

PRODUÇÃO VEGETAL NA AGRONOMIA: abordagens e aplicações

Volume 2

**Denise dos Santos Vila Verde
Luanna Alves Miranda
Isaquiél de Moura Ribeiro Azevedo
Silmare Nogueira do Nascimento Pereira
Schirley Costalonga
Organizadores**



Wissen
editora
2025

PRODUÇÃO VEGETAL NA AGRONOMIA: abordagens e aplicações

Volume 2

**Denise dos Santos Vila Verde
Luanna Alves Miranda
Isaquiel de Moura Ribeiro Azevedo
Silmare Nogueira do Nascimento Pereira
Schirley Costalonga
Organizadores**



Wissen
editores
2025

Denise dos Santos Vila Verde
Luanna Alves Miranda
Isaquiél de Moura Ribeiro Azevedo
Silmare Nogueira do Nascimento Pereira
Schirley Costalonga
Organizadores

Produção Vegetal na Agronomia: abordagens e aplicações

Volume 2

 **Wissen**
editora
Teresina-PI, 2025

©2025 by Wissen Editora
 Copyright © Wissen Editora
 Copyright do texto © 2025 Os autores
 Copyright da edição © Wissen Editora
Todos os direitos reservados

Direitos para esta edição cedidos pelos autores à Wissen Editora.



Todo o conteúdo desta obra, inclusive correção ortográfica e gramatical, é de responsabilidade do(s) autor(es). A obra de acesso aberto (Open Access) está protegida por Lei, sob Licença Creative Commons Atribuição-Não Comercial-Sem Derivações 4.0 Internacional, sendo permitido seu *download* e compartilhamento, desde que atribuído o crédito aos autores, sem alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Editores Chefe: Dr. Junielson Soares da Silva
 Ma. Neyla Cristiane Rodrigues de Oliveira
 Dra. Denise dos Santos Vila Verde
 Dra. Adriana de Sousa Lima

Projeto Gráfico e Diagramação: Neyla Cristiane Rodrigues de Oliveira

Imagem da Capa: Canva

Edição de Arte: Neyla Cristiane Rodrigues de Oliveira

Revisão: Os autores
 Os Organizadores

Informações sobre a Editora

Wissen Editora

Homepage: www.editorawissen.com.br

Teresina – Piauí, Brasil

E-mails: contato@wisseneditora.com.br

wisseneditora@gmail.com

Siga nossas redes sociais:



@wisseneditora

EQUIPE EDITORIAL**Editores-chefes**

Dr. Junielson Soares da Silva
 Ma. Neyla Cristiane Rodrigues de Oliveira
 Dra. Denise dos Santos Vila Verde
 Dra. Adriana de Sousa Lima

Equipe de arte e editoração

Neyla Cristiane Rodrigues de Oliveira

CONSELHO EDITORIAL**Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Dr. Felipe Górski - Secretaria de Educação do Paraná (SEED/PR)
 Dra. Patrícia Pato dos Santos - Universidade Anhanguera (Uniderp)
 Dr. Jose Carlos Guimaraes Junior - Governo do Distrito Federal (DF)

Ciências Biológicas e da Saúde

Dra. Francijara Araújo da Silva - Centro Universitário do Norte (Uninorte)
 Dra. Rita di Cássia de Oliveira Angelo - Universidade de Pernambuco (UPE)
 Dra. Ana Isabelle de Gois Queiroz - Centro Universitário Ateneu (UniAteneu)

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Dr. Allan Douglas Bento da Costa - Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA)
 Dra. Vania Ribeiro Ferreira - Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC)
 Dr. Agmar José de Jesus Silva – Secretaria de Educação do Amazonas (Seduc/AM)

Linguística, Letras e Artes

Dra. Conceição Maria Alves de A. Guisardi - Universidade Federal de Uberlândia (UFU)

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Dr. Isael de Jesus Sena - Culture, Education, Formation, Travail (CIRCEFT)
 Dra. Mareli Eliane Graupe - Universidade do Planalto Catarinense (Uniplac)
 Dr. Rodrigo Avila Colla - Rede Municipal de Ensino de Esteio, RS
 Dr. Erika Giacometti Rocha Berribili - Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)
 Dr. Douglas Manoel Antonio De Abreu P. Dos Santos - Universidade de São Paulo (USP)
 Dra. Aline Luiza de Carvalho - Fundação Hospitalar do Estado de Minas Gerais (FHEMIG)
 Dr. José Luiz Esteves - Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUC/PR)
 Dr. Claudemir Ramos - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC/SP)
 Dr. Daniela Conegatti Batista – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)
 Dr. Wilson de Lima Brito Filho - Universidade Federal da Bahia (UFBA)
 Dr. Cleonice Pereira do Nascimento Bittencourt- Universidade de Brasília (UnB)
 Dr. Jonata Ferreira de Moura - Universidade Federal do Maranhão (UFMA)
 Dra. Renata dos Santos - Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI)

Conselho Técnico Científico

- Me. Anderson de Souza Gallo - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ)
 Ma. Antônio Alikaeene de Sá - Universidade Federal do Piauí (UFPI)
 Ma. Talita Benedcta Santos Künast - Universidade Federal do Paraná (UFPR)
 Ma. Irene Suelen de Araújo Gomes – Secretaria de Educação do Ceará (Seduc /CE)
 Ma. Tamires Oliveira Gomes - Universidade Federal de São Paulo (Unifesp)
 Ma. Aline Rocha Rodrigues - União Das Instituições De Serviços, Ensino E Pesquisa LTDA (UNISEPE)
 Me. Mauricio Pavone Rodrigues - Universidade Cidade de São Paulo (Unicid)
 Ma. Regina Katiuska Bezerra da Silva - Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)
 Esp. Rubens Barbosa Rezende – Faculdade UniFB
 Me. Luciano Cabral Rios – Secretaria de Educação do Piauí (Seduc/PI)
 Me. Jhenys Maiker Santos - Universidade Federal do Piauí (UFPI)
 Me. Francisco de Paula S. de Araujo Junior - Universidade Estadual do Maranhão (UEMA)
 Ma. Anna Karla Barros da Trindade - Instituto Federal do Piauí (IFPI)
 Ma. Elaine Fernanda dos Santos - Universidade Federal de Sergipe (UFS)
 Ma. Lilian Regina Araújo dos Santos - Universidade do Grande Rio (Unigranrio)
 Ma. Luziane Said Cometti Lélis - Universidade Federal do Pará (UFPA)
 Ma. Márcia Antônio Dias Catunda - Devry Brasil
 Ma. Marcia Rebeca de Oliveira - Instituto Federal da Bahia (IFBA)
 Ma. Mariana Moraes Azevedo - Universidade Federal de Sergipe (UFS)
 Ma. Marlova Giuliani Garcia - Instituto Federal Farroupilha (IFFar)
 Ma. Rosana Maria dos Santos - Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)
 Ma. Rosana Wichineski de Lara de Souza - Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)
 Ma. Simone Ferreira Angelo - Escola Família Agrícola de Belo Monte - MG
 Ma. Suzel Lima da Silva - Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)
 Ma. Tatiana Seixas Machado Carpenter - Escola Parque
 Me. Cássio Joaquim Gomes - Instituto Federal de Nova Andradina / Escola E. Manuel Romão
 Me. Daniel Ordane da Costa Vale - Secretaria Municipal de Educação de Contagem
 Me. Diego dos Santos Verri - Secretária da Educação do Rio Grande do Sul
 Me. Fernando Gagno Júnior - SEMED - Guarapari/ES
 Me. Grégory Alves Dionor - Universidade do Estado da Bahia (UNEB)/ Universidade Federal da Bahia (UFBA)
 Me. Lucas Pereira Gandra - Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS); UNOPAR, Polo Coxim/MS
 Me. Lucas Peres Guimarães – Secretaria Municipal de Educação de Barra Mansa - RJ
 Me. Luiz Otavio Rodrigues Mendes - Universidade Estadual de Maringá (UEM)
 Me. Mateus de Souza Duarte - Universidade Federal de Sergipe (UFS)
 Me. Milton Carvalho de Sousa Junior - Instituto Federal do Amazonas (IFAM)
 Me. Sebastião Rodrigues Moura - Instituto Federal de Educação do Pará (IFPA)
 Me. Wanderson Diogo A. da Silva - Universidade Regional do Cariri (URCA)
 Ma. Heloisa Fernanda Francisco Batista - Universidade Federal de Uberlândia (UFU) e Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)
 Ma. Telma Regina Stroparo - Universidade Estadual do Centro Oeste (Unicentro)

Produção Vegetal na Agronomia: abordagens e aplicações | Vila Verde *et al.*

Me. Sérgio Saraiva Nazareno dos Anjos - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
(Embrapa)



Produção Vegetal na Agronomia: abordagens e aplicações

Volume 2



<http://www.doi.org/10.52832/wed.169>

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Produção vegetal na agronomia [livro eletrônico]: abordagens e aplicações / organização
Denise dos Santos Vila Verde ... [et al.]. -- 2. ed. -- Teresina, PI: Wissen Editora, 2025.
PDF

Vários organizadores.
ISBN 978-65-85923-66-8
DOI: 10.52832/wed.169

Agricultura 2. Agronomia 3. Produção vegetal I. Verde, Denise dos Santos Vila Verde.

25-291060

CDD-630

Índices para catálogo sistemático:

1. Agricultura 630

Maria Alice Ferreira - Bibliotecária - CRB-8/7964

Informações sobre da Wissen Editora

Homepage: www.editorawissen.com.br

Teresina - Piauí, Brasil

E-mails: contato@wisseneditora.com.br

wisseneditora@gmail.com

Como citar ABNT: VILA VERDE, D. dos S.; MIRANDA, L. A.; AZEVEDO, I. de M. R.; PEREIRA, S. N. do N.; COSTALONGA, S. **Produção Vegetal na Agronomia: abordagens e aplicações.** v. 2, Teresina-PI: Wissen Editora, 2025. 270 p. DOI: <http://www.doi.org/10.52832/wed.169>


Teresina-PI, 2025

SOBRE OS ORGANIZADORES

Denise dos Santos Vila Verde



Graduada em Engenharia Florestal pela UFRB, com experiência como bolsista Fapesb em ciência do solo (2014 - 2015). Bolsista Fapesb/CNPq no Laboratório de Cultura de Tecidos da Embrapa Mandioca e Fruticultura, focando em micropropagação de citros, mandioca, inhame e mamão (2015 - 2018). Mestre em Ciências Agrárias pela UFRB, pesquisando conservação in vitro de germoplasma de inhame na Embrapa (2020), como bolsista Capes. Doutora em Produção Vegetal na UESC, como bolsista Capes, desenvolvendo minha tese com indução de haploides e poliploides em citros, além de contribuir com outros trabalhos da cultura e de mandioca, mamão e inhame. Além disso, atuo como professora conteudista/autora desde 2023 na Delinea EDTECH, desenvolvendo materiais didáticos para disciplinas como Hidrologia, Irrigação e Drenagem, Fruticultura, Extensão Rural, e também em oficinas voltadas para a indústria sucroalcooleira e regulamentos de operação de prensa. Também desempenho um papel ativo na organização de eventos, especialmente como membro da Comissão Científica da Bio10 Digital Cursos, contribuindo para a coordenação e qualidade dos conteúdos apresentados.

Luanna Alves Miranda



Doutoranda e Mestre em Genética e Melhoramento pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), com ampla experiência na análise de Fito-citogenotoxicidade, meu trabalho concentra-se na investigação da toxicidade de pesticidas nos ecossistemas. Graduada em Licenciatura e Bacharelado em Ciências Biológicas pelo Instituto Federal do Espírito Santo (IFES), onde também atuei como bolsista do programa PIBID de iniciação à docência e como voluntária no Programa Institucional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (PICT). Minha trajetória acadêmica e profissional reflete meu compromisso com a pesquisa e o desenvolvimento científico, buscando contribuir para o avanço do conhecimento em minha área de atuação.

Isaquiél de Moura Ribeiro Azevedo



Mestrado no Programa de Ensino de Ciências, Matemática e Tecnologias pela Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC). Pós-graduado em Educação em Ciências e Matemática pelo Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC) e em Ciências da Natureza, suas Tecnologias e o Mundo do Trabalho pela Universidade Federal do Piauí (UFPI). Graduado em Ciências Biológicas pelo Instituto Federal do Piauí (IFPI), onde atuou no Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID), desenvolvendo atividades voltadas para o ensino de Ciências e Biologia. Também possui formação técnica em Redes de Computadores, com experiência na área de tecnologias, e forte interesse em temas como educação em Ciências, tecnologias educacionais, ensino de Bioquímica, ensino de Biologia, formação de professores e práticas educativas.

Silmare Nogueira do Nascimento Pereira 

Bacharela em Ciências Biológicas pela Faculdade Frassinetti do Recife (FAFIRE) e mestra em Agronomia com ênfase em Melhoramento Genético de Plantas pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Suas áreas de pesquisa abrangem melhoramento genético do feijão-comum, manejo de reservatórios e ecologia límnic. Estagiou no Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), onde realizou atividades relacionadas à cultura de tecidos vegetais, incluindo a preparação de meios nutritivos, multiplicação e avaliação de material vegetal *in vitro*, além da aclimação de mudas. Durante a graduação, participou de projetos envolvendo a identificação de macrófitas aquáticas e o uso dessas plantas como bioindicadores para avaliar a qualidade da água. Seu trabalho de mestrado focou na adaptabilidade e estabilidade produtiva de genótipos de feijão-preto, unindo pesquisa científica e aplicação prática no contexto agrícola.

Schirley Costalonga 

Bióloga, Doutora em Biologia Vegetal pela Universidade Federal do Espírito Santo, onde é, atualmente, professora voluntária do curso de Ciências Biológicas. Servidora pública efetiva do Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Espírito Santo, tem mestrado e pós-doutorado em Biologia Vegetal pela Universidade Federal do Espírito Santo e especialização em Ecologia e Gestão Ambiental. Atua com restauração ecológica, mutagenicidade e alelopatia em espécies exóticas invasoras, manejo de espécies exóticas invasoras em Unidades de Conservação e ecofisiologia vegetal.

