadatkar et al., 2008).

Da mesma maneira, usando *Eisenia foetida* como verme de teste, outro estudo mostrou que o extrato etanólico e aquoso da Cunhã induziu paralisia e mortalidade do verme a 100 mg/mL (Salhan et al., 2011). Entretanto, em comparação com a droga antiparasitária comumente usada, levamisol, a taxa de paralisia e morte do verme foi significativamente mais lenta nos extratos da Cunhã (Salhan et al., 2011).

A proteína finatina de 20 kDa retirada da *Clitoria ternatea* demonstrou atividades inibitórias sobre uma ampla gama de patógenos fúngicos de plantas (Kelemu et al., 2004). A Finotina também revelou atividades contra o patógeno bacteriano vegetal *Xanthomonas axonopodis* (Kelemu et al., 2004). Outro estudo constatou ao isolar uma proteína de 14,3 kDa de sementes de Cunhã, que demonstrou propriedades contra os patógenos fúngicos humanos, *Cryptococcus spp.* e *Candida spp.*, e contra uma série de fungos (Ajesh & Sreejith, 2014).

Pesquisas demonstram propriedades antimicrobianas dos ciclotídeos de Cunhã contra bactérias Gram-negativas, mas não Gram-positivas (Nguyen et al., 2011; Nguyen et al., 2016). Proteínas e peptídeos isolados de *Clitoria ternatea* apresentam propriedades inseticidas (Kelemu et al., 2004; Poth, Colgrave, Lyons, Daly & Craik, 2011a). Não foram observados efeitos negativos do extrato de Cunhã contra insetos benéficos (Oguis et al., 2019), sugerindo que esses extratos poderiam fornecer a base química para inseticidas naturais, ecologicamente corretos, servindo para dar valor social, econômico e qualidade nutricional aos alimentos no mercado.

Os pesticidas convencionais têm sido, por décadas, imprescindíveis para sustentar a produtividade agrícola sob uma demanda de mercado alavancada pela carga populacional crescente. Entretanto, muitos pesticidas tradicionais estão se tornando cada vez mais desfavorecidos, visto a ação tóxica fora do alvo e preocupações com a saúde humana (Oguis et al., 2019).

Essas preocupações, somadas com o aumento da ocorrência de insetos que criaram mecanismos de resistência, exigem a descoberta de novos pesticidas com novos modos de ação, mais limpos para o meio ambiente e com boa funcionalidade (Perry, Batterham & Daborn, 2011).

Um extrato etanólico orgânico preparado a partir de tecido vegetativo de *Clitoria ternatea* proporcionou atividade inseticida promissora contra um dos constituintes ativos encontrados na Cunhã,

como lactonas, taraxerol, glicosídeo variedade de pragas de culturas agrícolas. O extrato, denominado Sero-X<sup>®</sup>, até agora foi registrado na Austrália para aplicações na cultura do algodoeiro e macadâmia, com outras aplicações pendentes na Austrália e no exterior, segundo Oguis et al. (2019). Embora o modo exato de ação deste extrato etanólico ainda não tenha sido descoberto, é provável que em parte seja devido às altas concentrações de ciclotídeos de Cunhã presentes (Poth *et al.*, 2011a,b; Gilding *et al.*, 2016).

O protótipo *Clitoria ternatea* cyclotide Cter M é enriquecido no extrato Sero-X<sup>®</sup> e, quando testado de forma isolada, apresenta letalidade contra a lagarta-do-algodoeiro (*H. armigera*) (Poth et al., 2011a), mas ainda é desconhecido se outros componentes não protéicos presentes no extrato de Sero-X<sup>®</sup> desempenham um papel simultâneo.

É importante ressaltar que o extrato Sero-X<sup>®</sup> não apresenta toxicidade para roedores testados ou abelhas polinizadoras e é considerado não perigoso de acordo com o Sistema Globalmente Harmonizado de Classificação e Rotulagem de Produtos Químicos, de acordo com Oguis et al. (2019).

Até agora, apenas uma pequena fração dos mais de 70 ciclotídeos desta espécie foi testada quanto à atividade pesticida e pode haver componentes nesta variedade de ciclotídeos que são significativamente mais potentes como pesticidas do que os atualmente conhecidos, segundo Oguis et al. (2019).

## IMPORTÂNCIA PARA A FERTILIDADE DO SOLO

A *Clitoria ternatea* é muito utilizada para a adubação verde. Pelo fato de ela ser uma espécie leguminosa, possui a capacidade de associar-se com rizóbios para realizar a fixação biológica de nitrogênio (FBN) no solo (Chauhan, Rajvaidhya & Dubey, 2012). Além disso, ela pode ser utilizada na descompactação de solos, visto que seu crescimento radicular agressivo pode romper camadas coesas do solo, graças às suas raízes que podem medir mais de 2 metros de comprimento, segundo Kosai et al. (2015).

As raízes de *Clitoria ternatea* produzem grandes nódulos redondos (Oguis et al., 2019). Estes nódulos são conhecidos nas espécies de leguminosas por abrigar bactérias fixadoras de nitrogênio, e são denominados como rizóbios ou bactérias diazotróficas, tornando a planta ideal para uso em sistema de rotação de culturas, ou cultivo consorciado, visto que a Cunhã desempenha o papel de adubação verde.

Experimentos de campo conduzidos no México constataram que, 180 dias após o plantio de *Clitoria ternatea*, o conteúdo de matéria orgânica, N, P e K do solo aumentou significativamente, segundo Alderete-Chavez et al. (2011). Estudos revelam que a consorciação de *Clitoria ternatea* pode promover a um período de pousio mais curto (Njunie, Waggar & Luna-Orea, 2004).

## IMPORTÂNCIA COMO FORRAGEIRA

A *Clitoria ternatea* exhibe excelente rebrota após corte ou pastagem em curto período e produz altos rendimentos de forragem, também é usada como uma cultura de cobertura verde, segundo Gupta, Chahal

& Bhatia (2010). É uma leguminosa forrageira altamente palatável aos animais, geralmente preferida pelo gado em relação às outras espécies de leguminosas (Mota, 2022).

Essa espécie é comumente cultivada como planta ornamental e também pode ser utilizada para revegetação (Kosai et al., 2015). A Cunhã pode ser utilizada para produção de feno e silagem; banco de proteína; forragem fresca no cocho; produção de componentes bioativos de valor medicinal, dentre outras utilizações (Mota, 2022).

A *Clitoria ternatea* após se estabelecer em uma área, pode competir com as ervas daninhas, entretanto, alguns métodos de controle de plantas espontâneas são recomendados após a colheita da cultura (Morris, 2009). A Cunhã, uma vez implantada em um terreno, persiste por até oito anos, servindo para a produção de feno por apresentar caules finos e muita massa foliar, de acordo com Pinheiro et al. (2010).

Pesquisas ao testarem a capacidade supressora de seis espécies forrageiras sob o crescimento de *Parthenium hysterophorus* L. em quatro condições de pressão de pastejo, obtiveram como resultado que a Cunhã suprimiu o crescimento da erva espontânea sob pressão de pastejo moderada. Os pesquisadores deduziram que esse resultado foi alcançado, devido ao rápido crescimento da espécie em altura e em ramificações, além da rápida produção de biomassa, de acordo com Khan, George, Shabbir e Adkins (2019).

No primeiro ano de implantação, o rendimento produtivo da Cunhã pode atingir entre 0,5 a 4,0 ton MS ha<sup>-1</sup> corte<sup>-1</sup>, segundo Abreu (2012). Nos anos posteriores, a produtividade anual pode variar entre 1,5 a 5,0 ton MS ha<sup>-1</sup> em áreas exclusivas de Cunhã (Conway, McCosker, Osten, Coaker & Pengelly, 2001). Este rendimento é similar com a cultura forrageira da alfafa (*Medicago sativa*), e pode potencialmente substituí-la em regiões quentes e com baixa precipitação pluviométrica (Oguis et al., 2019).

A produção média de massa de matéria seca da cunhã é cerca de 4,88 ton MS ha<sup>-1</sup> aos 65 dias, segundo Silva (2011). Por apresentar alta taxa de rebrota dentre as espécies de leguminosas, é possível realizar até oito cortes por ano na planta de Cunhã, com intervalos de 45 dias (Hutasoit, Sirait, Tarigan & Ratih, 2018).