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	20
CAPÍTULO 1.....	24
A CULTURA DO CAJU: DO PLANTIO À PÓS-COLHEITA.....	24
Felipe Tote Nunes Pontes   	24
Kathully Karolaine Brito Torres   	24
Maria Luiza de Sousa Neta   	24
Karmem Guimarães Bezerra   	24
Stefane da Silva Rodrigues   	24
Andréia de Carvalho Santos   	24
Allana Pereira Moura da Silva   	24
Gustavo Alves Pereira   	24
DOI: 10.52832/wed.169.962 	24
CAPÍTULO 2.....	38
PLANTAS MEDICINAIS E SUAS APLICAÇÕES: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	38
Luiz Fernando de Santana Santos   	38
Mariana Tamires da Silva   	38
João Henrique Melo   	38
Sara Rafaela Souza Ribeiro   	38
José Arthur Tavares da Silva   	38
José Vinicius Tavares de Santana   	38
DOI: 10.52832/wed.169.963 	38
CAPÍTULO 3.....	47
PROPAGAÇÃO VEGETATIVA POR ENXERTIA E ALPORQUIA: MÉTODOS E APLICAÇÕES	47
Stefane da Silva Rodrigues   	47
Kamilla Dias Pessoa   	47
Maria Luiza de Sousa Neta   	47
Karmem Guimaraes Bezerra   	47
Felipe Tote Nunes Pontes   	47
Renato Oliveira de Sousa   	47
Kathully Karolaine Brito Torres   	47
Andréia de Carvalho Santos   	47

Gustavo Alves Pereira   	47
DOI: 10.52832/wed.169.964 	47
CAPÍTULO 4.....	56
USO DE ARMADILHAS NO MANEJO INTEGRADO DE PRAGAS.....	56
Adriano Cirino Tomaz   	56
Francisco Sérgio Neres da Silva   	56
Katiuschia Pereira Takeuchi   	56
DOI: 10.52832/wed.169.965 	56
CAPÍTULO 5.....	69
EFEITO DA ADUBAÇÃO FOSFATADA E LUZ ULTRAVIOLETA NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE MELANCIA.....	69
Jonathan dos Santos Viana   	69
Ian Costa Macedo   	69
João Pedro Soares   	69
João Emanuel Martins   	69
Vilmar Silva   	69
Daniel Carlos Machado   	69
Wilson Araújo da Silva   	69
Cristiane Matos da Silva   	69
André Luiz Pereira da Silva   	69
Patrícia Ferreira Cunha Sousa   	69
DOI: 10.52832/wed.169.966 	69
CAPÍTULO 6.....	78
DESEMPENHO AGRONÔMICO DE CULTIVARES DE MELÃO (<i>Cucumis melo</i> L.) PELE DE SAPO NO CERRADO SUL MARANHENSE	78
Joel da Silva Sa Neto   	78
Luis Eduardo da Silva   	78
Ana Carolina de Assis Dantas   	78
Livia Kellen Ferreira da Costa Santos   	78
Ávila Stéfany Mota de Oliveira   	78
Vanessa Pereira Martins   	78
Vitória Aparecida dos Santos Lima   	78
Jecilene Silva de Jesus   	78

Raelton Silva Sousa	78
Richardson Soares de Souza Melo	78
DOI: 10.52832/wed.169.967	78
CAPÍTULO 7	87
INFLUÊNCIA DE ENRAIZADORES NA PROPAGAÇÃO VEGETATIVA DE MUDAS DE PITAYA (<i>Hylocereus undatus</i>)	87
Elias Oliveira Neto	87
Luis Eduardo da Silva	87
Ana Carolina de Assis Dantas	87
Richardson Soares de Souza Melo	87
Ávila Stéfany Mota de Oliveira	87
Rayssa dos Santos Oliveira	87
Raelton Silva Sousa	87
Vanessa Pereira Martins	87
Larisse Guimarães da Silva	87
Vitória Aparecida dos Santos Lima	87
DOI: 10.52832/wed.169.968	87
CAPÍTULO 8	95
DESENVOLVIMENTO DE MUDAS DO MARACUJÁ EM DIFERENTES TIPOS DE SUBSTRATOS A BASE DE ESTERCO	95
Adriana Da Silva Cirqueira	95
Luis Eduardo da Silva	95
Ana Carolina de Assis Dantas	95
Richardson Soares de Souza Melo	95
Ávila Stéfany Mota de Oliveira	95
Rayssa dos Santos Oliveira	95
Elias Oliveira Neto	95
Esmeralda Santos Barros	95
Larisse Guimarães da Silva	95
Vitória Aparecida dos Santos Lima	95
DOI: 10.52832/wed.169.969	95
CAPÍTULO 9	105
O MÉTODO DE SUPERAÇÃO DE DORMÊNCIA COM LIXA É O MAIS RECOMENDADO PARA SEMENTES DE JATOBÁ (<i>Hymenaea Lourbaril</i> L.)	105

Vitória Aparecida dos Santos Lima	105
Ana Carolina Carvalho Nascimento	105
Ana Carolina de Assis Dantas	105
Luis Eduardo da Silva	105
Laysa Regina Leite Alves	105
Vanessa Pereira Martins	105
Richardson Soares de Souza Melo	105
Ávila Stéfany Mota de Oliveira	105
Elias Oliveira Neto	105
Esmeralda Santos Barros	105
DOI: 10.52832/wed.169.970	105
CAPÍTULO 10	114
INFLUÊNCIA DO EL NIÑO E DA LA NIÑA SOBRE O BALANÇO HÍDRICO DA CULTURA DO MARACUJÁ EM ITUAÇU-BA	114
Erik Filipe Rezende do Carmo	114
Emerson Oliveira Lima	114
João Victor Martins de Araújo Almeida	114
Janaina Lisboa Pereira	114
Jhonattan Teles Marinho	114
Emanuela Pinto de Menezes	114
Marcos Ferreira Almeida	114
Rosilene Gomes de Souza Pinheiro	114
Marília Alves Brito Pinto	114
Cristiano Tagliferre	114
DOI: 10.52832/wed.169.971	114
CAPÍTULO 11	122
TORTA DE MAMONA COMO ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL NA PRODUÇÃO DE SOJA DE DUPLA FINALIDADE	122
Maria Gorete dos Santos Silva	122
Lucas Silva de Oliveira	122
Ionara Cristina Silva Lucena	122
Maria Camila Cordeiro da Silva	122
Adriele Alves de Oliveira	122

João Paulo Goes da Silva Borges	122
Antônio Augusto Marques Rodrigues	122
Jeandson Silva Viana	122
Edilma Pereira Gonçalves	122
DOI: 10.52832/wed.169.972	122
CAPÍTULO 12	134
AVALIAÇÃO DA COMPACTAÇÃO DO SOLO SOB DIFERENTES CULTIVARES DE PASTAGENS COM E SEM ADUBAÇÃO	134
Vivelino Evangelista Ribeiro	134
Richardson Soares de Sousa Melo	134
Laura Evenly dos Reis Rosa	134
Ana Carolina de Assis Dantas	134
Denis Pereira Ribeiro	134
Lykayane Sousa Nascimento	134
Lucineia dos Santos Ferreira	134
Davi Longo Pinatti	134
Wesley Pereira Ribeiro	134
Kevin Chaves de Lima Reis	134
DOI: 10.52832/wed.169.973	134
CAPÍTULO 13	140
<i>Plutella xylostella</i> L. 1758 (LEPIDOPTERA: PLUTELLIDAE): MORFOLOGIA, IMPACTO ECONÔMICO E DESAFIOS PARA A AGRICULTURA	140
Isabella Maria Pompeu Monteiro Padial	140
Silvana Aparecida de Sozua	140
Maria Julia Lopes de Souza Sete	140
Heloize Maia dos Santos	140
Rosilda Mara Mussury	140
DOI: 10.52832/wed.169.974	140
CAPÍTULO 14	149
DINÂMICA DA VITICULTURA NO AGRESTE PARAIBANO: ANÁLISE DE PRODUÇÃO E INDICADORES ECONÔMICOS (2010-2023)	149
Djair Alves da Mata	149
Francisco Gledson da Silva	149
Thayná Kelly Formiga de Medeiros	149

Valdeir de Souza Oliveira	149
Mirelly Miguel Porcino	149
Alison Batista da Silva	149
Camila Vieira de Sousa Gurjão	149
Rossino Ramos de Almeida	149
Aline Carla de Medeiros	149
Patricio Borges Maracaja	149
DOI: 10.52832/wed.169.975	149
CAPÍTULO 15	164
USO DE INSETICIDAS BOTÂNICOS NO MANEJO INTEGRADO DE PRAGAS: FUNDAMENTOS, APLICAÇÕES E DESAFIOS PARA A AGROECOLOGIA	164
Matheus Gonçalves Camargo	164
Heloize Maia dos Santos	164
Maria Julia Lopes de Souza Sete	164
Thais Silva de Souza	164
Silvana Aparecida de Souza	164
Rosilda Mara Mussury	164
DOI: 10.52832/wed.169.976	164
CAPÍTULO 16	176
BIOFERTILIZANTE À BASE DE SUBSTÂNCIAS HÚMICAS PROPORCIONA MELHOR QUALIDADE DE MUDAS DE JENIPAPO (<i>G. americana</i> L.)	176
Lucas Silva Oliveira	176
Maria Gorete dos Santos Silva	176
Ionara Cristina Silva Lucena	176
João Paulo Goes da Silva Borges	176
Adriele Alves de Oliveira	176
Maria Camila Cordeiro da Silva	176
Antônio Augusto Marques Rodrigues	176
Edilma Pereira Gonçalves	176
Jeandson Silva Viana	176
DOI: 10.52832/wed.169.977	176
CAPÍTULO 17	188
ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA PARA O MUNICÍPIO DE TERESINA, PIAUÍ, POR MÉTODOS EMPÍRICOS	188
Gonçalves Albino Dauala	188

Renato Oliveira de Sousa	188
Ramón Yuri Ferreira Pereira	188
Selma Maria Dias de Moraes Costa	188
Vânia Maria Gomes da Costa Lima	188
Ana Alice Salmito Nolêto de Campos Ferreira	188
Edson Alves Bastos	188
Aderson Soares de Andrade Júnior	188
DOI: 10.52832/wed.169.978	188
CAPÍTULO 18	200
USO DO CROPWAT PARA O BALANÇO HÍDRICO E SIMULAÇÃO DE DATAS DE SEMEADURA DO MILHO EM TERESINA, PIAUÍ	200
Gonçalves Albino Dauala	200
Renato Oliveira de Sousa	200
Ramón Yuri Ferreira Pereira	200
Selma Maria Dias de Moraes Costa	200
Vânia Maria Gomes da Costa Lima	200
Ana Alice Salmito Nolêto de Campos Ferreira	200
Edson Alves Bastos	200
Aderson Soares de Andrade Júnior	200
DOI: 10.52832/wed.169.979	200
CAPÍTULO 19	214
ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS APLICADA À UNIFORMIDADE DE IRRIGAÇÃO POR MICROASPERSÃO	214
Alisson Macendo Amaral	214
Adriana Magalhães Farias	214
Maria Ângela Cruz Macêdo dos Santos	214
Vitória Rodrigues Trindade	214
Laura Rodrigues Anorato	214
DOI: 10.52832/wed.169.980	214
CAPÍTULO 20	223
PERFIL FITOQUÍMICO DE PLANTAS CONDIMENTARES COMUMENTE UTILIZADAS NA CULINÁRIA BRASILEIRA	223
Gustavo do Carmo Fernandes	223
Flavia Mylenna dos Santos Araujo	223

Mariana Nunes Cabral   	223
Daniely Alves de Almada   	223
Olivia Pak Campos   	223
Viviany Viriato de Freitas   	223
Caio Scardini Neves   	223
Marcos Nabate Mendes Ferreira   	223
Ana Beatriz Lucena Ramos   	223
Filipe Pereira Giardini Bonfim   	223
DOI: 10.52832/wed.169.981 	223
CAPÍTULO 21	234
DESENVOLVIMENTO E NODULAÇÃO DO FEIJÃO-CAUPI CULTIVADO EM SOLOS DO SEMIÁRIDO PIAUIENSE COM DIFERENTES USOS E DOSES DE NITROGÊNIO	234
Gilnair Nunes Monteiro   	234
Ana Paula Martins de Sousa   	234
Maria de Fátima Marques Pires   	234
Maria Helena Ferreira Duarte   	234
Helane Cristina de Andrade Rodrigues Severo   	234
DOI: 10.52832/wed.169.982 	234
CAPÍTULO 22	244
A APLICAÇÃO LOCALIZADA DA ADUBAÇÃO POTÁSSICA É O MAIS RECOMENDADO PARA A CULTURA DO TOMATE	244
Emerson Oliveira Lima   	244
Erik Felipe Rezende do Carmo   	244
Janaina Lisboa Pereira   	244
Jhonattan Teles Marinho   	244
João Victor Martins de Araújo Almeida   	244
Antonio Batista Cavalcanti Bisneto   	244
Laércio Novato Ribeiro Filho   	244
Rosilene Gomes de Souza Pinheiro   	244
Marília Alves Brito Pinto   	244
Cristiano Tagliaferre   	244
DOI: 10.52832/wed.169.983 	244

CAPÍTULO 23.....	252
A DIVISÃO POR QUADRANTES COMO A MELHOR FORMA DE DISTRIBUIÇÃO DA ADUBAÇÃO FOSFATADA NA CULTURA DO TOMATE	252
Kaio Araujo de Sousa Nascimento   	252
Henrique Rocha Lima   	252
Emerson Oliveira Lima   	252
Erik Felipe Rezende do Carmo   	252
Jhonattan Teles Marinho   	252
João Victor Martins de Araújo Almeida   	252
Janaina Lisboa Pereira   	252
Marília Alves Brito Pinto   	252
Luciana Gomes Castro   	252
DOI: 10.52832/wed.169.984 	252
CAPÍTULO 24.....	260
USO DE REMINERALIZADORES NA AGRICULTURA: UMA REVISÃO DE LITERATURA	260
Rafael Cipriano da Silva   	260
DOI: 10.52832/wed.169.985 	260

APRESENTAÇÃO

O e-book "Produção Vegetal na Agronomia: abordagens e aplicações – Volume 2" apresenta uma coletânea de estudos voltados para o fortalecimento do conhecimento científico em diversas frentes da produção vegetal. As pesquisas aqui reunidas abordam temas que vão desde aspectos práticos do cultivo até soluções tecnológicas inovadoras para o manejo e a sustentabilidade no campo. A diversidade dos temas reflete o compromisso dos autores em contribuir com o desenvolvimento de uma agricultura mais eficiente, sustentável e adaptada às diferentes realidades agrícolas do Brasil.

No capítulo 1, os autores apresentam um apanhado geral sobre a cultura do cajueiro (*Anacardium occidentale* L.), espécie de grande importância econômica cujo manejo adequado influencia a qualidade dos frutos. O trabalho aborda desde sua origem, botânica e propagação, até as técnicas de manejo, controle de pragas e doenças, colheita, beneficiamento e perspectivas de mercado. O estudo evidencia a importância do caju como produto de grande valor econômico e ambiental, sobretudo em regiões tropicais.

O capítulo 2 traz uma revisão sobre o uso de plantas medicinais e suas aplicações, destacando as propriedades fitoterápicas de diversas espécies vegetais. A prática do uso de ervas medicinais remonta aos primórdios da humanidade, sendo uma estratégia tradicional e ainda atual para a promoção da saúde, especialmente em comunidades com acesso limitado à medicina convencional.

No capítulo 3, intitulado "Propagação vegetativa por enxertia e alporquia: métodos e aplicações", é feita uma revisão dos principais métodos utilizados para a reprodução assexuada de plantas. O estudo descreve as etapas técnicas, as condições para o sucesso da propagação e a relevância dessa prática para a preservação das características genéticas de espécies de alto valor agrônomo e florestal.

No capítulo 4, os autores realizam uma revisão sistemática sobre o uso de armadilhas no manejo integrado de pragas em agroecossistemas. As armadilhas permitem o monitoramento de entomofauna que impactem agroecossistemas, com vista a elencar as mais sustentáveis e baratas para utilização na agricultura familiar. Dessa forma, o estudo destaca os tipos mais utilizados de armadilhas, seus princípios de funcionamento, fatores que influenciam sua eficiência e o potencial uso de materiais sustentáveis e de baixo custo na agricultura familiar.

O capítulo 5 investiga os efeitos da adubação fosfatada e da exposição à radiação ultravioleta no crescimento de mudas de melancia (*Citrullus lanatus*). Por ser uma das principais

frutas cultivadas no Brasil, compreender as condições ideais para o desenvolvimento inicial das mudas pode impactar diretamente na produtividade e qualidade dos frutos.

No capítulo 6, são avaliadas duas cultivares de melão (*Cucumis melo* L.) tipo Pele de Sapo cultivadas no cerrado sul-maranhense, com foco no desempenho agrônômico. Os resultados auxiliam na tomada de decisão sobre a escolha de cultivares adaptadas às condições climáticas da região.

O capítulo 7 analisa a influência de enraizadores no desenvolvimento radicular da pitaya-roxa (*Hylocereus undatus*), frutífera que tem ganhado espaço no mercado nacional pela sua característica exótica e valor agregado. Enquanto no capítulo 8, os autores avaliam o desenvolvimento de mudas de maracujá (*Passiflora edulis* L.) utilizando diferentes substratos à base de esterco, propondo alternativas sustentáveis que possam contribuir com a qualidade das mudas e a eficiência produtiva.

O capítulo 9 trata da superação de dormência em sementes de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.), apresentando comparações entre diferentes técnicas, sendo o uso da lixa o método mais eficaz para promover a germinação.

O capítulo 10 avalia o balanço hídrico da cultura do maracujá sob diferentes cenários climáticos relacionados aos fenômenos El Niño e La Niña, com base em dados do município de Ituaçu, na Bahia, importante polo produtor.

No capítulo 11, a torta de mamona é analisada como fonte alternativa de adubação para a cultura da soja de dupla finalidade. O estudo investiga o desempenho de duas cultivares convencionais sob diferentes doses do insumo orgânico, aliado ou não à poda da parte aérea.

O capítulo 12 investiga a compactação do solo em áreas com diferentes cultivares de pastagens, com e sem adubação, buscando compreender os efeitos sobre a resistência à penetração e o desenvolvimento radicular.