A *Clitoria ternatea* se torna, entre tantas espécies, uma boa opção aos pequenos agricultores da região do Nordeste brasileiro, como planta de alto aproveitamento alimentar, medicinal e forrageiro. A Cunhã, dentre as espécies de leguminosas tropicais, demonstra um alto potencial de exploração na região semiárida brasileira, graças a sua precocidade e produtividade em regiões tropicais, conforme Mistura et al. (2010).

A *Clitoria ternatea* vem sendo cultivada na região Nordeste, principalmente devido à sua adaptação a diferentes condições edafoclimáticas (Barros et al., 2004). Merece atenção de pesquisas científicas ao fato de tolerar longos períodos de seca (Nunes et al., 2018). Além de ser utilizada para a produção de feno, a cunhã também pode ser conservada na forma de silagem (Mota, 2022).

Pesquisas ao avaliarem a qualidade da silagem de dez espécies de leguminosas forrageiras, dentre elas a *Clitoria ternatea*, observaram que a Cunhã apresentou uma das três melhores capacidades de fermentação (69 g kg<sup>-1</sup> MS de carboidratos solúveis) e a melhor relação carboidrato solúvel/capacidade tampão (1,7), contribuindo para uma silagem de maior qualidade, de acordo com Heinritz, Martens, Avila e Hoedtke (2012).

Plantas forrageiras nativas ou adaptadas ao bioma da Caatinga possuem grande potencial para uso na alimentação animal. Na região do semiárido, os bancos de proteínas, como as leguminosas, por exemplo, são utilizados apenas nos períodos de maior estiagem, quando as gramíneas não estão produzindo tanto material verde para o consumo dos animais. Por isso, evitam a perda de carcaça pelos animais durante o período das secas, segundo Dantas, Rodrigues, Neves, Barbosa e Matsunaga (2021).

A *Clitoria ternatea* é uma espécie de extraordinária importância, sobretudo na área de nutrição, sanidade e reprodução animal. Ela nutricionalmente é rica em betacaroteno, pigmento precursor da vitamina “A”, além de atuar no sistema reprodutivo dos animais, segundo Pinheiro et al. (2010).

Para os herbívoros, principalmente os classificados como de porte corporal intermediário, quanto ao hábito alimentar, os caprinos e ovinos, por exemplo, preferem consumir folhas mais macias, como as folhas de Cunhã, que apresentam maior valor nutritivo (Abreu, 2012). Ao avaliarem diferentes espécies forrageiras, entre gramíneas e leguminosas, Souza e Oliveira (1999) obtiveram como resposta que a Cunhã foi a mais recomendada para a fenação, devido à melhora no desempenho da dieta de caprinos e ovinos, principalmente em épocas de estiagem, na região semiárida do Nordeste brasileiro.

## **PERSPECTIVAS E IMPORTÂNCIA DO ESTUDO**

Diante do que já foi exposto e das variadas utilizações da *Clitoria ternatea*, podemos perceber a sua importância e seu potencial na indústria alimentícia, farmacêutica, dentre outras, além de grande utilidade para o ambiente rural, porém esta espécie carece de pesquisas científicas que visem utilizar dela benefícios dos pequenos agricultores rurais no nosso país.

Nacionalmente, os pequenos agricultores consideravam diversas PANCs prejudiciais às suas plantações, devido à competição dessas plantas com a cultura principal. Porém, com o uso rotineiro, atualmente elas fazem parte da vegetação nativa. Os pequenos agricultores estão as cultivando sem necessidade de insumos e apropriação e preparo de novas terras, por se desenvolverem com facilidade em ambientes naturais, servindo como alimento na dieta humana e como fonte de renda para pequenos agricultores rurais, incentivando a economia local (Barreira et al., 2015).

Conclui-se que esta espécie apresenta grande potencial que pode ser aproveitado pela sociedade, por isso, observando o aumento das tendências do uso da adubação verde, da medicina alternativa, da agroecologia e do uso das PANCs, devido às mudanças de hábitos da população e a busca de um estilo de vida ambientalmente sustentável, faz da Cunhã um novo alvo para estudos em todo o mundo,

principalmente em países tropicais, onde ela ocorre e possui facilidade de crescimento e adaptação, sendo o Brasil um exemplo para ser referência em estudos com esta espécie.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abreu, M. L. C. (2012). Avaliação nutricional da cunhã (*Clitoria ternatea* L.) em diferentes idades de corte.
- Ajesh, K., & Sreejith, K. (2014). A novel antifungal protein with lysozyme-like activity from seeds of *Clitoria ternatea*. *Applied biochemistry and biotechnology*, 173(3), 682. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12010-014-0880-8>
- Alderete-C, A., Guerra-San, J. J., Cruz-Lande, N., Brito, R., Guevara, E., Gelabert, R., ... & Amador-Del, L. E. (2011). Evaluation of *Clitoria ternatea* L. in Relation with Fertility in Tropical Soils. *Journal of Applied Sciences*, 11(6), 1044-1048. DOI: 10.3923/jas.2011.1044.1048
- Al-Snafi, A. E. (2016). Pharmacological importance of *Clitoria ternatea*—A review. *IOSR Journal of Pharmacy*, 6(3), 68-83.
- Barreira, T. F., paula filho, G. X., Rodrigues, V. C. C., andrade, F. M., santos, R. H., priore, S. E., & Pinheiro-Sant'ana, H. M. (2015). Diversidade e equitabilidade de plantas alimentícias não convencionais na zona rural de Viçosa, Minas Gerais, Brasil. *Revista Brasileira de Plantas Medicinais*, 17, 964-974. DOI: [http://dx.doi.org/10.1590/1983-084X/14\\_100](http://dx.doi.org/10.1590/1983-084X/14_100)
- Barros, N. N., Rossetti, A. G., & Carvalho, R. B. D. (2004). Feno de cunhã (*Clitoria ternatea* L.) para acabamento de cordeiros. *Ciência Rural*, 34, 499-504. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782004000200025>
- Borikar, S. P., Kallewar, N. G., Mahapatra, D. K., & Dumore, N. G. (2018). Dried flower powder combination of *Clitoria ternatea* and *Punica granatum* demonstrated analogous anti-hyperglycemic potential as compared with standard drug metformin: In vivo study in Sprague Dawley rats. *Journal of applied pharmaceutical science*, 8(11), 075-079. DOI: 10.7324/JAPS.2018.81111
- Chauhan, N., Rajvaidhya, S., & Dubey, B. K. (2012). Pharmacognostical, phytochemical and pharmacological review on *Clitoria ternatea* for antiasthmatic activity. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 3(2), 398.
- Chusak, C., Henry, C. J., Chantarasinlapin, P., Techasukthavorn, V., & Adisakwattana, S. (2018). Influence of *Clitoria ternatea* flower extract on the in vitro enzymatic digestibility of starch and its application in bread. *Foods*, 7(7), 102. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods7070102>
- Conway, M. J., McCosker, K., Osten, V., Coaker, S., & Pengelly, B. C. (2001). Butterfly pea—A legume success story in cropping lands of central Queensland. In *Science and Technology: Delivering Results for Agriculture? Proceedings of the 10th Agronomy Conference Hobart, Tasmania*. Australian Society of Agronomy.
- Dantas, S. M., Rodrigues, V. P., Neves, R. S., Barbosa, R. R., & Matsunaga, W. K. (2021). Análise bromatológica do feijão guandu cultivado no semiárido para produção de forragens em diferentes