No capítulo 13, é apresentada uma revisão sobre a traça-das-crucíferas (*Plutella xylostella*), com foco na resistência a inseticidas e na busca por estratégias sustentáveis de manejo, incluindo abordagens ecológicas e integradas. Havendo no capítulo 14 um complemento da discussão, sobre a mesma espécie, com uma visão atualizada sobre suas características biológicas, impactos econômicos e métodos de controle.

No capítulo 14, é analisada a dinâmica da viticultura no Agreste Paraibano entre 2010 e 2023, com ênfase em indicadores como área plantada, rendimento e valor da produção.

O capítulo 15 revisa o uso de inseticidas botânicos no manejo integrado de pragas, abordando seus fundamentos, aplicações e os desafios de sua inserção em sistemas agroecológicos.

O capítulo 16 apresenta um estudo sobre o efeito de biofertilizante à base de substâncias húmicas no desenvolvimento de mudas de jenipapo (*Genipa americana* L.), espécie de importância ecológica e para restauração de áreas degradadas.

No capítulo 17, são comparados diferentes métodos empíricos de estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) para o município de Teresina-PI, buscando alternativas ao método padrão da FAO (Penman-Monteith). Ainda tratando sobre variáveis hidrológicas, o capítulo 18 utiliza o software CROPWAT 8.0 para simular o balanço hídrico e as datas de semeadura ideais para a cultura do milho em Teresina-PI, considerando condições edafoclimáticas locais.

No capítulo 19, é realizada a avaliação da uniformidade da irrigação por microaspersão com base em análise de componentes principais, contribuindo para a eficiência do uso da água.

O capítulo 20 apresenta a caracterização fitoquímica de nove espécies de plantas condimentares cultivadas em sistema orgânico, destacando seu potencial para a saúde humana e fortalecimento da agricultura familiar.

Nos capítulos 21 e 22, os autores avaliam a nodulação e o desenvolvimento de plantas de feijão-caupi submetidas a diferentes doses de nitrogênio e adubação fosfatada, respectivamente, em solos com diferentes usos no semiárido piauiense, com vistas a aumentar a produtividade e eficiência biológica.

O capítulo 23 propõe a divisão por quadrantes como estratégia para otimizar a adubação fosfatada na cultura do tomate, reduzindo impactos ambientais e maximizando o aproveitamento dos nutrientes.

Por fim, o capítulo 24 apresenta uma revisão sobre os efeitos do uso de remineralizadores (pó de rocha) na agricultura, resgatando questões históricas e discutindo seus benefícios na melhoria da fertilidade dos solos.

Todas as pesquisas aqui apresentadas somam à literatura agronômica com contribuições de grande relevância científica, técnica e social. Elas evidenciam o papel da produção vegetal como eixo central para o desenvolvimento rural sustentável, valorizando o conhecimento científico como ferramenta essencial para o avanço da agricultura brasileira.

Este e-book serve como uma fonte abrangente e variada de conhecimento, ressaltando a importância de empregar uma metodologia multidisciplinar no campo da produção vegetal. Acreditamos que isso estimulará o início de novas investigações e metodologias destinadas a promover a sustentabilidade e o avanço da ciência agrícola. E permita que os leitores descubram nessas páginas não apenas o conteúdo informativo, mas também o desejo de persistir em se aprofundar e apreciar as complexidades e maravilhas das ciências das plantas cultivadas.

Portanto, expressamos nossa gratidão e reconhecimento aos autores de cada capítulo desta publicação por suas contribuições significativas, juntamente com as ideias que serão derivadas do exame de cada página.

Denise dos Santos Vila Verde

Schirley Costalonga



CAPÍTULO 1

A CULTURA DO CAJU: DO PLANTIO À PÓS-COLHEITA

Felipe Tote Nunes Pontes   

Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, Universidade Federal do Piauí – UFPI/CPCE, Brasil

Kathully Karolaine Brito Torres   

Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal do Piauí – UFPI/CMPP, Brasil

Maria Luiza de Sousa Neta   

Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, Universidade Federal do Piauí – UFPI/CPCE, Brasil

Karmem Guimarães Bezerra   

Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, Universidade Federal do Piauí – UFPI/CPCE, Brasil

Stefane da Silva Rodrigues   

Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, Universidade Federal do Piauí – UFPI/CPCE, Brasil

Andréia de Carvalho Santos   

Programa de Pós Graduação em Ecologia e Conservação, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS, Brasil

Allana Pereira Moura da Silva   

Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, Universidade Federal do Piauí – UFPI/CPCE, Brasil

Gustavo Alves Pereira   

Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal do Piauí – UFPI/CMPP, Brasil

DOI: 10.52832/wed.169.962 

Resumo: A cultura do cajueiro apresenta uma relevância significativa, tanto econômica quanto ambiental, especialmente em regiões tropicais. O cajueiro, pertencente à família Anacardiaceae, destaca-se pela sua ampla adaptabilidade climática e pelo valor econômico de seus produtos, como a castanha e o pedúnculo. A propagação da planta pode ocorrer de forma sexuada, utilizando sementes, ou assexuada, por meio de técnicas como enxertia e estaquia, sendo os clones comerciais fundamentais para padronizar a produção. O manejo adequado é essencial para a produtividade, incluindo práticas como irrigação, controle de ervas daninhas e diferentes tipos de poda. No entanto, o cultivo enfrenta desafios relacionados a pragas e doenças que demandam estratégias eficazes de controle. A colheita e o pós-colheita são etapas importantes que influenciam a qualidade do produto final. Além disso, o processamento do pedúnculo e da castanha gera uma variedade de produtos, promovendo o desenvolvimento econômico. A cultura também contribui para a sustentabilidade, quando manejada de forma consciente, minimizando impactos ambientais. Apesar de suas potencialidades, o cajueiro enfrenta desafios, como mudanças climáticas e necessidade de inovação tecnológica, sendo essas perspectivas importantes para a expansão e valorização desta cultura.

Palavras-chave: Cajucultura. Castanha. Fruticultura tropical. Manejo.

1 INTRODUÇÃO

O caju (*Anacardium occidentale* L.) é uma planta xerófila e rústica, típica de clima tropical e de origem brasileira, com grande importância para a economia e o desenvolvimento social do Nordeste do Brasil. Embora sua distribuição ocorra em todo o território nacional, sua relevância socioeconômica é mais expressiva nos estados do Ceará, Piauí e Rio Grande do Norte (Sousa *et al.*, 2021).

Para atender à demanda do mercado global, a produção de caju tem sido conduzida em sistemas extensivos, ocupando áreas cada vez maiores, sem, no entanto, alcançar ganhos expressivos em produtividade. Essa situação é observada especialmente nos países da África Ocidental, que representam 50% da produção mundial. Nesses países, o caju contribui significativamente para o produto interno bruto e as exportações, além de ser uma fonte essencial de renda para pequenos agricultores, que constituem a maioria dos produtores em países como Guiné-Bissau, Nigéria e Moçambique (Monteiro *et al.*, 2022).

No Brasil, a partir da década de 1980, houve um avanço na geração de tecnologias voltadas para a cadeia produtiva do caju, com destaque para o desenvolvimento de genótipos geneticamente superiores. Essas novas variedades apresentam características como maior produtividade por unidade de área, porte baixo e produção precoce. Além disso, os genótipos foram selecionados com base em critérios técnicos, incluindo tolerância à seca e resistência a doenças, resultando no chamado cajueiro-anão-precoce, uma variedade promissora para a produção comercial (Serrano *et al.*, 2013).

Os principais produtos e subprodutos do caju incluem a castanha e o pedúnculo (maçã de caju). A castanha é valorizada mundialmente por seu sabor e valor nutricional, sendo consumida

torrada ou utilizada em diversos produtos alimentícios. O pedúnculo, por sua vez, é processado para a produção de sucos, néctares, polpa congelada e cajuína. A diversificação de produtos derivados do caju agrega valor à produção e contribui para a sustentabilidade econômica e ambiental da cadeia produtiva (Guerra, 2021).

A produção de caju ocorre predominantemente no período seco, o que lhe confere um papel estratégico na redução da sazonalidade da renda e na geração de empregos. Além disso, o setor tem grande relevância econômica, com a exportação da castanha movimentando cerca de 150 milhões de dólares anuais (Sousa *et al.*, 2021).

Diante desse contexto, este trabalho tem como objetivo apresentar uma revisão de literatura sobre os aspectos gerais da cultura do caju (*Anacardium occidentale* L.), abordando sua botânica, propagação, manejo, pragas e doenças, colheita, processamento e mercado.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho consiste em uma revisão de literatura sobre a cultura do caju, desenvolvida com base em artigos científicos, livros e fontes especializadas disponíveis em plataformas online. A busca por material bibliográfico foi realizada em bases de dados acadêmicas, como SciELO, PubMed, Google Acadêmico e CAPES Periódicos, utilizando palavras-chave relacionadas ao tema, tais como "cajueiro", "*Anacardium occidentale*", "cultivo do caju", "manejo do cajueiro", "processamento da castanha-de-caju" e "sustentabilidade na cajucultura". Os critérios de seleção priorizaram publicações recentes e de relevância científica, com foco em aspectos agrônômicos, econômicos e ambientais. Os dados coletados foram organizados, analisados e sintetizados de forma sistemática, permitindo a elaboração de uma revisão abrangente e atualizada sobre o tema.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Classificação botânica

O caju pertence à família Anacardiaceae, dentro desta família o gênero *Anacardium*, conta com 11 espécies distribuídos por vários biomas, mas *Anacardium occidentale* L. é a mais conhecida e cultivada devido à importância econômica de seu fruto e pedúnculo, principalmente na região norte e nordeste do Brasil. Dentre os nomes comuns associados a esta frutífera, nas diferentes regiões do Brasil estão: caju, caju-comum, caju-de-casa, acaiaíba, caju-da-praia (Souza; Lorenzi, 2005).

3.2 Morfologia da planta

O cajueiro é uma planta perene de porte médio, com ramificação baixa e copa espalhada. Existem dois principais grupos: comum, que pode atingir 8-15 m de altura e copa de até 20 m, e

anão, com menos de 4 m de altura, copa homogênea e maior precocidade, florescendo entre 6 e 18 meses após o plantio (Lorenzi; Lacerda; Bacher, 2015). O porte varia conforme o habitat, sendo arbustivo no Cerrado e arbóreo na Amazônia (Araújo; Silva, 1995).

O sistema radicular é profundo, podendo ultrapassar 10 m, com 82% das raízes de absorção concentradas nos 30 cm superficiais. Em plantas jovens, as raízes laterais se estendem até duas vezes a projeção da copa, enquanto em plantas adultas do tipo comum podem alcançar 20 m (Barros, 2021).

As folhas são simples, alternas e coriáceas, medindo entre 7 e 24 cm (Oliveira, 2008). As flores, geralmente hermafroditas, surgem em panículas terminais de 11 a 29 cm e apresentam variação na proporção de flores masculinas e hermafroditas (Barros, 2021).

O pseudofruto, erroneamente chamado de fruto, corresponde ao pedúnculo hipertrofiado. O verdadeiro fruto é a castanha, um aquênio reniforme formado por epicarpo, mesocarpo, endocarpo e amêndoa. O mesocarpo contém células esponjosas responsáveis pelo armazenamento do Líquido da Castanha do Cajueiro (Guerra, 2021).

3.3 Fenologia da planta

O crescimento e desenvolvimento do cajueiro são fortemente influenciados pela disponibilidade de água e pela radiação solar. Essa cultura apresenta um padrão de crescimento intermitente, com variações na intensidade do fluxo foliar ao longo do ano. Durante o período de janeiro a abril, que coincide com a estação chuvosa, o cajueiro, aparentemente, entra em um estágio de repouso vegetativo. A renovação da vegetação ocorre de maneira mais intensa a partir de junho, logo após o pico das precipitações. Um segundo período de renovação, menos expressivo, é frequentemente observado em novembro, após a ocorrência de chuvas esparsas características dessa época do ano (Almeida *et al.*, 2001).

No cajueiro anão precoce, a frutificação pode ocorrer no primeiro ano, enquanto no tipo comum geralmente inicia-se a partir do segundo, dependendo da genética, disponibilidade de água e método de propagação (Barros, 2021). Após o primeiro ciclo reprodutivo, a planta alterna entre crescimento vegetativo e reprodutivo. Após a fase de repouso, ocorre novo crescimento com substituição das folhas velhas e emissão de inflorescências.

3.4 Distribuição geográfica e clima

O Brasil, especialmente o norte da América do Sul e partes da América Central, é considerado o centro de origem do cajueiro, com adaptação às regiões costeiras do Nordeste, integrando a vegetação de praias, dunas e restingas. A diversidade genética sugere uma origem

filogenética próxima à Mata Amazônica ou aos cerrados nordestinos (Mazzetto; Lomonaco; Mele, 2009).

Nos séculos XV e XVI, os portugueses disseminaram o cajueiro para a Índia e a África, inicialmente como planta anti-erosiva. Seu consumo se popularizou após a Segunda Guerra Mundial, tornando a castanha de caju a segunda noz mais consumida globalmente, após a amêndoa (*Prunus dulcis*) (Sousa *et al.*, 2021).

A espécie adapta-se a climas com precipitação anual entre 800 e 1.500 mm, distribuída por cinco a sete meses, e umidade relativa entre 70% e 80%. A temperatura ideal é em torno de 27 °C. Em regiões com ventos acima de 7 m/s, recomenda-se o uso de quebra-ventos para proteger o cultivo (EMBRAPA, 2004).

3.5 Propagação

A propagação do cajueiro pode ser realizada tanto por métodos sexuais quanto assexuais. A propagação sexual ocorre por meio do plantio da semente (castanha), enquanto a propagação assexuada envolve técnicas como enxertia e estaquia, permitindo a preservação das características genéticas desejáveis da planta original.

3.5.1 Propagação sexual

No uso de mudas propagadas por sementes, é essencial utilizar sementes de matrizes cuja produção e qualidade da castanha tenham sido testadas ao longo de vários anos. Recomenda-se selecionar castanhas de frutos de plantas saudáveis, vigorosas, altamente produtivas e que produzam castanhas grandes. A germinação ocorre geralmente entre 12 e 20 dias após o plantio. As sementes podem ser semeadas diretamente no campo ou em viveiros, sendo que o plantio em viveiro oferece maior controle sobre as condições de germinação e desenvolvimento das mudas (Guerra, 2021).

3.5.2 Propagação assexuada

A propagação assexuada ou vegetativa utiliza partes vegetativas da planta, como garfos, gemas e estacas. Embora mais trabalhosa, é a mais recomendável por permitir a reprodução fiel das características agrônômicas da planta-mãe (Oliveira, 2008).

3.5.2.1 Enxertia

A enxertia é uma técnica fundamental para a propagação vegetativa do cajueiro, pois permite combinar porta-enxertos e copas selecionadas, proporcionando vantagens como maior

vigor, tolerância a pragas e doenças, precocidade e melhoria na produção e qualidade dos frutos (Serrano *et al.*, 2013).

Os principais tipos de enxertia na cultura do caju incluem borbulhia em escudo ou janela aberta, borbulhia em “T” normal ou invertido, garfagem inglesa e simples (Guerra, 2021).

O porta-enxerto, também denominado "cavalo", é responsável pelo desenvolvimento radicular e pela absorção de nutrientes. Para garantir o sucesso da enxertia, os propágulos como garfos e borbulhas devem ser coletados em jardins clonais, verificando-se a compatibilidade de diâmetro entre enxerto e cavalo (Cavalcanti Júnior; Chaves, 2001).

As sementes utilizadas na produção dos porta-enxertos devem ser obtidas preferencialmente em jardins de sementes constituídos por matrizes selecionadas. Os clones CCP 076, CCP 1001 e CCP 06 são os mais recomendados (Guerra, 2021). É importante destacar também que o local de produção deve ser a céu aberto e ter fonte de água de boa qualidade próximo (Guerra, 2021).

3.5.2.2 Estaquia

A estaquia baseia-se na capacidade de regenerar partes vegetativas destacadas da planta-mãe, que em condições favoráveis de temperatura e umidade, emitem raízes e brotações. É um método mais econômico em relação à enxertia e evita problemas como a incompatibilidade vegetativa entre porta-enxerto e copa. Entretanto, apresenta menor tolerância a pragas, doenças e estresses ambientais, o que pode ser mais bem manejado com porta-enxertos selecionados (Guerra, 2021).