- tratamentos. *Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas*, 15(3), 381-390. DOI: <https://doi.org/10.18011/bioeng2021v15n3p381-390>
- Feketea, G., & Tsabouri, S. (2017). Common food colorants and allergic reactions in children: Myth or reality?. *Food chemistry*, 230, 578-588. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.03.043>
- Gilding, E. K., Jackson, M. A., Poth, A. G., Henriques, S. T., Prentis, P. J., Mahatmanto, T., & Craik, D. J. (2016). Gene coevolution and regulation lock cyclic plant defence peptides to their targets. *New Phytologist*, 210(2), 717-730. DOI: <https://doi.org/10.1111/nph.13789>
- Gupta, G. K., Chahal, J., & Bhatia, M. (2010). *Clitoria ternatea* (L.): Old and new aspects. *J Pharm Res*, 3(11), 2610-2614.
- Hamdi, N.; Hsouna, A. (2012). Phytochemical composition and antimicrobial activities of the essential oils and organic extracts from pelargonium graveolens growing in Tunisia. *Lipids in Health and Disease*, 11 (1), 167-174.
- Heinritz, S. N., Martens, S. D., Avila, P., & Hoedtke, S. (2012). The effect of inoculant and sucrose addition on the silage quality of tropical forage legumes with varying ensilability. *Animal Feed Science and Technology*, 174(3-4), 201-210. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2012.03.017>
- Hsouna, A. B., & Hamdi, N. (2012). Phytochemical composition and antimicrobial activities of the essential oils and organic extracts from Pelargonium graveolens growing in Tunisia. *Lipids in health and disease*, 11, 1-7. DOI: <https://doi.org/10.1186/1476-511X-11-167>
- Hutasoit, R., Sirait, J., Tarigan, A., & Ratih, D. H. (2018). Evaluation of four pasture legumes species as forages and cover crops in oil palm plantation. *Jurnal Ilmu Ternak dan Veteriner*, 22(3), 124-134. DOI: <https://doi.org/10.14334/jitv.v22i3.1801>
- Jamil, N., Zairi, M. N. M., Nasim, N. A. I. M., & Pa'ee, F. (2018). Influences of environmental conditions to phytoconstituents in *Clitoria ternatea* (butterfly pea flower)—A review. *Journal of Science and Technology*, 10(2). DOI: <https://doi.org/10.30880/jst.2018.10.02.029>
- Jeyaraj, E. J., Lim, Y. Y., & Choo, W. S. (2021). Extraction methods of butterfly pea (*Clitoria ternatea*) flower and biological activities of its phytochemicals. *Journal of food science and technology*, 58(6), 2054-2067. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04745-3>
- Kamble, M. A., Mahapatra, D. K., Dhabarde, D. M., & Ingole, A. R. (2017). Pharmacognostic and pharmacological studies of *Bombax ceiba* thorn extract. *Journal of Pharmacy & Pharmacognosy Research*, 5(1), 40-54.
- Kelemu, S., Cardona, C., & Segura, G. (2004). Antimicrobial and insecticidal protein isolated from seeds of *Clitoria ternatea*, a tropical forage legume. *Plant Physiology and Biochemistry*, 42(11), 867-873. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2004.10.013>
- Khadatkar, S., Manwar, J., & Bhajipale, N. (2008). In-vitro anthelmintic activity of root of *Clitoria ternatea* Linn. *Pharmacognosy magazine*, 4(13), 148.



- Khan, N., George, D., Shabbir, A., & Adkins, S. W. (2019). Suppressive plants as weed management tool: Managing *Parthenium hysterophorus* under simulated grazing in Australian grasslands. *Journal of environmental management*, 247, 224-233. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.06.051>
- Kosai, P., Sirisidthi, K., Jiraungkoorskul, K., & Jiraungkoorskul, W. (2015). Review on ethnomedicinal uses of memory boosting herb, butterfly pea, *Clitoria ternatea*. *Journal of Natural Remedies*, 71-76. DOI: <https://doi.org/10.18311/jnr/2015/480>
- Kumari, N. V., & Devi, M. L. (2013). Effect of some indigenous plant extracts on the inhibition of egg hatching of nematode *Meloidogyne incognita* Chitwood infesting mulberry. *HortFlora Research Spectrum*, 2(1): 35-39
- Lin, W. S., He, P. H., Chau, C. F., Liou, B. K., Li, S., & Pan, M. H. (2018). The feasibility study of natural pigments as food colorants and seasonings pigments safety on dried tofu coloring. *Food Science and Human Wellness*, 7(3), 220-228. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2018.09.002>
- Mahapatra DK, Bharti SK. (2016). Drug Design. Tara Publications Private Limited, New Delhi.
- Melo, M. S., Santos, M. C., da Costa, J. G., Pires, L. L. S., Rocha, T. J. M., & dos Santos, A. F. (2018). Caracterização fitoquímica de *Clitoria ternatea* Linn biodirecionada pelo seu potencial contra micro-organismos multirresistentes. *Diversitas Journal*, 3(2), 429-441.
- Mistura, C., Miranda Oliveira, J., Carvalho de Souza, T., Almeida Sampaio Vieira, P., Rodrigues dos Santos Lima, A., Almeida de Oliveira, F., ... & Macedo da Silva, R. (2010). Adubação orgânica no cultivo da Cunhã na região semiárida do Brasil. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 11(3).
- Morris, J. B. (2009). Characterization of butterfly pea (*Clitoria ternatea* L.) accessions for morphology, phenology, reproduction and potential nutraceutical, pharmaceutical trait utilization. *Genetic resources and crop evolution*, 56, 421-427. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10722-008-9376-0>
- Mota, M. A. A. (2022). Aspectos morfológicos e produtivos da *Clitoria ternatea* L. em diferentes sistemas de cultivo: impacto na diversidade e comportamento de visitantes florais. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Zootecnia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.
- Mukherjee, P. K., Kumar, V., Kumar, N. S., & Heinrich, M. (2008). The Ayurvedic medicine *Clitoria ternatea*—From traditional use to scientific assessment. *Journal of ethnopharmacology*, 120(3), 291-301. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jep.2008.09.009>
- Nguyen, G. K. T., Zhang, S., Nguyen, N. T. K., Nguyen, P. Q. T., Chiu, M. S., Hardjojo, A., & Tam, J. P. (2011). Discovery and characterization of novel cyclotides originated from chimeric precursors consisting of albumin-1 chain a and cyclotide domains in the Fabaceae family. *Journal of Biological Chemistry*, 286(27), 24275-24287. DOI: <https://doi.org/10.1074/jbc.M111.229922>
- Nguyen, K. N. T., Nguyen, G. K. T., Nguyen, P. Q. T., Ang, K. H., Dedon, P. C., & Tam, J. P. (2016). Immunostimulating and Gram-negative-specific antibacterial cyclotides from the butterfly pea

(Clitoria ternatea). *The FEBS journal*, 283(11), 2067-2090. DOI: <https://doi.org/10.1111/febs.13720>


- Njunie, M. N., Wagger, M. G., & Luna-Orea, P. (2004). Residue decomposition and nutrient release dynamics from two tropical forage legumes in a Kenyan environment. *Agronomy Journal*, 96(4), 1073-1081. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronj2004.1073>
- Nunes, G. F. O., Menezes, K. A. S., Sampaio, A. A., Leite, J., Fernandes-Júnior, P. I., Seido, S. L., ... & Martins, L. M. V. (2018). Polyphasic characterization of forage legumes root nodule bacteria isolated from semiarid region in Brazil. *Revista de Ciências Agrárias*, 41(3), 612-624. DOI: <https://doi.org/10.19084/RCA17339>
- Oguis, G. K., Gilding, E. K., Jackson, M. A., & Craik, D. J. (2019). Butterfly pea (*Clitoria ternatea*), a cyclotide-bearing plant with applications in agriculture and medicine. *Frontiers in plant science*, 10, 448370. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00645>
- Oliveira, H. A. B. (2019). Habits and food crops on the consumption of non-conventional vegetables by family farmers. *Revista Agrária Acadêmica*, 2(3), 17-32.
- Pasukamonset, P., Kwon, O., & Adisakwattana, S. (2017). Oxidative stability of cooked pork patties incorporated with *Clitoria ternatea* extract (blue pea flower petal) during refrigerated storage. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(1), e12751. DOI: <https://doi.org/10.1111/jfpp.12751>
- Pasukamonset, P., Pumalee, T., Sanguansuk, N., Chumyen, C., Wongvasu, P., Adisakwattana, S., & Ngamukote, S. (2018). Physicochemical, antioxidant and sensory characteristics of sponge cakes fortified with *Clitoria ternatea* extract. *Journal of food science and technology*, 55, 2881-2889. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3204-0>
- Pereira, D. D. (2005). Plantas, prosa e poesia do Semi-árido. *Campina Grande: EDUFPG*.
- Perry, T., Batterham, P., & Daborn, P. J. (2011). The biology of insecticidal activity and resistance. *Insect biochemistry and molecular biology*, 41(7), 411-422. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ibmb.2011.03.003>
- Pinheiro, C. M., Leite, J., Martins, L. M. V., Mistura, C., Vieira, P. A. S., Oliveira, F. A., & Lima, A. R. S. (2010). Perfil morfológico de rizóbio nodulando cunhã (*Clitoria ternatea* L.) em neossolo flúvico. *Revista Científica de Produção Animal*, 12(1), 27-30. DOI: <http://dx.doi.org/10.15528/2176-4158/rcpa.v12n1p27-30>
- Podsędek, A. (2007). Natural antioxidants and antioxidant capacity of Brassica vegetables: A review. *LWT-Food science and Technology*, 40(1), 1-11. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2005.07.023>
- Ponnusamy, S., Gnanaraj, W. E., Marimuthu, J., Selvakumar, V., & Nelson, J. (2010). The effect of leaves extracts of *Clitoria ternatea* Linn against the fish pathogens. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 3(9), 723-726. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1995-7645\(10\)60173-3](https://doi.org/10.1016/S1995-7645(10)60173-3)
- Poth, A. G., Colgrave, M. L., Lyons, R. E., Daly, N. L., & Craik, D. J. (2011). Discovery of an unusual biosynthetic origin for circular proteins in legumes. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(25), 10127-10132. a DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1103660108>

- Poth, A. G., Colgrave, M. L., Philip, R., Kerenga, B., Daly, N. L., Anderson, M. A., & Craik, D. J. (2011). Discovery of cyclotides in the Fabaceae plant family provides new insights into the cyclization, evolution, and distribution of circular proteins. *ACS chemical biology*, 6(4), 345-355. b DOI: <https://doi.org/10.1021/cb100388j>
- Salhan, M., Kumar, B., Tiwari, P., Sharma, P., Sandhar, H. K., & Gautam, M. (2011). Comparative anthelmintic activity of aqueous and ethanolic leaf extracts of *Clitoria ternatea*. *Int J Drug Dev Res*, 3(1), 62-9.
- Santos, A. P., Zatta, D. T., Moraes, W. F., Bara, M. T. F., Ferri, P. H., Silva, M. D. R. R., & Paula, J. R. (2010). Composição química, atividade antimicrobiana do óleo essencial e ocorrência de esteróides nas folhas de *Pterodon emarginatus* Vogel, Fabaceae. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 20, 891-896. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-695X2010005000052>
- Sen, T., Barrow, C. J., & Deshmukh, S. K. (2019). Microbial pigments in the food industry—challenges and the way forward. *Frontiers in nutrition*, 6, 7. DOI: <https://doi.org/10.3389/fnut.2019.00007>
- Silva, R. M. (2011). Adubação fosfatada sobre a cultura da cunhã no semiárido. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Vale do São Francisco, Programa de Pós - Graduação em Ciência Animal, Petrolina-PE. 66p.
- Silva, V. (2021). Plantas Alimentícias Não convencionais (PANC's) da região Nordeste do Brasil: uma revisão integrativa. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Nutrição) – UniAGES, Paripiranga.
- Souza, F. B., & Oliveira, M. C. (1999). Coleta, introdução e seleção de forrageiras nativas e exóticas. In: Queiroz, Ma De; Goedert, Co; Ramos, SRR (Ed.). Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o Nordeste brasileiro. Petrolina: Embrapa Semi-Árido; Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 1999.
- Tobelem, J. A. (2018). Perspectivas para o cultivo orgânico da bertalha (*Basella alba* L.) no Cinturão Verde do Município de Belo Horizonte/MG. Dissertação (Mestrado em Agricultura Orgânica) - Instituto de Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Agricultura Orgânica. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica – RJ.

# Correlación entre variables bioquímicas y de rendimiento de híbridos de maíces amarillos cultivados en el Centro y Noroeste de México

Recibida em: 25/08/2024

Aprobado em: 29/08/2024

 10.46420/9786585756402cap8


Lorenzo Pérez López 


Leandris Argentel Martínez 

Ofelda Peñuelas Rubio 

Francisco Cervantes Ortiz 

Cesar Leobardo Aguirre Mancilla 

J. Guadalupe García Rodríguez 

Enrique Andrio Enriquez 

Jorge González Aguilera 

## INTRODUÇÃO

El maíz (*Zea mays* L.), se destaca por su gran importancia económica, social y cultural (Ortega, 2023). Dentro de las variedades de maíz, el amarillo se destina a la industria o la fabricación de alimento balanceado para la producción pecuaria en llanos (Araujo, 2022), y en algunas zonas altas de México (Robledo et al., 2022; Espinosa-Calderón et al., 2021).

Los volúmenes de importación de maíz, fundamentalmente amarillo, en México ascienden a más de 13 millones de toneladas de maíz de grano amarillo procedente de los Estados Unidos de Norte América, con un 76% para el sector pecuario (Espinosa Cortés, 2022). Un 18% es para las industrias de almidones, para autoconsumo, industrias de cereales y botanas el 2% (Gouttefanjat, 2021).

Ante tal situación, de contrarrestar los volúmenes de importación de este importante cereal y por ende contribuir a la seguridad alimentaria nacional, se hace necesario establecer programas de mejora genética para obtener materiales promisorios con adaptación a las condiciones edafoclimáticas de las regiones productivas y con altos rendimientos (Erenstein et al., 2022). Por lo tanto, se hace necesario el monitoreo de la variabilidad de respuesta de estos materiales y la contribución que pueden tener las variables del desarrollo y de productividad.

Un propósito importante del mejoramiento genético de maíz por hibridación es generar cruza que superen en rendimiento de grano a las variedades criollas, mejoradas e híbridos comerciales. Unido a lo ante expuesto, en ocasiones se cuenta con gran número de individuos en los germoplasmas disponibles y se cuenta con alto número de caracteres a evaluar, con considerable grado de relación entre variables, por lo que se debe recurrir a métodos estadísticos de comparación multivariados (Fernández-Chuairey et al., 2022).

En consideración a lo antes descrito, el objetivo del presente trabajo fue identificar los avances obtenidos de trece híbridos simples de maíz de grano amarillo, mediante la metodología de mejoramiento genético para el desarrollo de híbridos, evaluados en dos ambientes contrastantes en el Centro y Noroeste de México.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### *Área de estudio y Ubicación del área experimental*

La evaluación de los 13 híbridos de maíz de grano amarillo, se realizó en dos sitios experimentales del Tecnológico Nacional de México, considerándose como sitio 1, el campo experimental del Tecnológico de Roque, Celaya, Guanajuato, México, ubicado a los 20°30'28" de latitud norte y 100°50'00" de longitud oeste, a una altitud de 1750 msnm (Figura 1, izquierda). El cultivo de los híbridos se desarrolló durante el ciclo agrícola primavera – verano en el periodo entre julio - noviembre del 2022. El clima predominante en la región es semi-cálido y sub-húmedo con temperaturas promedio de 18°C (García-Rodríguez et al., 2019).



**Figura 1.** Sitio 1 donde se estableció el ensayo desarrollado en el Tecnológico Nacional de México Campus Roque, Celaya, Guanajuato, México (izquierda) y Sitio 2 donde se estableció el ensayo desarrollado en el Tecnológico Nacional de México Campus Valle del Yaqui BÁCUM Sonora México (derecha). Sitios remarcados de color verde muestran el lugar específico donde se estableció el cultivo. Imágenes tomadas del Google Earth, el 10 de julio del 2022.

La ubicación geográfica del sitio experimental 2, del Tecnológico del Valle del Yaqui es sobre la Calle 600, Block 611, BÁCUM, 85276 San Ignacio Río Muerto, Sonora. A una altitud de 26 msnm. El clima del municipio se clasifica en dos tipos, el sector al norte del río Yaqui tiene un clima Seco muy cálido y cálido, mientras que la mitad al sur del río registra clima Seco templado. La temperatura media anual de BÁCUM es de 24 °C (Figura 1, derecha).

### *Diseño experimental*

En ambas evaluaciones en los dos sitios experimentales, se utilizó un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, y 13 híbridos como material genético que conformaron los tratamientos. La parcela experimental consistió en surcos de cinco metros de longitud.

**Material genético empleado**

Para la realización de los experimentos se obtuvo inicialmente el material vegetal que fue resultado de un diseño dialélico utilizando el método I. de Griffing (Saavedra et al., 2021), el cual consistió en realizar cruza directas y recíprocas empleando cinco líneas de maíz grano amarillo, que fueron obtenidas del Banco de Germoplasma del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT).