3.5.3 Seleção de clones

A seleção de clones é a etapa final do melhoramento genético de plantas propagadas vegetativamente. O sucesso dessa metodologia depende da identificação de genitores que possam gerar variedades mais vigorosas, produtivas e resistentes a pragas e doenças (Cavalcanti; Barros, 2021).

Com a criação do CNPCa (Centro Nacional de Pesquisa do Caju) em 1987, atualmente conhecido como Embrapa Agroindústria Tropical, avanços significativos foram alcançados na pesquisa sobre o cajueiro. Foram lançados novos clones comerciais, incluindo Embrapa 50, Embrapa 51, BRS 189, BRS 226, BRS 253 e BRS 265 (cajueiro-anão precoce), BRS 274 (primeiro clone de cajueiro comum) e BRS 275 (clone híbrido entre o cajueiro-anão e o comum). Esses clones ampliam as opções para os produtores, permitindo a exploração da cultura em diferentes

ecossistemas. O clone BRS 274, por exemplo, apresenta amêndoas com peso médio de 3,46g, enquanto o BRS 275 atinge 3,13g (Cavalcanti; Barros, 2021).

3.6 Preparo de solo e plantio

3.6.1 Preparo do Solo

Para garantir a preservação do solo e boas produtividades, recomenda-se minimizar a movimentação do solo; reduzir o intervalo entre preparo e plantio; trabalhar o solo apenas quando a umidade estiver adequada e evitar o uso excessivo de grades pesadas para prevenir a pulverização do solo (Ribeiro; Val; Araújo Neto, 2009).

O arado deve atingir uma profundidade de 25 cm a 30 cm, quando necessário. A gradagem deve ser feita a 20 cm de profundidade para facilitar o coveamento. Solos planos ou levemente ondulados são mais indicados para o cultivo, enquanto terrenos acidentados apresentam maior risco de erosão e dificuldades no manejo (Ribeiro; Val; Araújo Neto, 2009).

A correção do solo com calcário deve ser feita em duas etapas, antes da aração e durante a gradagem. A meta é elevar a saturação por bases a 60% e os teores de cálcio e magnésio trocáveis para pelo menos 16 e 3 mmolc dm⁻³, respectivamente. O calcário deve ser aplicado pelo menos 60 dias antes do plantio, em solo umedecido, para melhor solubilização (Aquino; Crisóstomo, 2021).

3.6.2 Espaçamento e Abertura de Covas

O espaçamento mais comum para o cajueiro é 7,5 x 7,5 m, com desbastes no oitavo ano, resultando em 15,0 x 10,6 x 10,6 m. Para o cajueiro anão-precoces, recomenda-se 7,0 x 7,0 m em sequeiro e 8,0 x 7,0 m sob irrigação. As covas devem ser abertas 30 dias antes do plantio, com dimensões ajustadas ao tipo de solo: 0,30 x 0,30 x 0,30 m em solos arenosos e até 0,50 x 0,50 x 0,50 m em solos argilosos, separando as camadas superficial e inferior (Ribeiro; Val; Araújo Neto, 2009).

A adubação de fundação inclui 20 L de esterco, 500 g de superfosfato simples, 100 g de FTE BR 12 e 100 g de calcário dolomítico. A adubação de cobertura ocorre no início das chuvas, fracionada em duas aplicações ou em mais parcelas sob irrigação para melhor absorção (Ribeiro; Val; Araújo Neto, 2009). O plantio deve coincidir com o início das chuvas ou ser realizado em qualquer época sob irrigação, garantindo que o colo da muda fique 3 cm acima do solo (EMBRAPA, 2004).

Após o plantio, recomenda-se tutoramento com estacas de 1 m para evitar tombamento e cobertura morta com palha de arroz, bagana de carnaúba ou capim seco para manter a umidade. O

replanteio deve ocorrer entre 10 e 20 dias, com taxas de reposição de 5% a 10% para mudas de "pé-franco", 20% a 25% para enxertadas e 5% em cultivos irrigados (Ribeiro; Val; Araújo Neto, 2009).

3.7 Irrigação e necessidade hídrica

A irrigação na cultura do cajueiro anão precoce é fundamental para a produtividade, com clones melhorados, cultivos adensados, medidas fitossanitárias e manejo equilibrado de fertilizantes (Crisóstomo *et al.*, 2001). O cajueiro anão precoce pode alcançar até 4.600 kg de castanhas por hectare no quarto ano, o que representa um aumento de 1.153% em relação ao cajueiro comum em regime de sequeiro, além de estender o período de colheita para até dez meses (Oliveira *et al.*, 1997).

A irrigação deve ser baseada na necessidade real da cultura e na disponibilidade de água no solo, sendo a irrigação localizada altamente recomendada devido à sua eficiência no uso da água, economia de energia, redução de perdas por evaporação e a possibilidade de fertirrigação. Além disso, a irrigação localizada reduz a incidência de plantas daninhas e doenças foliares, sem interferir nas operações de pulverização, capina e colheita (Crisóstomo *et al.*, 2001; Guerra, 2021).

3.8 Desbrota

A desbrota é a remoção das brotações laterais inferiores próximas aos cotilédones ou no porta-enxerto, realizada logo após o período chuvoso no ano de implantação do pomar. A técnica oferece benefícios como a redução do estresse da planta durante o período seco, ao diminuir a área foliar, equilibrando o sistema radicular e a parte aérea, além de reduzir os custos com poda nos anos subsequentes (Parente *et al.*, 1995).

3.9 Retirada de panículas

Devido à precocidade do cajueiro anão precoce, as panículas podem começar a ser produzidas logo após o plantio. No entanto, elas devem ser removidas até o oitavo mês de idade da planta, pois representam um desvio de energia que deveria ser direcionada ao crescimento vegetativo. A remoção deve ser feita com canivete ou tesoura de poda, com cuidado para não causar danos às plantas (Crisóstomo *et al.*, 2001).

3.10 Controle de ervas daninhas

O controle de plantas daninhas é uma prática essencial nos primeiros meses após o plantio, pois elas competem com o cajueiro por nutrientes, água e luz, prejudicando o crescimento e o desenvolvimento das plantas jovens. Além disso, as plantas daninhas mais altas podem abrigar

pragas e dificultar a realização de práticas fitossanitárias, como inspeção e manutenção de sistemas de irrigação. O controle pode ser feito por capinas manuais, mecânicas ou químicas. A capina manual é adequada para pequenas áreas, enquanto a mecânica é mais rápida e econômica, porém deve ser feita com cautela para evitar compactação do solo. O uso de herbicidas deve ser criterioso, com um levantamento prévio da população de plantas daninhas. A cobertura morta, o cultivo mínimo e o uso de plantas de cobertura são práticas complementares que auxiliam no controle das ervas daninhas, melhoram a estrutura do solo e contribuem para a fixação de nitrogênio, especialmente quando se utilizam leguminosas (Oliveira; Oliveira, 2001).

3.11 Práticas de poda

A poda no cajueiro depende do clone, do porte da planta, do sistema de plantio e da forma de colheita. Ela pode ser dividida em três tipos: formação, limpeza e manutenção. A poda de formação é realizada a partir do primeiro ano, com a eliminação de ramos próximos ao solo ou no porta-enxerto, e a manutenção de uma haste única, permitindo que a primeira ramificação ocorra a cerca de 0,50 m do solo. A poda de limpeza ocorre após a safra, com a remoção de ramos secos, caídos ou infestados por pragas, mas deve-se evitar a remoção excessiva dos ramos inferiores, onde ocorre a maior parte da frutificação. A poda de manutenção visa eliminar ramos ladrões e aqueles que crescem para baixo, dificultando o coroamento da planta (EMBRAPA, 2004).

3.12 Pragas e doenças

3.12.1 Pragas

As principais pragas que afetam o cajueiro incluem:

- a. **Broca-das-pontas-do-cajueiro (*Anthistarcha binocularis*):** Danifica ramos jovens, prejudicando o transporte de água e nutrientes. Controle por poda e pulverizações periódicas (Ribeiro; Val; Araújo Neto, 2009).
- b. **Traça-das-castanhas (*Anacampsis phytomiella*):** Larvas destroem a amêndoa das castanhas, tornando-as impróprias para comercialização. Controle químico quando 5% das castanhas forem perfuradas (Ribeiro; Val; Araújo Neto, 2009).
- c. **Besouro-vermelho-do-cajueiro (*Crimissa cruralis*):** Causa desfolha, consumindo folhas e ramos novos (Ribeiro; Val; Araújo Neto, 2009).
- d. **Mosca-branca (*Aleurodicus cocois*):** Espalha-se rapidamente na plantação. Controle com óleo vegetal (Ribeiro; Val; Araújo Neto, 2009).
- e. **Pulgão-das-inflorescências (*Aphis gossypii*):** Suga a seiva e favorece fumagina. Controle biológico ou químico (Mesquita, 2021).

3.12.2 Doenças

As doenças mais comuns incluem:

- a. **Antracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*):** Afeta ramos, folhas e castanhas, causando perdas significativas. Ocorrência contínua em condições climáticas favoráveis (Ribeiro; Val; Araújo Neto, 2009).
- b. **Resinose (*Lasioidiploidia theobromae*):** Provoca rachaduras no tronco, podendo levar à morte da planta. Controle com pasta bordalesa (Freire; Cardoso, 2005).
- c. **Podridão-preta-da-haste (*Lasioidiploidia theobromae*):** Afeta ramos antes da floração, causando necrose. Sintomas semelhantes à antracnose, mas ramos quebram quando torcidos (Ribeiro; Val; Araújo Neto, 2009).
- d. **Mofo-preto (*Pilgeriella anacardi*):** Manchas nas folhas, causando queda prematura. Controle com fungicidas, especialmente antes da estação chuvosa (Cardoso; Freire, 2002).

3.13 Colheita

Os cajueiros florescem por um período de 2 a 3 meses, e os frutos levam cerca de 2 meses após a floração para amadurecer completamente. A maturação total é identificada pela queda natural do fruto ao solo, sendo a colheita tradicionalmente realizada com a coleta das castanhas que caem juntamente com os pedúnculos (Azam-Ali; Judge, 2001). O momento ideal de colheita do pedúnculo é determinado por sua coloração, firmeza e composição química, mas, na prática, considera-se o desenvolvimento completo, com tamanho máximo, textura firme e a coloração característica do clone (Guerra, 2021).

Para o mercado de frutas in natura, a colheita deve ser feita diretamente na planta, pois o caju não amadurece após a colheita, diferentemente de frutas climatéricas (Ramos *et al.*, 1996). A colheita é manual e varia conforme o destino do produto. Para as castanhas, os frutos são coletados do solo. Já para o pedúnculo, é necessário cuidado devido à sua sensibilidade, devendo a colheita ser realizada em horários de temperaturas amenas, com os colhedores utilizando unhas curtas e limpas para evitar danos. Os frutos devem ser dispostos em uma única camada em caixas plásticas forradas com espuma para minimizar impactos mecânicos (Guerra, 2021; Silva *et al.*, 2021).

As técnicas de colheita e pós-colheita visam apenas preservar a qualidade dos frutos, não podendo melhorá-la. Assim, a qualidade e o comportamento pós-colheita são amplamente influenciados por fatores pré-colheita, que podem ser ambientais e culturais. A adubação desempenha papel fundamental, pois a qualidade pós-colheita está diretamente ligada à quantidade e ao equilíbrio de nutrientes aplicados, devendo ser ajustada conforme as condições específicas do cultivo. O uso da irrigação pode aumentar a produtividade em até 12 vezes em comparação ao

cultivo de sequeiro, além de prolongar o período de colheita em cerca de cinco meses (Silva *et al.*, 2021).

3.14 Pós-colheita e processamento

O caju é cultivado para fins alimentares e medicinais, aproveitando-se tanto a maçã quanto a amêndoa (Azam-Ali; Judge, 2001). Após a colheita, as castanhas são secas ao sol por dois dias, enquanto os frutos inteiros são refrigerados a 5°C por até 15 dias (Ramos *et al.*, 1996). O processamento inclui lavagem, seleção, descastanhamento e envase, seguido de tratamento térmico (Silva *et al.*, 2000).

A castanha de caju é rica em ácidos graxos, proteínas e antioxidantes, sendo amplamente utilizada na indústria (Monteiro *et al.*, 2022). Seu processamento envolve descascamento, classificação e embalagem, com avanços na automação (Dendena; Corsi, 2014). A amêndoa, principal produto industrial, possui alto teor de polifenóis e pode ser extraída artesanalmente, com aproveitamento de até 80%, ou industrialmente, com rendimento de 52% (Dendena, 2014; Guerra, 2021). Após a extração, a castanha passa por secagem, seleção e embalagem (Paiva; Neto, 2021). Além disso, o líquido da casca se destaca como um subproduto rico em fenóis (Quirino *et al.*, 2014).

O pseudofruto é utilizado na produção de sucos, doces e bebidas alcoólicas (Guerra, 2021). No entanto, há um grande desperdício do pedúnculo, estimado entre 80-90% (Silva Neto, 2000).

3.15 Sustentabilidade e impacto ambiental

O cultivo sustentável do caju adota práticas como a agricultura orgânica, eliminando fertilizantes e pesticidas sintéticos e promovendo o controle biológico, o que melhora a saúde do solo e reduz impactos ambientais (KARMA NUTS, 2024).

Entretanto, há desafios ambientais e sociais. A expansão das plantações pode causar desmatamento e perda de biodiversidade, enquanto o uso excessivo de pesticidas e a má gestão hídrica podem agravar a degradação ambiental. Além disso, persistem problemas éticos, como exploração de trabalho infantil e remuneração injusta para produtores e colhedores (Doerthy, 2022).

3.16 Desafios e perspectivas futuras

O cultivo e a industrialização do caju enfrentam desafios como mudanças climáticas, que afetam a produtividade devido a secas e chuvas irregulares, e infestações de pragas, que causam perdas na produção.

No entanto, há perspectivas promissoras, incluindo o desenvolvimento de variedades mais resistentes e avanços tecnológicos na agricultura. O mercado global de caju também está em crescimento, passando de 7,5 bilhões de dólares em 2023 para uma projeção de 11,15 bilhões até 2032, com um crescimento anual de 3,85% (Deore, 2024).

4 CONCLUSÃO

O caju, especialmente o *Anacardium occidentale*, tem grande importância econômica e social no Nordeste do Brasil, destacando-se pela adaptação a diferentes solos e climas. Sua produção diversificada gera empregos e renda, além de fornecer produtos como castanha e pedúnculo, utilizados na alimentação e na indústria. O setor enfrenta desafios como mudanças climáticas e pragas, exigindo práticas sustentáveis e investimentos em pesquisa.

Agradecimentos e financiamento

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias - CPCE/UFPI.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, F. A. G.; JUNIOR, W. M.; ALMEIDA, F. C. G. Fenologia comparativa de dois clones enxertados de cajueiro anão em condições de irrigação. **Ciência Rural**, v. 32, n. 2, p. 221-228, 2002.
- AQUINO, A. R. L.; CRISÓSTOMO, L. A. **Caju**: Preparo do solo e calagem. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agroindustria-tropical>. Acesso em: 08 jul. 2024.
- ARAÚJO, J. P. P.; SILVA, V. V. **Cajulcultura**: Modernas Técnicas de produção. Fortaleza: EMBRAPA/CNPAT, 1995. 292p
- AZAM-ALI, S. H.; JUDGE, E. C. **Small-scale cashew nut processing**. Rugby, UK: Food and Agriculture organization – FAO, 2001.
- BARROS, L. M. **Caju**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agroindustria-tropical>. Acesso em: 10 jul. 2024.
- CARDOSO, J. E.; FREIRE, F. C. O. **Identificação e manejo das principais doenças**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2002.
- CAVALCANTI JÚNIOR, A. T.; CHAVES, J. C. M. **Produção de mudas de cajueiro**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2001.
- CAVALCANTI, J. J. V. BARROS, L. M. **Caju**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agroindustria-tropical>. Acesso em: 08 jul. 2024.