**Tabla 1.** Híbridos de maíz de grano color amarillo (GA), obtenidos a partir del diseño dialélico.

Código	Parentales
GA1	L1 CML 479 X L4 CML 101
GA2	L1 CML 479 X L5 CML 103
GA3	L3 CML 551 X L4 CML 101
GA4	L1 CML 479 X L3 CML 551
GA5	L2 CML 501 X L3 CML 551
GA6	L2 CML 501 X L4 CML 101
GA7	L4 CML 101 X L5 CML 103
GA8	L5 CML 103 X L3 CML 551
GA9	L3 CML 551 X L1 CML 479
GA10	L5 CML 103 X L4 CML 101
GA11	L5 CML 103 X L1 CML 479
GA12	L4 CML 101 X L3 CML 551
GA13	L4 CML 101 X L1 CML 479

**Siembra y atenciones de cultivo**

En el sitio experimental 1, la siembra se realizó el 07 de julio de 2022, y en el sitio experimental 2 se llevó a cabo el 25 de diciembre de 2022. En ambas fechas de siembra la profundidad de siembra fue de 5 cm. en surcos de 5 m de longitud y una separación entre surcos de 80 cm, con una separación entre plantas de 20 cm. para una densidad de población de 62,500 plantas por ha<sup>-1</sup>. La fertilización en ambos sitios consistió en cuatro aplicaciones, una de fondo a base de urea y mezcla de DAP (400 kg ha<sup>-1</sup>) previo a los riegos de auxilio se realizaron tres más a razón de 150 kg ha<sup>-1</sup> de NPK.

**Control de plagas**

Durante el desarrollo del cultivo para el caso del experimento en el sitio experimental 1, se tuvo incidencia de plagas como fue el caso de trips (*Rankliniella occidentalis*), y gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), ambas plagas fueron controladas con los insecticidas Palgus® (spinetoran) y Agresor® (clorpirifos metil + permetrina). En el sitio experimental 2 se encontró la presencia significativa de trips (*Rankliniella occidentalis*), y gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*). Dichas plagas se controlaron con los

insecticidas Rimon® Supra y Decís® (deltametrina), con dosis de 1.0 L ha<sup>-1</sup>, respectivamente. En ambas evaluaciones se efectuaron dos pases con cultivadora para dar aireación al suelo y control de malezas, la mayor parte de control de maleza fue de manera manual (deshierbes). Para mantener el suelo con humedad se aplicaron cuatro riegos de auxilio a un intervalo de 12 a 15 días.

## **VARIABLES FISIOLÓGICAS EVALUADAS**

### ***Contenido de proteínas solubles en hojas, granos y totales***

Para determinar el contenido de proteína soluble total en hojas (PSTH), se tomó una muestra de 1,0 g de material foliar fresco de la parte central de las tres hojas más cercanas a la panícula. Esta muestra compuesta se colocó en un mortero y se maceró. Similar masa (1,0 g) se tomó para granos, en un total de 100 granos tomados al azar procedentes de 10 mazorcas aleatoriamente tomadas. La extracción se realizó con 40,0 ml de una solución tampón fosfato a pH 6,86 preparada a partir de fosfato potásico. Esta solución se añadió lentamente mientras se realizaba la extracción (Prakash y Prathapasenan, 1988). La cuantificación del contenido de proteína soluble total (CPST) se realizó mediante la técnica analítica de fotometría de absorción, en un espectrofotómetro Hewlett Packard 8452, a una longitud de onda de 750 nm. Esta determinación se llevó a cabo por triplicado.

### ***Contenido total de carbohidratos en hojas, granos y totales***

Para la extracción de carbohidratos (Yoshida et al., 1971), se realizaron tres extracciones con 5 mL de etanol (80 %) a 0,05 g de masa seca de segmentos de hojas. Para los granos se tomó una masa de 0,05 g obtenida de 100 granos tomados al azar, procedentes de 10 mazorcas aleatoriamente tomadas. El contenido de carbohidratos solubles totales (mg g MS<sup>-1</sup>) (MS: materia seca), se determinó mediante el método de la antrona (Mc Cready et al., 1950). La absorbancia se midió a una longitud de onda de 625 nm en un espectrofotómetro (JENWAY 6405 UV/Vis).

### ***Variables morfológicas y de rendimiento***

Las variables agronómicas de los 13 híbridos de maíz de color amarillo fueron los siguientes: altura final de la planta (AP), considerada como la longitud, promedio en centímetros desde la base del tallo hasta la base de la espiga, de un muestreo de 8 plantas tomadas al azar 2 plantas por cada repetición en cada híbrido y altura de la mazorca (AM), considerada como la longitud, promedio en centímetros tomada desde la base del tallo, hasta el nudo de inserción de la mazorca. Estas variables se midieron con flexómetro marca TRUPER 5. Las variables días a floración masculina (DFM) y femenina (DFF), expresadas como el número de días transcurridos desde la siembra hasta que el 50 % de las plantas presentaban 50 % de anthesis (Torres-Morales et al., 2022), y como el número de días transcurridos desde la siembra hasta que el 50 % de las presentaban 50 % de emergencia de estigmas respectivamente. La



longitud y diámetro de la mazorca (LM y DM, respectivamente) ambas medidas en cm con flexómetro y la segunda con vernier digital marca TRUPUER. El rendimiento agrícola (RDT0, t ha<sup>-1</sup>), al 14% de humedad, se determinó en cada híbrido en un total de plantas por tratamientos y se expresó en t ha<sup>-1</sup>.

### ***Análisis estadísticos***

Se conformaron dos matrices de 13\*13, una para cada sitio experimental. En cada celda de las matrices se incorporaron los valores promedios de cuatro repeticiones tomadas para cada variable evaluada. Posteriormente, se desarrollaron análisis de correlaciones lineales basado en la matriz de correlación de Pearson (1901), para analizar la contribución o grado de asociación entre variables. Se utilizó el paquete estadístico profesional ESTATISTICA, versión 14.0 para Windows. Adicionalmente se realizó un análisis de correlación canónico entre los cánones bioquímicos y los de rendimiento.

## **RESULTADOS**

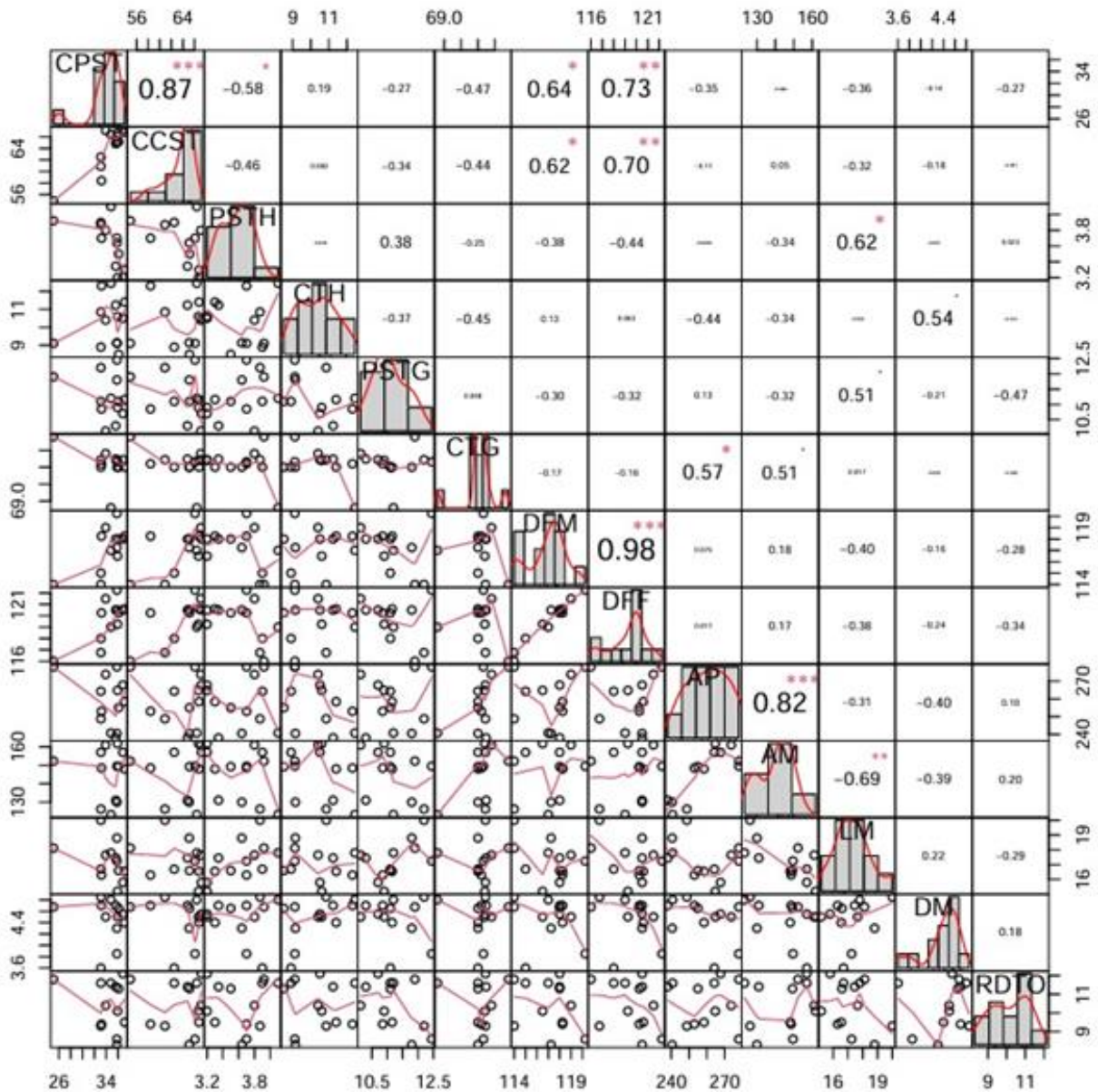
### ***Correlación entre las variables en el Sitio 1 (Tecnológico Nacional de México Campus Roque, Celaya, Guanajuato, México)***

Al evaluar las correlaciones existentes entre las variables en el Sitio 1 se observa que existió correlación altamente significativa entre las variables CPST y CCST (0.87,  $p < 0.001$ ), de la misma forma, las variables días a floración masculina y días a floración femenina (DFM y DFF) presentaron una correlación altamente significativa de 0.64 ( $p < 0.05$ ) y 0.73 ( $p < 0.01$ ), respectivamente. Esta misma variable CPST evidenció una correlación negativa con PSTH de -0.58 ( $p < 0.05$ ) (Figura 2). La duración de los días hasta la floración de flores masculinas y femeninas manifestó un impacto en el acumulo de proteínas, y por ser esta relación positiva, indica que en la medida que el tiempo se hace mayor, es mayor el acumulo de proteínas totales en las plantas de maíz.

La cantidad de carbohidratos solubles totales tubo una estrecha relación con el tiempo que demoran las plantas en florecer, con 0.62 ( $p < 0.05$ ) y 0.70 ( $p < 0.01$ ) para flores femeninas y masculinas, respectivamente. Comportamiento similar al obtenido para la variable CPST en relación a la duración de las fases de florecimiento masculina y femenina (Figura 2), indicando que el acumulo tanto de proteínas como de carbohidratos son influenciados por estos dos tiempos, con mayor magnitud de esta relación con las flores femeninas, lo que podría ser una herramienta de selección indirecta para estas características.

Las proteínas solubles totales en hojas manifestaron una correlación positiva y significativa con la variable LM (0,62,  $p < 0.05$ ). Esta relación es también de interés cuando imaginamos que a partir de la PSTH podemos estimar de modo indirecto un aumento del rendimiento si imaginamos que estamos promoviendo una mayor longitud de la mazorca, que tiene un efecto directo en el rendimiento de la cultura.

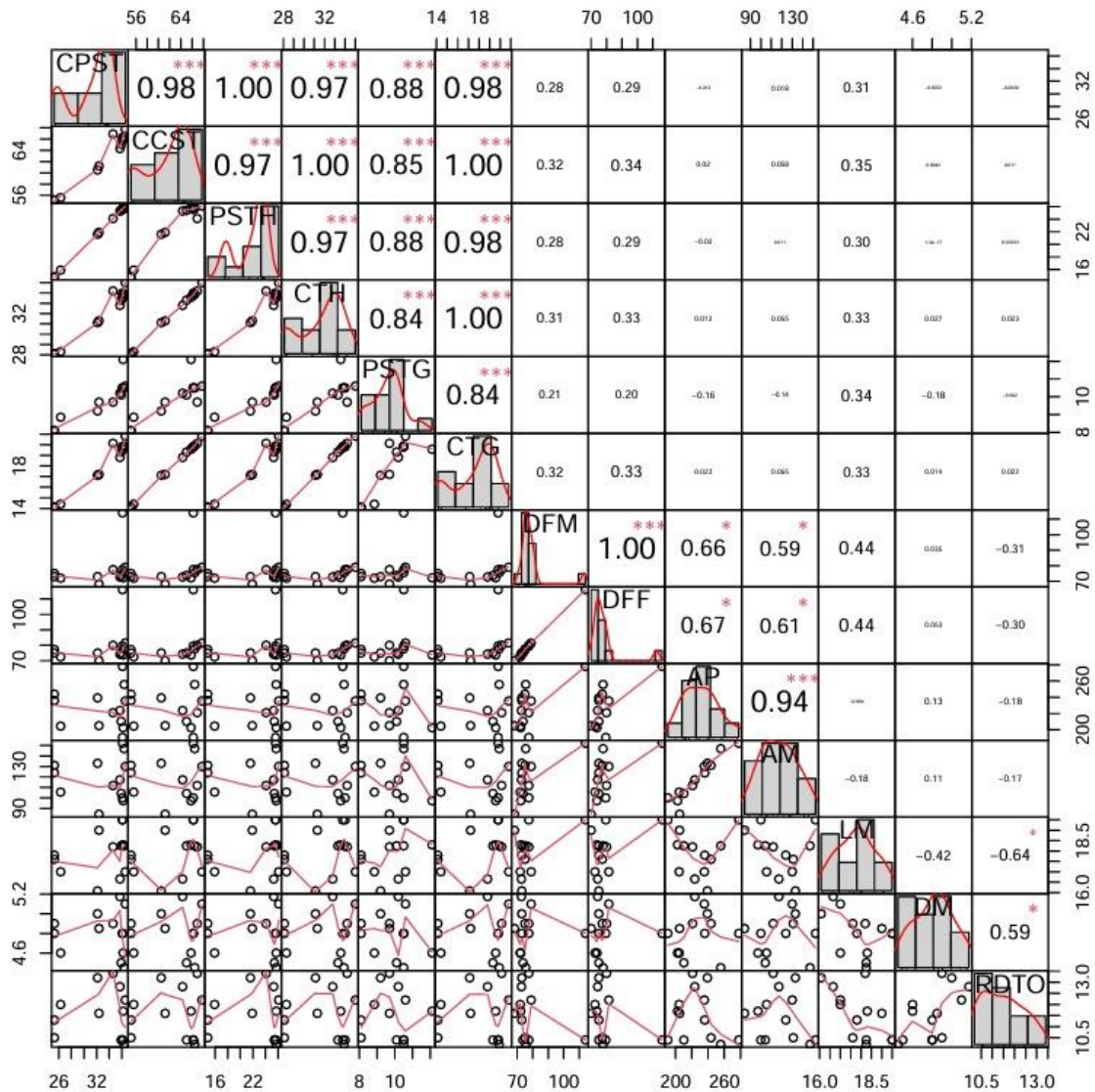




**Figura 2.** Correlaciones entre las variables vegetativas y de rendimiento en el Sitio 1 (Instituto Tecnológico de Roque). CPST: cantidad de proteínas solubles totales, CCST: cantidad de carbohidratos solubles totales, PSTH: proteínas solubles totales en hoja, CTH: carbohidratos totales en hoja, PSTG: proteínas solubles totales en grano, CTG: carbohidratos totales en grano, DFM: días a floración masculina, DFF: días a floración femenina, AP: altura final de la planta, AM: altura de mazorca, LM: longitud de mazorca, DM: diámetro de mazorca, e RDTO: rendimiento agrícola. \*\*\*, \*\* y \* representan correlaciones de Pearson significativas al 0.001, 0.01 y 0.05%, respectivamente.