CRISÓSTOMO, L. A.; SANTOS, F. J. de S.; OLIVEIRA, V. H.; RAIJ, B. V.; BERNARDI, A. C. C.; SILVA, C.A.; SOARES, I. **Cultivo do cajueiro anão precoce: aspectos fitotécnicos com ênfase na adubação e na irrigação.** Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2001.

DENDENA, B.; CORSI, S. **Cashew, from seed to market: a review.** Agron. Sustain, 2014.

DEORE, N. **Cashew Market Report 2024 (Global Edition).** Disponível em: <https://www.cognitivemarketresearch.com>. Acesso em: 6 jul. 2024.

DOERTHY, D. **A Deep Dive Into Cashews: How Sustainable Are These Popular Nuts.** Utopia, 2022. Disponível em: <https://utopia.org/guide/a-deep-dive-into-cashews-how-sustainable-are-these-popular-nuts/> Acesso em 07 jul 2024.

EMBRAPA (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA). **Manual de Segurança e Qualidade para a Cultura do Caju.** Brasília: EMBRAPA/SEDE, 2004.

FREIRE, F. das C. O.; CARDOSO, J. E. **Manejo integrado de doenças.** Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2005.

GUERRA, H. **Manual de Fruticultura Tropical.** Lisbon Press, 2021. 450 p.

KARMA NUTS. **Explorando os benefícios ambientais da nossa agricultura sustentável de caju.** Disponível em: <https://www.karmanuts.com/blogs/cashew-chronicles/sustainable-cashew-farming> Acesso em: 07 jul 2024.

LORENZI, H.; LACERDA, M. T. C.; BACHER, L. B. **Frutas no Brasil: nativas e exóticas (de consumo in natura).** Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum. 2015. 768p.

MAZZETTO, S. E.; LOMONACO, D.; MELE, G. Óleo da castanha de caju: oportunidades e desafios no contexto do desenvolvimento e sustentabilidade industrial. **Química Nova**, 2009.

MESQUITA, A. L. M. **Caju: principais pragas.** Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agroindustria-tropical>. Acesso em: 09 jul. 2024.

MONTEIRO, F.; ROMEIRAS, M. M.; BARNABÉ, J.; CATARINO, S.; BATISTA, D.; SEBASTIANA, M. Disease-Causing Agents in Cashew: A Review in a Tropical Cash Crop. **Agronomy**, v. 12, n. 10, p. 2553, 2022.

OLIVEIRA, V. H. Cajucultura. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 1, 2008.

OLIVEIRA, V. H.; OLIVEIRA, F. N. S. **Controle de plantas daninhas em pomares de Cajueiro.** Fortaleza: EMBRAPA Agroindústria Tropical, 2001. 6p. (EMBRAPA Agroindústria Tropical. Comunicado Técnico, 10)

OLIVEIRA, V.H.; SANTOS, F.J.S.; MIRANDA, F.R.; ALMEIDA, J.I.L.; SAUNDERS, L.C.U. **Avanços de pesquisa em cajucultura irrigada.** In: WORKSHOP AVANÇOS TECNOLÓGICOS NA AGROINDÚSTRIA TROPICAL, 1997, Fortaleza. Palestras... Fortaleza: EMBRAPA/CNPAT, 1997.

PAIVA, F. F. A.; NETO, R. M. S. **Catania do caju.** EMBRAPA, 2021.

PARENTE, J.I.G.; OLIVEIRA, V.H. Manejo da cultura do cajueiro. *In*: ARAÚJO, J.P.P.; SILVA, V.V. (Org.) **Cajucultura: modernas técnicas de produção**. Fortaleza: EMBRAPA-CNPAT, 1995.

QUIRINO, R. L; GARRISON, T. F.; KESSLER, M. R. **Matrices from vegetable oils, cashew nut shell liquid, and other relevant systems for biocomposite applications**. Green Chem, 2014.

RAMOS, A. D.; BLEICHER, E.; FREIRE, F. das C. O.; CARDOSO, J. E.; PARENTE, J. I. G.; BARROS, L. de M.; CRISOSTOMO, L. A.; FROTA, P. C. E.; CORRÊA, M. P. F.; PESSOA, P. F. A. P.; MELO, Q. M. S.; OLIVEIRA, V. H. de. **A cultura do caju**. EMBRAPA- SPI, 1996.

RIBEIRO, J. L.; VAL, A. D. B.; ARAÚJO NETO, P. R. **Implantação e manejo da cultura do cajueiro-anão-precoce na região Meio-Norte do Brasil**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2009.

SERRANO, L. A. L.; MELO, D. S.; TANIGUCHI, C. A. K.; VIDAL NETO, F. das C.; CAVALCANTE JÚNIOR, L. F. Porta-enxertos para a produção de mudas de cajueiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 2013.

SILVA, E. O.; ALVES, R. E.; MOURA, C. F. H. **Caju**. EMBRAPA, 2021.

SILVA NETO, R. M. da. **Inspeção em indústria de beneficiamento da castanha de caju visando a implantação das boas práticas de fabricação**. 2000. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

SOUSA, T. L. T. L.; SHINOHARA, N. K. S.; LIMA, G. S.; FURTADO, A. F. T. L.; MARQUES, M. F. F.; ANDRADE, S. A. C. Aspectos nutricionais do caju e panorama econômico da Cajucultura. **Research, Society and Development**, 2021.

SOUZA, V. C.; LORENZI, H. **Botânica Sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de angiospermas da flora brasileira, baseado em APG II**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2005.

CAPÍTULO 2

PLANTAS MEDICINAIS E SUAS APLICAÇÕES: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Luiz Fernando de Santana Santos   
UFPB/Universidade Federal da Paraíba, Brasil

Mariana Tamires da Silva   
UFPB/Universidade Federal da Paraíba, Brasil

João Henrique Melo   
UFPB/Universidade Federal da Paraíba, Brasil

Sara Rafaela Souza Ribeiro   
UFPB/Universidade Federal da Paraíba, Brasil

José Arthur Tavares da Silva   
UFPB/Universidade Federal da Paraíba, Brasil

José Vinicius Tavares de Santana   
UFPB/Universidade Federal da Paraíba, Brasil

DOI: 10.52832/wed.169.963 

Resumo: O uso de plantas medicinais pela humanidade decorre desde os primórdios tornando-se uma prática milenar, no qual utiliza-se de ervas para fins medicinais. O presente artigo tem por objetivo apresentar as propriedades fitoterápicas de espécies de plantas sob perspectiva de fitoterapia na saúde humana. A metodologia utilizada neste estudo se caracteriza como uma revisão bibliográfica integrativa, realizada em bases de dados científicos nacional e internacional, analisando artigos publicados entre 2015 a 2024. Dessa forma, explorando obter informações sobre a utilização das plantas medicinais e seus componentes, a partir do direcionamento como uso fitoterápico em tratamentos diversificados. Os resultados obtidos indicam que as plantas citadas no estudo possuem propriedades medicinais anti-inflamatórias, antimicrobianas, antioxidantes e calmantes. A camomila (*Matricaria chamomilla*), a partir de seus atributos curativo, auxilia no alívio da ansiedade e da insônia, a romã (*Punica granatum*) apresenta potencial antimicrobiano e antioxidante, a erva-cidreira (*Melissa officinalis*) atua como sedativo natural e o açafrão-da-terra (*Curcuma longa*) se destaca pelos efeitos anti-inflamatórios oferecendo benefícios no tratamento de algumas doenças e contribuindo para o desempenho atlético. Contudo, as espécies de plantas medicinais estudadas demonstraram grande potencial e eficiência, corroborando para complementação de tratamentos terapêuticos, promovendo o fortalecimento da saúde física e mental.

Palavras-chave: Açafrão-da-terra. Camomila. Erva-Cidreira. Fitoterápicos. Romã.

1 INTRODUÇÃO

As plantas medicinais por definição são aquelas capazes de aliviar ou curar enfermidade e tem tradição de uso pela população ou comunidades (Anvisa, 2022). A utilização de plantas medicinais no tratamento é denominada de fitoterapia e é considerada uma das formas mais antigas de práticas terapêuticas, articulando cultura e saúde. Existem registros datando desde 60.000 anos a.C. e diversas culturas fazem utilização dessa prática como a Egípcia, Hindu, Persa, Grega e os povos da América Pré-Colombiana (Rocha *et al.*, 2015, Saraiva *et al.*, 2015; Pinê *et al.*, 2023).

O Brasil possui uma ampla gama de espécies de plantas, concomitantemente abre espaço para pesquisa de plantas que possuem esta propriedade, a prática e utilização se difundiu rapidamente devido aos valores e toxicidade dos medicamentos sintéticos, em decorrência disso a indústria farmacêutica despertou um interesse crescente pelas pesquisas de plantas medicinais com potencial terapêutico (Rocha *et al.*, 2021; Pinê *et al.*, 2023).

Há ainda o que se pode denominar potencial de produção de plantas por regiões, como aponta Sá – Filho *et al.* (2021) onde há busca de interesses em pesquisar as propriedades medicinais das plantas da Caatinga, região estritamente brasileira, para fins terapêuticos, sendo exploradas extensivamente pelos pesquisadores e pela indústria farmacêutica, agregado ao conhecimento enraizado nos povos. Interessada em desenvolver novos medicamentos a indústria busca cada vez mais os compostos bioativos e seus benefícios, no entanto há malefícios também como aponta Alves *et al.* (2021) enfatizando dos riscos de utilização indiscriminado das plantas medicinais.

Neste sentido a compreensão de quais efeitos cada planta medicinal fornece ao ser humano, é primordial, todavia não somente entender os benefícios, mas também como as problemáticas se

utilizadas de forma errônea. Para tanto neste trabalho objetivou-se fazer a revisão de materiais descritivos sobre o as propriedades fitoterápicas das plantas consideradas medicinais, como a camomila (*Matricaria chamomilla* EU.), romã (*Punica granatum* EU.), erva-cidreira (*Melissa officinalis* L.) e açafrão-da-terra (*Curcuma longa* L.).

2 MATERIAL E MÉTODOS

O método utilizado neste estudo é uma revisão bibliográfica integrativa, de análise de conteúdo, que busca explorar a literatura disponível para obter informações mais detalhadas sobre a utilização das plantas medicinais e seus componentes, focando o seu uso como fitoterápico em tratamentos diversos. A metodologia adotada é qualitativa, uma vez que se concentra na obtenção de dados não quantificáveis e busca compreender as motivações e razões por trás de fenômenos sociais específicos.

No primeiro momento foi definido o tema principal do trabalho onde seria sobre a utilização de plantas medicinais e suas propriedades fitoterápicas, sendo assim um norteador para a pesquisas nas bases, e utilizando indexadores de pesquisa. A pesquisa acadêmica foi feita em bases como Scholar Google®, Scopus®, SciELO®, Web of Science® analisando artigos publicados entre 2015 a 2024. Na segunda etapa, foi realizada uma pré-seleção dos artigos, lendo os títulos para compreender a essência do assunto tratado e identificar os materiais bibliográficos relevantes.

Foram estabelecidos os critérios de inclusão e exclusão para a seleção dos estudos. Os critérios de inclusão envolveram estudos que abordassem o uso de plantas medicinais como fitoterápicos na saúde humana, seus recursos como agentes mitigadores de sintomas envolvendo corpo e mente, publicados entre 2015 e 2024, em português e inglês, e que garantisse a relevância e atualidade dos dados sobre o tema. Já os critérios de exclusão incluíram artigos que não estavam diretamente relacionados ao tema, estudos publicados antes de 2012, trabalhos duplicados e artigos que continham informações irrelevantes para a pesquisa.

Na terceira etapa foi realizado a leitura sintetizada para que se separasse artigos conflitantes ou que se somassem formando uma boa base de recursos. Na quarta etapa foi dedicada a leitura integral do material, sendo extraído o conteúdo focal do trabalho e na quinta etapa foi organizado os materiais e os apresentando neste trabalho que segue. No trabalho foram utilizados 12 artigos diretamente e 1 livro da Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Brasileira – ANVISA. Sendo descritos as seguintes plantas consideradas medicinais camomila (*Matricaria chamomilla*), romã (*Punica granatum*), erva-cidreira (*Melissa officinalis*) e açafrão-da-terra (*Curcuma longa*).

Portanto ao final, espera-se que os resultados desta revisão possam servir como base para subsidiar novas pesquisas, retirar dúvidas, aprofundar sobre o conhecimento bioquímico dos

compostos das plantas medicinais citadas e explicitar os benefícios voltados as culturas mais eficazes, utilizadas como fitoterápicas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As plantas medicinais podem ser obtidas em lojas de produtos naturais, feiras orgânicas ou podem ser cultivadas pelo próprio consumidor em sua casa. Quando se realiza o cultivo de plantas medicinais é indicado após a colheita que ocorra a seleção e limpeza das plantas separando folhas, flores, raízes, caules e casca para se ter um material livre de impurezas e depois realize a secagem do material tanto ao sol como à sombra para evitar surgimento de fungos e que o material fermente durante o armazenamento (Tavares *et al.*, 2015).

Com isso, para usufruir dos inúmeros benefícios proporcionados pelas plantas medicinais, elas podem ser preparadas por diversas formas. Os principais modos de uso das plantas medicinais são chás, lambedores, xaropes, inalação, bochechos, gargarejos, pó e compressas. Os chás podem ser feitos por infusão, em que utiliza água fervendo nos pedaços da erva deixando em repouso, por cozimento, onde cozinha água com a erva até ferver, e por maceração, em que mergulha a planta picada na água fria deixando em repouso por alguns minutos (Ferreira *et al.*, 2016).

Com relação a inalação, gargarejos e compressas são processos que combinam a erva com vapor de água quente, água fria e água quente, respectivamente, não são indicados a serem ingeridos, mas para serem inalados, agitados na boca e aplicado, respectivamente. Lambedores e xaropes são preparações caseiras da planta com açúcar e são bastante utilizadas por serem agradáveis, e o pó corresponde a planta medicinal triturada em que usa junto com leite, mel de abelha ou para passar em ferimentos (Tavares *et al.*, 2015; Ferreira *et al.*, 2016).

A camomila (*Matricaria chamomilla*), considerada um presente do Deus sol pelos egípcios, é conhecida como maçanilha ou camomila-alemã, pertence à família da Asteraceae e possui porte herbáceo com ciclo anual. A camomila (*M. chamomilla*) é uma erva de origem europeia, entretanto pode-se ser cultivada em todo o mundo incluindo o Brasil, onde o maior produto do país corresponde ao estado do Paraná. Essa erva é bastante utilizada como planta medicinal e o seu uso foi intensificado após o conhecimento de suas propriedades terapêuticas (Oliveira; Lima, 2018).

As propriedades medicinais da camomila (*M. chamomilla*) correspondem a propriedades anti-inflamatórias, bactericida, anti-infecciosas devido à presença do flavonoide quercetina e propriedades sedativas, calmantes em razão a presença do flavonoide apigenina. A principal propriedade da camomila (*M. chamomilla*) explorada pela população corresponde ao uso para controlar ansiedade, alívio de cólicas menstruais e insônias. A forma de uso da camomila (*M.*

chamomilla) mais utilizada é por meio do preparo do chá por infusão de suas flores secas (Anvisa, 2021), entretanto também esse chá também pode ser utilizado como compressa (Oliveira; Mezzomo; Moraes, 2018; Oliveira; Lima. 2018).

De acordo com um estudo realizado por Oliveira *et al.* (2018) na cidade de Colombo no Paraná, 72,28% de 101 entrevistados utilizam plantas medicinais e desse percentual, 20,31% conhecem a camomila (*M. chamomilla*) e utilizam de suas propriedades medicinais principalmente como forma de calmante a partir da infusão, onde 69,53% dos entrevistados fazem uso dessa forma de preparo, e cerca de 70% da população entrevistada obtém as plantas medicinais do seu quintal, sendo de cultivo próprio.

A romã (*Punica granatum*), pertencente à família Lythraceae, é considerada uma planta do tipo arbusto ramoso podendo chegar até 3 metros de altura, possui folhas simples, flores com pétalas alaranjadas e frutos do tipo baga onde apresentam várias sementes cobertas por um arilo rosa. A romã (*P. granatum*) é uma erva de origem asiática, entretanto é bastante cultivada no Brasil e possui uma importância tanto religiosa, por ser considerada sagrada por várias religiões, como medicinal, devido a suas inúmeras propriedades terapêuticas (Melo; Lui; Silva, 2021).

As propriedades medicinais da romã (*P. granatum*) são devido à presença de taninos e alcalóides, principalmente na casca, onde promove propriedades antimicrobianas, propriedades antifúngicas, antioxidantes, anti-inflamatórias e anticancerígena (Miranda *et al.*, 2024). Segundo a Anvisa (2021), a principal forma de preparo para utilizar das propriedades medicinais da romã (*P. granatum*) é por meio do chá por infusão durante 5 minutos, em que pode ingerir, ou realizar bochechos e gargarejos, onde não pode ingerir.

Segundo Miranda *et al.* (2024), de acordo com os estudos, a romã (*P. granatum*) pode ser um novo tratamento para salmonelose, para *Escherichia coli*, devido a inibição do crescimento das bactérias, para gengivite, inflamação na garganta e periodontite, devido a propriedades anti-inflamatórias, *Candida albicans*, mal de Alzheimer e de câncer mamário, por meio das atividades antioxidantes e antineoplásicas em que reduzem a peroxidação lipídica do tecido cerebral e a formação de agentes carcinogênicos, respectivamente.

A erva-cidreira (*Melissa officinalis*), conhecida também como falsa melissa e erva-cidreira de arbusto, é uma planta nativa da América do Sul e possui uma grande distribuição pelo Brasil. A erva-cidreira (*M. officinalis*) pertence à família Verbenaceae, é considerada uma planta pequena, aromática, do tipo subarborescente, possui folhas simples, inflorescências do tipo capítulo com flores azul-arroxeadas. O poder medicinal da erva-cidreira (*M. officinalis*), antes apenas utilizada por fatores empíricos, atualmente apresenta uma grande importância na indústria de fitomedicamentos devido a sua riqueza em propriedades medicinais (Bezerra *et al.*, 2016).

O uso empírico da erva-cidreira (*M. officinalis*) consiste no tratamento para cólicas, náuseas, resfriados, calmantes, diarreia, dores de cabeça, entre outros. Entretanto, suas propriedades medicinais são devido à presença de flavonóides, limoneno e citral, que auxilia na ação sedativa e calmante, de taninos e alcalóides, que diminuem a frequência cardíaca contribuição com a diminuição de hipertensão, além de possuir atividade comprovada cientificamente com relação a atividade antifúngica, antiulcerogênica, ansiolítico, antioxidante, antimicrobiana para *Candida albicans*, antiviral para Herpes simples tipo 1, analgésica e anti-inflamatórias (Bezerra *et al.*, 2016; Sacramento *et al.*, 2024).

A principal forma de uso da erva-cidreira (*M. officinalis*) consiste no uso de suas folhas e flores por meio de chá feito por infusão, por meio também de compressas e maceração (Bezerra *et al.*, 2016; Sacramento *et al.*, 2024). Entretanto, também é muito utilizada para produção de óleos essenciais, em que é obtido por meio da destilação da planta, porém apresentam composição dependente de fatores ambientais. Um estudo realizado sobre o efeito do óleo essencial da erva-cidreira (*M. officinalis*) sobre o sistema nervoso central evidencia a propriedade sedativa e calmante do óleo, em que contribuiu para um sono mais intenso em camundongos (Camillo, 2016).

O açafrão-da-terra (*Curcuma longa*), conhecida também como açafrão-da-índia, é uma planta de origem indiana, em que apresenta folhas grandes, flores amareladas, um caule subterrâneo do tipo rizoma de coloração alaranjada. Pertence à mesma família do gengibre (*Zingiber officinale* R.), a família Zingiberaceae, e é bastante utilizada no mundo todo, primeiramente devido suas propriedades alimentícias e ornamentais, entretanto atualmente também é devido suas inúmeras propriedades terapêuticas (Marchi *et al.*, 2016; Ruppelt *et al.*, 2020).

As propriedades medicinais do açafrão-da-terra (*C. longa*) são devido, principalmente, aos compostos curcuminóides, a curcumina, que proporciona a coloração alaranjada do caule e a atividade anti-inflamatória, entretanto também pode fornecer uma ação sobre doenças de Parkinson, anticancerígena, antiespasmódica, anti-hepatotóxicas, antiviral, antidrepressiva, antibacteriana, anticonvulsivantes, antitumoral, sedativa, e antioxidantes, contribuindo para diminuição de casos da doença de Alzheimer além de contribuir com o desempenho dos atletas (Marchi *et al.*, 2016).

Segundo Ruppelt *et al.* (2020) e Anvisa (2021), as principais formas de uso do açafrão (*C. longa*) é em preparos alimentícios utilizando o pó do rizoma, como saladas, sopas, arroz, como também por meio de chá por infusão. Em um estudo realizado por Takahashi *et al.* (2014), foram observados 10 atletas homens no qual dividiu em 3 grupos, um com uso de 90mg de curcumina 2 horas antes do exercício, outro grupo ministrado com doses de curcumina antes e depois do exercício e por último, outro grupo ministrado com placebo. Foi observado que os que tinham

consumo de curcumina tiveram estresse oxidativo reduzido, evidenciando desta forma a atividade antioxidante do açafrão-da-terra (*C. longa*).

4 CONCLUSÃO

As plantas medicinais discutidas são verdadeiros presentes naturais com um potencial funcional a ser explorado, antigamente utilizadas por experiências empíricas e atualmente, conclui-se que as plantas oferecem uma gama de benefícios terapêuticos que auxiliam no tratamento de diversas enfermidades.

A **camomila** (*Matricaria chamomilla*), com suas propriedades calmantes e anti-inflamatórias alivia ansiedade, cólicas menstruais e insônia. A **romã** (*Punica granatum*), cheia de taninos e alcaloides, proporciona ações antimicrobianas e antioxidantes, sendo eficaz no combate a infecções e no tratamento de doenças bucais.

A **erva-cidreira** (*Melissa officinalis*) se destaca como planta de poder sedativo e calmante, auxilia no alívio de cólicas, náuseas, estresse e também ajuda no combate a infecções como a *Candida albicans* e herpes.

Já o **açafrão-da-terra** (*Curcuma longa*), além de ser anti-inflamatório e antioxidante, oferece grandes benefícios no tratamento de doenças como Alzheimer e Parkinson, e ainda pode contribuir para o desempenho atlético.

A respeito das propriedades medicinais encontradas particularmente nas plantas, percebe-se uma semelhança entre alguns compostos e suas atividades desencadeadas no organismo do indivíduo, fortalecendo o uso rotineiro dessas plantas e um potencial explorativo pelas indústrias farmacêuticas. Portanto, a utilização de plantas medicinais corrobora para complementação de tratamentos terapêuticos, além disso podem promover o fortalecimento do sistema corporal equilibrando corpo e mente.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Orientações sobre o uso de fitoterápicos e plantas medicinais**. Brasília: Anvisa, 2022. 19 p.

ALVES, M. A. SIQUEIRA, S. S. de. TEIXEIRA, C. D. MARTINS, G. P. A UTILIZAÇÃO DE PLANTAS MEDICINAIS E FITOTERÁPICOS COMO TERAPIA ALTERNATIVA E SEUS RISCOS À SAÚDE. **Cadernos Camilliani e-ISSN: 2594-9640**, [S.l.], v. 16, n. 1, p. 1020-1035, out. 2021. ISSN 2594-9640. Disponível em: <https://www.saocamilo-es.br/revista/index.php/cadernoscamilliani/article/view/311>. Acesso em: 09 mar. 2025.

ANVISA. Coordenação da Farmacopeia. **Formulário de fitoterápicos da farmacopeia brasileira**. 2. ed. 2021.

BEZERRA, E. S.; XAVIER, H. S.; PEREIRA, J. P. G.; NETO, J. D.; BARACUHY, J. G. V.; LIMA, J. L. S.; LUCENA, L. F. A.; FARIAS, S. A. R. R.; SOUSA, V. A.; BARACUHY, Y. P. Plantas medicinais para uso humano. *In*: BARACUHY, J. G. V.; FURTADO, D. A.; FRANCISCO, P. R. M.; LIMA, J. L. S.; PEREIRA, J. P. G. (org.). **Plantas medicinais de uso comum no Nordeste do Brasil**. Campina Grande: EDUEFCG, 2016. p. 13-20.

CAMILLO, F. C. **Melissa officinalis (Mill.) N.E. Br. ex Britton & P. Wilson: uma espécie nativa promissora para a introdução em programas nacionais de plantas medicinais e fitoterápicos**. 2016. 59 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) – Instituto de Tecnologia em Fármacos/Farmanguinhos, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2016.

FERREIRA, A. C.; LIMA, A. C. S.; ARAÚJO, B. A.; COELHO, C. H. L.; XAVIER, H. S.; LIMA, J. L. S.; SILVA, L. C. S.; BASTOS, M.; BATISTA, M. A. F.; PINTO, M. A. L. A.; LIMA, T. S.; LIMA, V. L. A. Formas de preparo das práticas caseiras de plantas medicinais. *In*: BARACUHY, J. G. V.; FURTADO, D. A.; FRANCISCO, P. R. M.; LIMA, J. L. S.; PEREIRA, J. P. G. (org.). **Plantas medicinais de uso comum no Nordeste do Brasil**. Campina Grande: EDUEFCG, 2016. p. 13-20.

IBIAPINA, W. V. *et al.* Inserção da fitoterapia na atenção primária aos usuários do SUS. **Revista de Ciências da Saúde Nova Esperança**, 12, 60-70. 2014.

MARCHI, J. P.; TEDESCO, L.; CRUZ MELO, A.; FRASSON, A. C.; FRANÇA, V. F.; SATO, S. W.; WIETZIKOSKI, E. C. *Curcuma longa* L., o açafrão-da-terra, e seus benefícios medicinais. **Arquivos de Ciências da Saúde da UNIPAR**, v. 20, n. 3, 2016.

MELO, F. J. S.; LUI, C. L. C.; SILVA, V. A. Propriedades farmacológicas da droga vegetal *Punica granatum* L. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 7, n. 6, p. 202–210, 2021.

MIRANDA, B. D. P.; MARQUES, D. P.; CRUZ, W. P.; SILVA, P. A.; CUNHA, F. F.; DEUS, V. M.; OLIVEIRA, J. T. Estudo das propriedades funcionais da romãzeira (*Punica granatum* L.). **Higiene Alimentar**, [s. l.], p. e1154-e1154, 2024.

OLIVEIRA, L. D. V. P.; LIMA, R. M. **A camomila e suas propriedades terapêuticas: uma revisão de literatura**. São Luís, 2018.

OLIVEIRA, V. B.; MEZZOMO, T. R.; MORAES, E. F. Conhecimento e uso de plantas medicinais por usuários de unidades básicas de saúde na região de Colombo, PR. **Revista Brasileira de Ciências da Saúde**, v. 22, n. 1, p. 57-64, 2018.

PINÊ, R. E. L.; DE CAMARGOS, L. S. A UTILIZAÇÃO DE PLANTAS MEDICINAIS EM FERIDAS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA. **Revista Contemporânea**, [S. l.], v. 3, n. 12, p. 32046–32069, 2023. DOI: 10.56083/RCV3N12-367. Disponível em: <https://ojs.revistacontemporanea.com/ojs/index.php/home/article/view/2536>. Acesso em: 9 mar. 2025.

ROCHA, L. P. B. da.; ALVES, J. V. de O.; AGUIAR, I. F. da S.; SILVA, F. H. da.; SILVA, R. L. da.; ARRUDA, L. G. de; NASCIMENTO FILHO, E. J. do; BARBOSA, B. V. D. da R.; AMORIM, L. C. de; SILVA, P. M. da; SILVA, M. V. da. Use of medicinal plants: History and relevance. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 10, p. e44101018282, 2021.

DOI: 10.33448/rsd-v10i10.18282. Disponível em:

<https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/18282>. Acesso em: 9 mar. 2025.

RUPPELT, B. M.; KOZERA, C.; ZONETT, P. C.; PAULERT, R.; STEFANELLO, S. **Plantas medicinais: conhecendo algumas espécies**. Curitiba: UFPR, 2020. p. 31-32.

SACRAMENTO, F. S.; ASSIS, C. N. C.; MORAES, E. G. R. O.; OLIVEIRA, R. S.; SILVA, E. M. J.; VALE, T. O. Caracterização e atividade antifúngica do extrato vegetal da *Melissa officinalis* como potencial controle da antracnose do mamão. **Revista de Biotecnologia & Ciência**, v. 13, e14772, 2024.

SÁ-FILHO, G. F. D.; DA SILVA, A. I. B.; DA COSTA, E. M.; NUNES, L. E.; RIBEIRO, L. H. F.; CAVALCANTI, J. R. L. P.; CAVALCANTE, J. S. Plantas medicinais utilizadas na caatinga brasileira e o potencial terapêutico dos metabólitos secundários: uma revisão. **Research, society and development**, v. 10, n. 13, p. 1-15. 2021.

SARAIVA, S. R.; SARAIVA, H. C.; DE OLIVEIRA JUNIOR, R. G.; SILVA, J. C.; DAMASCENO, C. M.; DA SILVA ALMEIDA, J. R.; AMORIM, E. L. A implantação do programa de plantas medicinais e fitoterápicos no sistema público de saúde no Brasil: uma revisão de literatura. **Revista Interdisciplinar de Pesquisa e Inovação**. 2015.

TAKAHASHI, M. *et al.* Effects of curcumin supplementation on exercise-induced oxidative stress in humans. **International Journal of Sports Medicine**, v. 35, n. 6, p. 469-475, 2014.

TAVARES, S. A.; BARBOSA, M. C. S.; CAMPOS, C. A. C.; LUCENA, A. G. **Plantas medicinais**. Brasília: EMATER-DF, 2015.

CAPÍTULO 3

PROPAGAÇÃO VEGETATIVA POR ENXERTIA E ALPORQUIA: MÉTODOS E APLICAÇÕES

Stefane da Silva Rodrigues   

Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, Universidade Federal do Piauí – UFPI/CPCE, Brasil

Kamilla Dias Pessoa   

Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, Universidade Federal do Piauí – UFPI/CPCE, Brasil

Maria Luiza de Sousa Neta   

Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, Universidade Federal do Piauí – UFPI/CPCE, Brasil

Karmem Guimaraes Bezerra   

Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, Universidade Federal do Piauí – UFPI/CPCE, Brasil

Felipe Tote Nunes Pontes   

Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, Universidade Federal do Piauí – UFPI/CPCE, Brasil

Renato Oliveira de Sousa   

Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, Universidade Federal do Piauí – UFPI/CPCE, Brasil

Kathully Karolaine Brito Torres   

Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal do Piauí – UFPI/CMPP, Brasil

Andréia de Carvalho Santos   

Programa de Pós Graduação em Ecologia e Conservação, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS, Brasil

Gustavo Alves Pereira   

Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal do Piauí – UFPI/CMPP, Brasil

DOI: 10.52832/wed.169.964 

Resumo: A propagação vegetativa é um método assexuado de reprodução que preserva as características genéticas da planta matriz, sendo fundamental para a multiplicação de espécies com alto valor agrônomo. Entre as técnicas disponíveis, destacam-se a enxertia e a alporquia, amplamente utilizadas em frutíferas e espécies ornamentais. O objetivo deste trabalho foi revisar os principais métodos e aplicações da enxertia e da alporquia, destacando suas etapas, tipos, condições necessárias ao sucesso e importância na reprodução de plantas de interesse agrônomo e florestal. A pesquisa consistiu em uma revisão bibliográfica narrativa, com levantamento de publicações entre 2015 e 2025 nas bases Google Acadêmico, Portal de Periódicos CAPES e SciELO. Foram utilizados descritores como “propagação vegetativa”, “enxertia”, “alporquia”, “mergulhia”, “compatibilidade de enxertia”, “porta-enxerto”, “propagação assexuada” e “técnicas de enraizamento”. Para a seleção dos materiais, foram considerados como critérios de inclusão estudos que abordassem aspectos técnicos das técnicas de enxertia e alporquia, incluindo suas variações, fatores que influenciam o sucesso da propagação e sua aplicabilidade na agricultura. Os resultados da revisão indicaram que a enxertia permite a combinação de características desejáveis entre plantas diferentes, sendo classificada em tipos como garfagem e borbúlia, e requer compatibilidade entre enxerto e porta-enxerto. A alporquia, por sua vez, estimula o enraizamento de ramos ainda ligados à planta matriz, sendo eficiente para clonagem de plantas com difícil propagação por outros meios. Conclui-se que ambas as técnicas são essenciais para a multiplicação de plantas com maior qualidade, resistência e adaptação, além de contribuírem para a preservação genética e o avanço das práticas de propagação vegetal.