Los carbohidratos totales en hojas se correlacionaron positivamente con la AP y la AM con valores de 0.57 ( $p < 0.05$ ) y 0.51 ( $p < 0.05$ ), respectivamente. Estas combinaciones son de interés para el mejoramiento de plantas del cultivo del maíz como medidas indirectas que pueden auxiliar el proceso de selección de individuos con alto contenido de carbohidratos en las hojas y al mismo tiempo seleccionar individuos que tienen mayor altura de plantas y mazorcas, ideal para contribuir al rendimiento.

Las proteínas solubles totales en granos manifestaron correlaciones positivas de 0.51 ( $p < 0.05$ ) con LM. Los carbohidratos totales en granos manifestaron correlaciones moderadas y positivas con AP y AM con valores de 0.57 ( $p < 0.05$ ) y 0.51 ( $p < 0.05$ ), respectivamente. Los DFM y DFF manifestaron una elevada correlación altamente significativa de 0.98 ( $p < 0.001$ ), así como también entre la AP y AM (0.82,  $p < 0.001$ ) y entre AM y LM de magnitud negativa (-0.69,  $p < 0.01$ ) (Figura 2). El RDTO en relación a todas las variables evaluadas manifestó la mayor correlación de magnitud negativa de -0.47 con PSTG, o que indica que la mayoría de los híbridos obtenidos tenían poca proteína soluble total en los granos al mismo tiempo que tenían mayores rendimientos (Figura 2).



**Figura 3.** Correlaciones entre las variables vegetativas y de rendimiento en el Sitio 2 (Instituto Tecnológico del Valle del Yaqui). CPST: cantidad de proteínas solubles totales, CCST: cantidad de carbohidratos solubles totales, PSTH: proteínas solubles totales en hoja, CTH: carbohidratos totales en hoja, PSTG: proteínas solubles totales en grano, CTG: carbohidratos totales en grano, DFM: días a floración masculina, DFF: días a floración femenina, AP: altura final de la planta, AM: altura de mazorca, LM: longitud de mazorca, DM: diámetro de mazorca, e RDTO: rendimiento agrícola. \*\*\*, \*\* y \* representan correlaciones de Pearson significativas al 0.001, 0.01 y 0.05%, respectivamente.

### ***Correlación entre las variables en el Sitio 2 (Instituto Tecnológico de Valle del Yaqui)***

Cuando evaluada la correlación de las variables asociadas con el contenido de proteínas y carbohidratos, presente en hojas, granos y total se evidenciaron elevadas correlaciones (1.00 hasta 0.84), todas ellas altamente significativas ( $p < 0.001$ ) (Figura 3).

Estas mismas variables cuando correlacionadas con el resto de las variables no manifestaron correlaciones de grande magnitud. Dentro del grupo de variables asociadas con los días para obtener las flores masculinas y femeninas, así como, la altura de la planta y mazorca manifestaran correlaciones altas a moderadas (1.00 hasta 0.59), al mismo tiempo que estas mismas variables manifestaron con el restante de las variables correlaciones de pequeña magnitud. Para este sitio 2 a diferencia del sitio 1, el rendimiento manifestó correlaciones moderadas y significativas con LM (-0.64,  $p < 0.05$ ) y DM (0.59,  $p < 0.05$ ).

## **DISCUSIÓN**

Estudios de correlación relacionan conjuntos de variables y son empleados en numerosas investigaciones para interpretar las relaciones directas e indirectas que pueden ocurrir entre las variables. Este tipo de estudio es empleado en la mayoría de las investigaciones relacionadas al mejoramiento de plantas, donde a veces es de interés a través de una característica seleccionar individuos, dando prioridad para aquellas variables que son más fáciles de evaluar. La correlación entre altura de planta (AP) y altura de mazorca (AM) ha sido objeto de numerosos estudios en distintas poblaciones de maíz, cuyos valores oscilan alrededor de 0.75 (López-Romero et al., 2005). Estos valores concuerdan con los observados en el presente estudio (0.95,  $p < 0.001$ ). Esto indica que a mayor AP se obtiene una mayor AM, medida indirecta que puede auxiliar el proceso de selección. En los híbridos de grano amarillo, la correlación entre el contenido de carbohidratos durante la fenofase de floración se correlacionó significativamente con el rendimiento de grano.

El estudio de las correlaciones entre variables morfológicas y agronómicas es de suma importancia en el programa de mejoramiento genético del maíz (Perez-Lopez, 2024a, 2024b). Una alta tasa de movilización de proteínas y carbohidratos hacia el grano es indicativo de buena capacidad del genotipo para producir altos rendimientos, inicialmente de biomasa y posteriormente de grano (Amegbor et al. 2022). Se conoce que estas dos macromoléculas del metabolismo primario contribuyen significativamente a incrementar la tolerancia a estreses abióticos como déficit hídrico. Se ha demostrado que condiciones estresantes como las altas temperaturas también son atenuadas con el incremento de la concentración de proteínas y carbohidratos en maíz (Dong & Beckles, 2019). Por tanto, los híbridos que presentan estas características se pueden recomendar como productores potenciales de altos rendimientos en regiones afectadas por la sequía y el estrés por calentamiento. Selección en ambientes contrastantes como los evaluados en el presente trabajo, permiten la selección de individuos en ambientes contrastantes y así hacer recomendaciones de híbridos específicos para cada ambiente.

Estudios desarrollados por Ndlovu et al. (2022) permitieron encontrar correlaciones entre estas características con el rendimiento de grano, tal como se obtuvo en el presente estudio, principalmente en el Sitio 2. Estos trabajos aquí presentados nos permiten comprobar las capacidades de Híbridos evaluados para tributar a etapas fenológicas reproductivas con el incremento de las variables vegetativas. Es posible obtener genotipos que producen dos de las macromoléculas más importantes en el metabolismo primario y estos determinan la calidad de grano, permitiendo así hacer selección entre los híbridos obtenidos.

La identificación de posibles diferencias basadas en estas características bioquímicas y agronómicas permitirá continuar con la evaluación de estos híbridos para su validación para la obtención de altas semillas de calidad para siembra y para alimentación humana y animal. Resultados como los obtenidos en el presente trabajo permiten trazar las bases de selección de híbrido de maíz que podrán contribuir a la disminución de importaciones en México de maíz de grano amarillo.

## CONCLUSIONES

En ambos sitios experimentales existió correlación significativa y positiva entre las variables bioquímicas y del rendimiento, lo que demuestra la capacidad de los híbridos obtenidos para orientar el metabolismo en función del incremento del rendimiento de grano. Las mayores correlaciones positivas se encontraron en el Sitio 2, demostrando existir mejores condiciones para el desempeño fisiológico y por consiguiente, agronómico de los híbridos evaluados.

## BIBLIOGRAFÍA

- Amegbor IK, Van Biljon A, Shargie N, Tarekegne A, & Labuschagne MT (2022). Grain quality and yield potential of hybrids from quality and non-quality protein maize inbred lines. *J Cereal Sci* 107:103544
- Araujo LA (2022). Demanda, Oferta y Precio De Maíz Amarillo En México 2012-2021. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 50(1345-2022-757), 197-208.
- Argentel-Martínez L, Garatuza-Payán J, Yépez EA, Salazar-Huerta FJ, & Arredondo T (2018). Effects of temperatua on protein and carbohydrate metabolism and vegetation index in wheat (*Triticum durum* L.). *Tropical Crops*, 39(3), 49-57
- Dong S, Beckles DM (2019). Dynamic changes in the starch-sugar interconversion within plant source and sink tissues promote a better abiotic stress response. *J Plant Physiol* 234:80–93.
- Erenstein O, Jaleta M, Sonder K, Mottaleb K, & Prasanna BM (2022). Global maize production, consumption and trade: trends and R&D implications. *Food Security*, 14(5), 1295-1319.
- Espinosa Cortés LM (2022). Hegemonía de Estados Unidos en el orden agroalimentario mundial y la pérdida de la autosuficiencia alimentaria de México. *Ciencia ergo sum*, 29(1).