Palavras-chave: Propagação assexuada. Porta-enxerto. Técnicas de enraizamento. Compatibilidade vegetal. Melhoramento clonal.

1 INTRODUÇÃO

A propagação vegetativa é um método assexuado de reprodução que permite multiplicar plantas preservando as características genéticas da planta matriz. Técnicas como a enxertia e a alporquia são eficientes e amplamente usadas em culturas agrícolas. Esse método também é fundamental para restaurar ecossistemas degradados e viabiliza a reprodução de espécies com dificuldades na propagação por sementes, como as de baixa disponibilidade ou com baixa taxa de germinação (Stuepp *et al.*, 2018).

A enxertia consiste na união de duas plantas distintas para formar uma única planta composta, aproveitando as qualidades desejáveis de ambas. Nesse processo, o porta-enxerto fornece o sistema radicular, enquanto a copa é responsável pela parte aérea da planta. Essa técnica, utilizada há mais de três mil anos, é amplamente empregada em frutíferas como goiaba, promovendo maior resistência a pragas e doenças, além de melhorar a qualidade dos frutos e a adaptação a diferentes condições ambientais (Singh *et al.*, 2019). A união bem-sucedida ocorre devido à capacidade das células vegetais de se multiplicarem e se diferenciarem, formando novos tecidos e vasos condutores que integram as duas partes.

A alporquia é um método de propagação vegetativa que induz o enraizamento da planta sem separá-la imediatamente da matriz. Esse processo ocorre por meio do anelamento do ramo, o que impede a translocação de carboidratos, fitormônios e outras substâncias essenciais ao

desenvolvimento radicular. Com isso, esses compostos se acumulam na região tratada, promovendo a diferenciação celular e estimulando a formação de raízes (Silva *et al.*, 2019).

Ambas as técnicas oferecem vantagens significativas para a agricultura. A enxertia possibilita a combinação de características superiores em uma única planta, como maior vigor, resistência e qualidade de produção (Singh *et al.*, 2019). A alporquia é uma técnica de propagação vegetativa que permite a reprodução de plantas mantendo as características genéticas da planta-mãe, como produtividade, sabor e resistência a doenças. Isso é possível porque as plantas propagadas por alporquia são clones genéticos da planta original. (Oliveira Junior *et al.*, 2024). Além disso, esses métodos são fundamentais para a sustentabilidade agrícola, permitindo a preservação de variedades de interesse econômico e ecológico, bem como a adaptação a diferentes condições ambientais.

Este trabalho tem como objetivo realizar uma revisão de literatura sobre os métodos e aplicações das técnicas de enxertia e alporquia, abordando suas variações, procedimentos, condições ideais de execução e suas contribuições para a multiplicação de plantas, preservação genética e avanços na agricultura.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo trata de uma revisão de literatura narrativa sobre os métodos e aplicações das técnicas de enxertia e alporquia, considerando suas variações, procedimentos e condições ideais para uso na agricultura. A busca por publicações foi realizada nas bases de dados Google Acadêmico, Portal de Periódicos Capes e SciELO, com recorte temporal entre 2015 e 2025. Foram priorizados artigos científicos e livros, por serem fontes confiáveis de informação técnica e atualizada.

Os descritores utilizados nas pesquisas incluíram “propagação vegetativa”, “enxertia”, “alporquia”, “mergulhia”, “compatibilidade de enxertia”, “porta-enxerto”, “propagação assexuada” e “técnicas de enraizamento”, selecionados por sua relação direta com o tema abordado.

Para a seleção dos materiais, foram considerados como critérios de inclusão estudos que abordassem aspectos técnicos das técnicas de enxertia e alporquia, incluindo suas variações, fatores que influenciam o sucesso da propagação e sua aplicabilidade na agricultura. Trabalhos que não contemplavam esses aspectos ou que estavam fora do período estabelecido foram excluídos.

A análise das publicações seguiu o seguinte processo: primeiro, realizou-se uma leitura exploratória dos resumos para verificar a relevância dos estudos. Posteriormente, foram selecionadas as fontes mais pertinentes, aplicando-se uma leitura seletiva e aprofundada das seções que forneciam informações detalhadas sobre os métodos estudados. O registro dos dados foi feito

por meio de fichamentos, contendo informações como autor, ano, metodologia utilizada, principais resultados e conclusões.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Enxertia

A enxertia pode melhorar a resistência a doenças e a tolerância a condições ambientais adversas, como estresse hídrico e solo pobre. A técnica permite a modificação de características do fruto, como tamanho e qualidade, além de aumentar a produtividade. A escolha de porta-enxertos adequados pode ajudar na adaptação a diferentes tipos de solo, melhorando a absorção de nutrientes e a saúde geral da planta (Adhikari *et al.*, 2022; Habibi *et al.*, 2022; Huang *et al.*, 2021). Enxertos naturais ocorrem quando raízes ou caules de plantas distintas entram em contato sob pressão, seja pelo crescimento ou por restrições físicas, e podem ter inspirado o desenvolvimento da enxertia artificial (Chilukamarri *et al.*, 2021).

3.1.1 Enxertia de Garfagem

A enxertia de garfagem consiste em soldar a porção de um ramo destacado, chamado de garfo ou enxerto, sobre um porta-enxerto.

3.1.1.1 Garfagem em fenda cheia

A técnica de garfagem no topo em fenda cheia inicia-se com o corte do porta-enxerto a uma altura aproximada de 15 a 20 cm, variando conforme a espécie e as condições específicas da enxertia. Em seguida, realiza-se uma fenda vertical na extremidade superior do porta-enxerto, com aproximadamente 3 cm de comprimento, para o encaixe do enxerto. O enxerto, também denominado garfo, recebe duas incisões na parte basal, formando uma cunha de cerca de 3 cm, permitindo um ajuste preciso na fenda do porta-enxerto. Após a inserção, procede-se à fixação por meio de amarração, garantindo contato entre os tecidos do enxerto e do porta-enxerto, favorecendo a união e o sucesso da enxertia (Paiva *et al.*, 2015).

3.1.1.2 Garfagem em fenda simples

A garfagem em fenda cheia consiste em uma técnica de enxertia amplamente utilizada, na qual o procedimento inicia-se com a decape do porta-enxerto, realizada a aproximadamente 20 cm acima do coleto. Em seguida, efetua-se um corte em forma de “V”, com cerca de 4 cm de profundidade, no centro da superfície seccionada do porta-enxerto. O garfo, previamente preparado com duas faces chanfradas, é então encaixado firmemente na fenda e fixado com fita de

enxertia, assegurando a união entre os tecidos cambiais das duas partes. Para promover um ambiente favorável à cicatrização e ao pegamento, o garfo é coberto com um saco plástico (10 × 15 cm), formando uma câmara úmida que reduz a perda de água e previne o ressecamento dos tecidos enxertados (Ferreira *et al.*, 2016).

3.1.1.3 Garfagem em fenda dupla

Conhecida também como enxertia de garfagem à inglês complicado, essa técnica é similar à garfagem à inglês simples. A diferença está no procedimento adicional: após realizar o corte em bisel no enxerto e no porta-enxerto, é feita uma incisão longitudinal no terço inferior do enxerto e outra no terço superior do porta-enxerto, permitindo um encaixe perfeito entre as duas partes. Esse método é preferido em relação à garfagem em fenda simples porque oferece uma maior área de contato entre as partes e, consequentemente, uma fixação mais robusta devido ao maior encaixe dos cortes. É recomendável que o diâmetro do enxerto e do porta-enxerto sejam o mais próximo possível para garantir uma união eficaz. Esse tipo de enxertia é comumente utilizado para a propagação de macieiras na região Sul do Brasil (Lima *et al.*, 2023).

3.1.1.4 Garfagem fenda lateral

Na garfagem em fenda lateral, o procedimento consiste na confecção de uma fenda com aproximadamente 3 cm de profundidade, realizada de cima para baixo, em posição lateral ao caule do porta-enxerto, sem a necessidade de decepá-lo. A fenda é feita a cerca de 13 cm da base da planta, permitindo a inserção do garfo, previamente preparado com um corte em forma de cunha na extremidade basal. Após o encaixe, realiza-se o amarrão com fita de enxertia, de modo a assegurar a estabilidade da união e o contato eficiente entre os tecidos cambiais (Paiva *et al.*, 2015).

3.1.2 Enxertia de borbulhia

Também chamada de enxertia de gema, esta técnica envolve a inserção de uma pequena porção de casca de uma planta (enxerto) contendo uma única gema em um porta-enxerto. Existem diversas formas de realizar a enxertia de borbulhia quanto ao método, mas o princípio é o mesmo em todas. A seguir está descrito as principais formas.

3.1.2.1 Enxertia de borbulhia em “T” normal

Na borbulhia em T normal, o procedimento inicia-se com a realização de uma incisão no porta-enxerto em forma de “T”, sendo o primeiro corte feito no sentido transversal e, em seguida, um segundo corte perpendicular ao primeiro, formando a estrutura característica da técnica. A

gema, também denominada escudo, é retirada do ramo do enxerto com auxílio de um canivete, mantendo o ramo em posição invertida, o que facilita a remoção do tecido. Para a introdução da gema, a casca do porta-enxerto é cuidadosamente levantada com o dorso da lâmina, permitindo o encaixe do escudo sob a epiderme. Após a inserção, corta-se o excesso do tecido e realiza-se o amarrio, geralmente de cima para baixo, de modo a garantir a fixação e a proteção da gema durante o processo de cicatrização (Ferreira *et al.*, 2016).

3.1.2.2 Enxertia de borbulhia em “T” invertido

Na borbulhia em T invertido, realiza-se uma incisão no porta-enxerto em formato de “T” invertido, a aproximadamente 13 cm da base do caule. A borbulha, contendo a gema e uma fina camada de tecido cortical, é retirada do garfo com corte compatível ao da incisão. Em seguida, procede-se ao encaixe da borbulha sob os tecidos do porta-enxerto, garantindo o contato entre os tecidos cambiais. Essa técnica é amplamente utilizada por sua eficiência e simplicidade na propagação de diversas espécies (Paiva *et al.*, 2015).

3.1.2.3 Enxertia de borbulhia em placa ou escudo

A borbulhia em placa é um método de enxertia que consiste na retirada de uma gema com porção do tecido cortical da planta matriz, formando uma pequena placa. Essa gema é então encaixada em uma incisão de formato semelhante, previamente realizada no porta-enxerto, a aproximadamente 13 cm da base do caule. A correspondência entre os cortes garante o alinhamento dos tecidos cambiais, favorecendo o pegamento e o desenvolvimento da enxertia (Paiva *et al.*, 2015).

3.2 Alporquia

A alporquia é uma alternativa para espécies que apresentam dificuldade na enxertia de raízes, pois o enraizamento ocorre enquanto os propágulos permanecem ligados à planta matriz. Diferente dessa técnica, a enxertia não depende da formação de raízes adventícias, mas sim do processo de cicatrização, regeneração e fusão dos tecidos do enxerto com o porta-enxerto, permitindo que se desenvolvam como uma única planta (Santoro *et al.*, 2022). Na alporquia, realiza-se o anelamento do ramo selecionado, ao qual é acrescentado solo ou substrato. Essa porção é envolvida com um material, como plástico, para proteção e manutenção da umidade. Após a formação do sistema radicular, o ramo é separado da planta-mãe (Felipe; Aires, 2024).

Passo a passo do processo de alporquia:

- a. **Seleção do ramo:** Deve ser escolhido um ramo saudável, preferencialmente jovem e

vigoroso, com cerca de 1 a 2 cm de diâmetro. Esse ramo deve ser adequado para o desenvolvimento de raízes, apresentando tecidos com boa capacidade de regeneração.

- b. Anelamento:** Realizar a remoção de uma faixa de casca em forma de anel, com aproximadamente 2 a 3 cm de largura. Esse procedimento impede o fluxo descendente de seiva elaborada (rica em açúcares), o que estimula a formação de raízes na área anelada.
- c. Tratamento com hormônio enraizador:** Em algumas espécies, pode ser aplicado um hormônio enraizador, como o ácido indolbutírico (AIB), na região anelada para aumentar a taxa de enraizamento.
- d. Envolvimento com substrato:** A área anelada deve ser envolvida com um substrato úmido, como musgo esfagno, fibra de coco, turfa ou terra adubada. O substrato deve ser mantido em contato firme com o ramo.
- e. Cobertura e proteção:** Cobrir o substrato com plástico ou outro material que mantenha a umidade e proteja contra a perda de água e a entrada de patógenos. As extremidades devem ser amarradas com barbante ou arame para garantir a vedação.
- f. Manutenção:** Durante o processo de enraizamento, que pode levar de semanas a meses, a umidade do substrato deve ser monitorada e reidratado, se necessário. Também é importante proteger a planta contra condições adversas, como ventos fortes e temperaturas extremas.
- g. Separação e plantio:** Quando as raízes estiverem bem desenvolvidas, o ramo deve ser cortado abaixo da área enraizada e plantado em um recipiente ou no solo, em local adequado para o crescimento da nova planta.

3.2.2 Vantagens da alporquia

Algumas plantas são facilmente propagadas por essa ser uma técnica de fácil execução, mas o seu baixo rendimento faz que seja pouco utilizado em larga escala, sendo recomendado apenas quando os demais métodos de propagação não obtêm resultados satisfatórios. Uma das vantagens deste método em relação aos demais é a independência de uma infraestrutura como casa de vegetação para acondicionamento das estruturas de propagação (Felipe; Aires, 2024).

- a. Aplicação em espécies de difícil enraizamento:** É especialmente útil para espécies que não enraizaram bem por estacas, como lichia, jabuticaba, manga e outras frutíferas tropicais.
- b. Alta taxa de sucesso:** O ramo permanece conectado à planta-mãe, recebendo nutrientes e água, o que aumenta as chances de enraizamento bem-sucedido.

- c. **Presevação de características genéticas:** As plantas propagadas por alporquia são clones genéticos da planta-mãe, garantindo a manutenção de características desejadas, como produtividade, sabor e resistência a doenças.

3.2.3 Limitações da alporquia

A alporquia, por ser uma técnica muito trabalhosa e de baixo rendimento, não é utilizada para propagação em escala comercial em plantas frutíferas. Porém, em espécies de difícil propagação, e para multiplicar plantas matrizes, pode ser utilizada com sucesso. Realizar anelamento dos ramos no local que será envolvido com substrato, e utilizar fitorreguladores, como o AIB, pode facilitar a emissão de raízes (Felipe; Aires, 2024).

- a. **Baixa eficiência em larga escala:** Devido ao trabalho manual envolvido, a técnica é mais adequada para produção em pequena escala, como em viveiros ou jardins.
- b. **Tempo prolongado:** O processo de enraizamento pode ser mais demorado em comparação com outros métodos, variando de semanas a meses, dependendo da espécie e das condições ambientais.
- c. **Dependência Climática:** A umidade e a temperatura são fatores críticos para o sucesso da técnica, exigindo controle e monitoramento constantes.

4 CONCLUSÃO

A revisão das técnicas de enxertia e alporquia evidenciou a diversidade de métodos e variações aplicáveis, bem como as condições ideais para sua execução. Essas práticas têm se mostrado fundamentais na multiplicação de plantas com qualidade genética, maior resistência e melhor adaptação, especialmente em espécies de difícil propagação. Além disso, seu uso contribui significativamente para a preservação de materiais genéticos e para o aprimoramento das práticas agrícolas, fortalecendo a eficiência produtiva no setor.

Agradecimentos e financiamento

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias - CPCE/UFPI.

REFERÊNCIAS

ADHIKARI, P.; XU, Q.; NOTAGUCHI, M. Compatible graft establishment in fruit trees and its potential markers. *Agronomy*, v. 12, 2022.

CAVALCANTI, A. T. **Caju**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agroindustria-tropical>. Acesso em: 08 jul. 2024.