- Espinosa-Calderón A, Tadeo-Robledo M, Zamudio-González B, Virgen-Vargas J, Turrent-Fernández A, López-López C, & Martínez-Yañez B (2021). HV 60 A: híbrido varietal de maíz amarillo para siembras retrasadas en valles altos de México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 44(1), 127-127. DOI: <https://doi.org/10.35196/rfm.2021.1.127>
- Fernández-Chuairey L, Rangel-Montes de Oca L, Varela-Nualles M, Pino-Roque JA, del Pozo-Fernández J, & Lim-Chang NU (2022). Análisis de componentes principales, una herramienta eficaz en las Ciencias Técnicas Agropecuarias. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 31(1).
- García-Rodríguez JG, Mendoza-Elos M, Cervantes-Ortiz F, Ramirez-Pimentel JG, AguirreMancilla CL, Gracia-Perea MA,... & Rodríguez-Herrera SA (2019). Adaptabilidad de híbridos precomerciales tropicales de maíz en el Bajío de Guanajuato, México. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 10(1), 57-65.
- Gouttefanjat F (2021). La industria agro-alimentaria en México: ¿Hacia una nueva relación metabólica hombre-maíz? *Estudios sociales. Revista de alimentación contemporánea y desarrollo regional*, 31(58).
- McCready RM, Guggolz J, Silveira V, Owens HS (1950). Determination of starch and amylose in vegetables. *Analytical Chemistry*, 22(9):1156–8. Doi: 10.1021/ac60045a016
- Ndlovu N, Spillane C, McKeown PC, Cairns JE, Das B, Gowda M (2022). Genome-wide association studies of grain yield and quality traits under optimum and low-nitrogen stress in tropical maize (*Zea mays* L.). *Theor Appl Genet* 135(12):4351–4370.
- Ortega LOP (2023). Ancestral and subsistence food: discourse and control of maize cultivation and consumption in Mexico, 1937-1961. *Historia Y Memoria*, (27), 135-175.
- Pearson, K (1901). Principal components analysis. *The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science*, 6(2), 559.
- Perez-Lopez L, ArgenteL-Martinez L, Penuelas-Rubio O, Cervantes-Ortiz F, Aguirre-Mancilla CL, & Aguilera JG (2024a). Morphology and yield components of single hybrids white and yellow maize in the Yaqui Valley. *Revista Brasileira De Ciências Agrárias*, v. 18, p. e3533.
- Perez-Lopez L, ArgenteL-Martinez L, Penuelas-Rubio O, Ortiz FC, Aguilera JG, Nunez JCG (2024b). Water regime variability during the flowering phenophase of white and yellow grain maize hybrids and its relationship with grain yield. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 48, p.: e005724.
- Prakash L, Prathapasenan G (1988). Effect of NaCl salinity and putrescine on shoot growth, tissue ion concentration and yield of rice (*Oryza sativa* L. var. GR-3). *Journal of Agronomy and Crop Science*, 160(5):325–34. doi:10.1111/j.1439-037X.1988.tb00630.x.
- Robledo MT, Calderón AE, Islas EIC, Vargas JV, Santillán AM, Fernández AT, ... & Velázquez KEA. (2022). Kuautli puma: híbrido varietal de maíz de grano amarillo para altitudes de 2200 A 2600 MSNM. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 45(4), 527-527.


- Saavedra Guevara C, Pérez López DDJ, González Huerta A, Franco Martínez J, Rubí Arriaga M, & Ramírez Dávila JF (2021). Métodos de Griffing: revisión sobre su importancia y aplicación en fitomejoramiento convencional. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 12(7), 1275-1286.
- Torres-Morales B, Rocandio-Rodríguez M, Santacruz-Varela A, Córdova-Téllez L, Coutiño-Estrada B, & López-Sánchez H (2022). Diversidad morfológica y agronómica de siete razas de maíz del estado de Chiapas. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 13(4), 687-699. DOI: <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i4.2956>.
- Yang J, Zhang J, Liu L, Wang Z, & Zhu Q (2002). Carbon remobilization and grain filling in japonica/indica hybrid rice subjected to postanthesis water deficits. *Agronomy Journal*. 94(1):102–9. doi:10.2134/agronj2002.1020
- Yoshida S, Forno DA, Cock JH, Gomez KA (1971). *Laboratory manual for physiological studies of rice*. [Internet]. Third Edition. Manila, Philippines: The International Rice Research Institute, [cited 2018 Jul 6]. 83 p. Available from: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19721703488>.

## Índice Remissivo

<b>A</b>	Medicinal, 26
Adubação orgânica, 32, 77	<b>P</b>
<b>B</b>	patrimônio, 19, 23, 25
Biopirataria, 19, 22, 25	Pearson, 9, 10, 11, 84, 85, 87, 90
<b>C</b>	Planet, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17
Caatinga, 16, 21, 22, 26, 27, 33, 41, 44, 74	Plantas medicinais, 26, 27
<i>Capsicum frutescens</i> , 57	Potencial fisiológico, 4, 57
Condutividade elétrica, 37	Produtividade, 4, 28
<b>D</b>	Proteínas, 71
Dosagem de esterco, 31	<b>R</b>
<b>K</b>	Recursos, 22, 23, 79
Kappa, 9, 14, 15	<b>S</b>
<b>L</b>	Sentinel, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17
Landsat, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16	<b>T</b>
<b>M</b>	Tecnologia, 16, 26, 29, 46, 65
Manjeriço, 32	<b>V</b>
	Variables, 83
	Vigor, 42

## Sobre os organizadores



  **Alan Mario Zuffo**

Engenheiro Agrônomo, graduado em Agronomia (2010) na Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT). Mestre (2013) em Agronomia - Fitotecnia (Produção Vegetal) na Universidade Federal do Piauí (UFPI). Doutor (2016) em Agronomia - Fitotecnia (Produção Vegetal) na Universidade Federal de Lavras (UFLA). Pós-Doutorado (2018) em Agronomia na Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS). Atualmente, possui 237 artigos publicados/aceitos em revistas nacionais e internacionais, 131 resumos simples/expandidos, 86 organizações de e-books, 53 capítulos de e-

books. É editor chefe da Pantanal editora e da Revista Trends in Agricultural and Environmental Sciences, e revisor de 23 revistas nacionais e internacionais. Professor adjunto II na UEMA em Balsas. Contato: [alan\\_zuffo@hotmail.com](mailto:alan_zuffo@hotmail.com).




  **Jorge González Aguilera**

Engenheiro Agrônomo, graduado em Agronomia (1996) na Universidad de Granma (UG), Bayamo, Cuba. Especialista em Biotecnologia (2002) pela Universidad de Oriente (UO), Santiago de Cuba, Cuba. Mestre (2007) em Fitotecnia na Universidade Federal do Viçosa (UFV), Minas Gerais, Brasil. Doutor (2011) em Genética e Melhoramento de Plantas na Universidade Federal do Viçosa (UFV), Minas Gerais, Brasil. Pós - Doutorado (2016) em Genética e Melhoramento de Plantas na EMBRAPA Trigo, Rio Grande do Sul, Brasil. Professor Visitante (2018-2022) na Universidade Federal de Mato

Grosso do Sul (UFMS) no campus Chapadão do Sul (CPCS), MS, Brasil. Professor substituto (2023-Atual) na Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), Cassilândia, MS, Brasil. Atualmente, possui 141 artigos publicados/aceitos em revistas nacionais e internacionais, 29 resumos simples/expandidos, 61 organizações de e-books, 45 capítulos de e-books. É editor da Pantanal Editora, e da Revista Trends in Agricultural and Environmental Sciences, e revisor de 19 revistas nacionais e internacionais. Contato: [j51173@yahoo.com](mailto:j51173@yahoo.com)



  **Luciano Façanha Marques**

Técnico em Agropecuária pela Escola Agrotécnica Federal de Iguatu-CE (1997). Engenheiro Agrônomo pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido (2006). Mestre em Agronomia (Solos e nutrição de plantas) pela Universidade Federal da Paraíba (2009). Doutor em Agronomia (Solos e nutrição de plantas) pela Universidade Federal da Paraíba (2012). Professor Adjunto IV, Universidade Estadual do Maranhão. Contato: [lucianomarques@professor.uema.br](mailto:lucianomarques@professor.uema.br)





**Pantanal Editora**

Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000  
Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil  
Telefone (66) 9608-6133 (Whatsapp)  
<https://www.editorapantanal.com.br>  
[contato@editorapantanal.com.br](mailto:contato@editorapantanal.com.br)