CHILUKAMARRI, L.; ASHRAFZADEH, S.; LEUNG, D. W. M. In-vitro grafting—Current applications and future prospects. **Scientia Horticulturae**, v. 280, p. 109899, 2021.

FELIPE, C. R. P.; AIRES, T. P. **Multiplicação de Plantas por Alporquia**. Goiânia: EMATER Goiás, 2024.

FERREIRA, A.; LOPES, J. C.; FERREIRA, M. F. S.; SOARES, T. C.B. **Tópicos Especiais em Produção Vegetal VI**. Alegre, ES: CAUFES, 2016.

FERREIRA, L. G.; NEGRINI JUNIOR, E.; VALENTE, J. P.; TÁVORA, C.; FERREIRA, C. B. Avaliação de métodos de enxertia para mangueira e cajueiro na Baixada Cuiabana. **Ensaio Científicos: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, v. 20, n. 3, p. 126-130, 2016.

HABIBI, F.; LIU, T.; FOLTA, K.; SARKHOSH, A. **Physiological, biochemical, and molecular aspects of grafting in fruit trees**. *Horticulture Research*, v. 9, 2022.

HUANG, Y.; XU, Y.; JIANG, X.; YU, H.; JIA, H.-H.; TAN, C.-K.; HU, G.; HU, Y.; RAO, M. J.; DENG, X.; XU, Q. Genome of a citrus rootstock and global DNA demethylation caused by heterografting. **Horticulture Research**, v. 8, 2021.

LIMA, W. A. A., et al. Avaliação de métodos de enxertia em mudas de baruzeiro (*Dipteryx alata* Vogel, Fabaceae). **Ciência Florestal**, v. 33, p. e69090, 2023.

OLIVEIRA JUNIOR, A. A.; CARMONA, R.; GONÇALVES, H. M.; PEIXOTO, J. R.; CRUZ, J. O.; SILVA, N. I. Air layering in *Caryocar brasiliense*: effect of substrate. **Contribuciones a Las Ciencias Sociales**, São José dos Pinhais, v. 17, n. 7, 2024.

PAIVA, E. P.; ROCHA, R. H. C.; SOUSA, F. A.; NOBRE, R. G.; GUEDES, W. A.; MOREIRA, I. S.; SÁ, F. V. S. Crescimento e fisiologia de mudas de romãzeira cv. Wonderful propagadas por enxertia. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 10, n. 1, p. 117-122, 2015.

SANTORO, M. B., et al. Propagação vegetativa de *Campomanesia phaea* pelas técnicas de alporquia e enxertia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 56, n. Y, p. 02402, 2022.

SILVA, M.; WAGNER JÚNIOR, A.; CASTRO, J. D.; BRESSAN, D.; MOURA, G. C. Propagação de jamboleiro [*Syzygium cumini* (L.) Skeels] por alporquia. **Ciência Florestal**, v. 29, n. 3, p. 1296-1306, 2019.

SINGH, G.; SAHARE, H.; DEEP, M. Recent Trends in Guava Propagation—A Review. **Biosciences Biotechnology Research Asia**, v. 16, n. 1, p. 143-154, 2019.

STUEPP, C. A.; WENDLING, I.; XAVIER, A.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C. Vegetative propagation and application of clonal forestry in Brazilian native tree species. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 53, p. 985-1002, 2018.

CAPÍTULO 4

USO DE ARMADILHAS NO MANEJO INTEGRADO DE PRAGAS

Adriano Cirino Tomaz   

Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil

Francisco Sérgio Neres da Silva   

Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil

Katiuschia Pereira Takeuchi   

Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil

DOI: 10.52832/wed.169.965 

Resumo: As armadilhas são importantes ferramentas no monitoramento da Entomofauna de agroecossistemas, permitindo a avaliação da diversidade da entomofauna, sazonalidade da abundância de insetos, riqueza, constância, frequência e dominância de espécies desses ecossistemas. No manejo integrado de pragas (MIP), estas permitem avaliar a flutuação populacional de pragas e monitorar a chegada de adultos nos talhões, permitindo a tomada de decisões de diferentes estratégias de controle, como aplicação de inseticidas químicos ou biológicos. As armadilhas mais comuns incluem aquelas que usam feromônios, cor, luz e alimento como atrativos. Porém, vários fatores influenciam a eficiência das armadilhas, como o modelo de armadilha, fontes de luz, cor, tamanho e altura de instalação. Diante do exposto, este trabalho tem por objetivo a realização de uma revisão sistemática para discutir os principais tipos de armadilhas utilizados no monitoramento de Entomofauna e manejo de pragas, compreender os principais fatores que alteram a eficiência de determinados tipos de armadilhas e apresentar formas alternativas de armadilhas mais sustentáveis e baratas para utilização pela agricultura familiar. Com base na discussão apresentada neste trabalho, podemos concluir que as armadilhas que utilizam luz, cor, atrativos alimentares e feromônios são uma importante ferramenta no MIP de diversas pragas para agricultores familiares.

Palavras-chave: Adesivas amarelas. Atrativos alimentares. Armadilhas luminosas. Feromônios.

1 INTRODUÇÃO

O monitoramento da entomofauna no agroecossistema é uma tarefa crítica para o manejo eficaz e sustentável de culturas agrícolas, permitindo a avaliação da diversidade da entomofauna, sazonalidade da abundância de insetos, riqueza, constância, frequência e dominância de espécies desses ecossistemas (Coelho *et al.*, 2021; Ikemoto *et al.*, 2021).

As populações de insetos podem aumentar ou diminuir em função de fatores favoráveis ou desfavoráveis do meio, sendo, portanto, de significativa importância o conhecimento de quais as variáveis meteorológicas atuam sobre a entomofauna local. Nesse contexto, os levantamentos populacionais tornam-se imprescindíveis, pois, além de amostrar a densidade populacional das espécies de insetos em determinado local, permitem caracterizar sua comunidade (Garlet *et al.*, 2016). O conhecimento da flutuação populacional de um inseto praga é necessário para o desenvolvimento de programas de manejo integrado de pragas, já que desta forma pode-se prever momentos necessários à intervenção e tomar decisões quanto ao melhor método de controle a ser adotado (Resende *et al.*, 2007). Neste sentido, as armadilhas desempenham importante papel, pois facilitam o monitoramento, mapeamento de infestações, amostragem e até mesmo coleta massal, sendo ferramentas indispensáveis para a tomada de decisões no manejo de pragas (Coelho *et al.*, 2021).

A fase adulta é considerada como o primeiro indício da presença da praga na cultura, favorecendo a ação dos inseticidas e dinamizando as tomadas de decisão de controle (Benvença *et al.*, 2007). Deste modo as armadilhas indicam o momento da chegada dos primeiros adultos na lavoura e a localização dos focos de infestação, sendo uma ferramenta valiosa para se determinar o

momento das aplicações de inseticidas químicos e biológicos (Moura *et al.*, 2014). Além disso, ao identificar os insetos presentes, bem como sua delimitação das épocas de maior aparecimento, é possível que o produtor tome decisões antecipadas, como escolher cultivares a serem utilizadas nos talhões antes da chegada da praga, ou, antecipar aplicações de produtos biológicos e/ou químicos, entre outras tomadas de decisão (Gemelli *et al.*, 2020).

As armadilhas mais comuns incluem aquelas que usam feromônios, cor, luz e alimento como atrativos (Coelho *et al.*, 2021). Vários estudos demonstraram a eficiência de armadilhas específicas para monitorar insetos específicos, como armadilhas luminosas para monitorar mariposas, ordem Lepidoptera (Aguiar *et al.*, 2010; Gebrezihher, 2020), armadilhas com atrativos alimentares para monitorar moscas-das-frutas, ordem Diptera (Fazenda; Martins, 2021) e armadilhas adesivas amarelas para monitorar cigarrinhas, ordem Hemiptera (Molina *et al.*, 2010) e mosca-minadora, ordem Diptera (Santos *et al.*, 2008). Vários fatores influenciam a eficiência das armadilhas, como o modelo de armadilha (Murtaza *et al.*, 2019), fontes de luz (Ramamurthy *et al.*, 2010; Pereira; Azevedo, 2022), cor, tamanho e altura de instalação (Harris *et al.*, 2017).

Diante do exposto, este trabalho tem por objetivo a realização de uma revisão sistemática para discutir os principais tipos de armadilhas utilizados no monitoramento de entomofauna e manejo de pragas, compreender os principais fatores que alteram a eficiência de determinados tipos de armadilhas e apresentar formas alternativas de armadilhas mais sustentáveis e baratas para utilização pela agricultura familiar.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo constitui-se de uma revisão bibliográfica sistemática, tratando-se de uma pesquisa a respeito do uso de armadilhas com distintos princípios de atração utilizados para o levantamento populacional de insetos na agricultura, documentadas cientificamente. A coleta de dados foi realizada através das bases de dados do Google Acadêmico e a Dimensions. Na elaboração das estratégias de buscas utilizaram-se os operadores booleanos AND ou OR utilizando os termos levantamento populacional combinados com os termos: armadilhas luminosas (2.070 resultados), armadilhas coloridas (1.480 resultados), armadilhas com feromônios (1.110) e armadilhas McPhail (372 resultados). Estes tipos de armadilhas foram selecionados por serem os principais utilizados para o levantamento de insetos de importância agrícola e ecológica.

Considerando a grande quantidade de trabalhos disponíveis nestas bases de dados, para triagem verificou-se as 20 primeiras publicações sobre cada tipo de armadilha, e de modo complementar, adotou-se metodologia adaptada de Bessada *et al.* (2015) em que foram selecionadas

referências relevantes e foram excluídos artigos duplicados e que não se enquadraram no objetivo deste trabalho após leitura dos resumos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados desta pesquisa destacam um número expressivo de trabalhos publicados a respeito do uso de armadilhas para o levantamento e conhecimento da flutuação populacional de insetos, obtendo-se distintos resultados em função do tipo de armadilha analisada, sendo estes apresentados a seguir.

3.1 Armadilhas luminosas

No Brasil, o modelo mais comumente utilizado é o Luiz de Queiroz, que utiliza uma lâmpada fluorescente de 15w e 110v, podendo ser substituída por outros tipos como lâmpada de mercúrio de 220v. As armadilhas de lâmpadas de mercúrio fluorescente atraem de maneira semelhante insetos da ordem Lepidoptera (Neto *et al.*, 1980).

A contagem de adultos com armadilha luminosa modelo “Luiz de Queiroz” mostrou-se eficiente na identificação de revoadas de Mandarová da mandioca *Erinnyis ello* L. (Lepidoptera: Sphingidae), e permitiu de maneira otimizada o monitoramento da infestação de ovos e larvas no campo (Aguiar *et al.*, 2010). A armadilha luminosa modelo "Luiz de Queiroz" adaptada, com lâmpadas negra e BLB (*Black Light Bulb*), apresentaram alto nível de captura de adultos de *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae), podendo serem utilizadas para auxiliar o controle da traça-do-tomateiro em programas de manejo integrado de pragas (Oliveira *et al.*, 2008).

Geralmente são relatadas diferenças na captura de insetos de acordo com a fonte luminosa atrativa. Ao comparar três tipos de fonte luminosa em armadilhas (lâmpada de mercúrio, luz negra e luz ultravioleta), Ramamurthy *et al.* (2010) observaram que a luz de mercúrio foi mais eficiente na captura de insetos das ordens Lepidoptera, Hemiptera, Hymenoptera, Odonata e Diptera. Já a luz negra foi mais eficiente para Coleoptera, Orthoptera, Isoptera e Dictyoptera. Atratividade semelhante às fontes de mercúrio e luz negra foi encontrada para Coleópteros.

Do ponto de vista prático, as armadilhas luminosas que dependem de combustíveis fósseis ou eletricidade, têm limitações e podem não ser viáveis em todos os campos agrícolas rurais devido às instalações elétricas inadequadas. Para superar esse desafio, a armadilha com luz LED baseada em energia solar é mais aceitável do que qualquer outro tipo de armadilha luminosa (Al Mamun *et al.*, 2023).

Al Mamun *et al.* (2003) observaram que um modelo de armadilha luminosa com lâmpada movida a energia fotovoltaica teve alto potencial na captura de insetos, principalmente das ordens

Coleoptera e Hemiptera. A maioria dos insetos pertencentes à ordem Hemiptera foi capturada sob baixa intensidade de luz, no início da noite. Os autores também observaram que a intensidade da luz tem uma relação positiva com a captura de insetos. O detalhamento da confecção da armadilha pode ser observado em Al Mamun *et al.* (2003).

Uma armadilha que utiliza uma lâmpada carregada por energia solar (3,2 V, 72-93 mA), envolvida em um recipiente plástico transparente cilíndrico (15 cm de diâmetro, 30 cm de altura) coberto com tecido de algodão branco aplicado com melaço para aderência dos insetos permitiu o monitoramento e coleta massal de mariposas *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) na cultura do milho (Gebrezihher; Gebrezihher, 2020).

No geral observa-se que as armadilhas luminosas tendem a atrair insetos de diferentes ordens, apresentando baixa especificidade na captura. Porém, no MIP tem-se observado sua utilização principalmente na captura de adultos de mariposas (Lepidoptera), possivelmente devido ao hábito noturno destes insetos.

3.2 Armadilhas coloridas

Alguns tipos de armadilhas utilizam a cor como atração dos insetos, como, por exemplo a bandeja de água e cartões adesivos. Vários trabalhos mostram variações importantes quanto ao modelo, tamanho, forma e cor destes tipos de armadilhas na captura de diferentes ordens de insetos.

Ikemoto *et al.* (2010) avaliaram a eficiência de captura de armadilhas adesivas e de bandeja de diferentes cores (azul, branca e amarela) na captura de insetos. De acordo com os autores, as armadilhas adesivas foram mais eficientes na amostragem de famílias de Hymenoptera, Coleoptera e Diptera. Além disso, os efeitos da cor em alguns táxons de insetos variaram dependendo dos modelos de armadilha.

Murtaza *et al.* (2019) avaliaram a captura de pragas de diversas culturas com armadilhas adesivas de diversas cores, além de armadilha luminosa e armadilhas com feromônio. As armadilhas adesivas amarelas foram as mais eficazes para monitorar tripes da espécie *Thrips tabaci* (Thysanoptera: Thripidae) e mosca-branca *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) na cultura de algodão. Já na cultura da berinjela, as maiores populações de tripes (Thysanoptera), mosca-branca (Hemiptera: Aleyrodidae), cigarrinhas (Hemiptera) e pulgões (Hemiptera: Aphididae) foram registrados em armadilhas verdes. Além disto, as armadilhas luminosa e de feromônio provaram ser um controle eficaz contra insetos pragas, *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae), *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) e *Leucinodes orbonalis* (Lepidoptera: Crambidae).

A bandeja d'água de cor amarela pode ser adotada como estratégia para captura de pulgões alados, sendo confeccionada com uma bandeja plástica (50 cm x 32 cm de largura x 8 cm de altura), pintada externamente de marrom ou cinza-escuro, sendo seu interior pintado de amarelo-ouro e preenchida com água e detergente para retenção dos insetos. Esta armadilha deve ser colocada na altura do dossel das plantas (Resende *et al.*, 2007).

Cividanes e Cividanes (2010) obtiveram bons resultados na avaliação do monitoramento e flutuação populacional das formas aladas dos pulgões *Brevicoryne brassicae* (Hemiptera: Aphididae), *Lipaphis erysimi* (Hemiptera: Aphididae) e *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae), com uma variação de armadilhas tipo bandeja amarela com água. Estas armadilhas são constituídas por recipientes (36 cm de diâmetro e 15 cm de altura), pintadas internamente com tinta amarela e externamente com tinta verde e inseridas em aros de metal, suspensos por hastes de madeira a 120 cm de altura. Nas armadilhas são colocados 12 L de água, com 5 mL de detergente neutro e 50 mL de formol, para retenção e conservação dos insetos.

Harris *et al.* (2017) avaliou a eficiência de diferentes modelos de bandeja para levantamento de insetos benéficos em jardins de conservação de polinizadores, sendo: Copos plásticos vermelhos, amarelos, azuis e violetas (9,5 mm de diâmetro, 12 mm de altura) e tigelas plásticas vermelhas, azuis e amarelas (14,5 mm de diâmetro, 8,5 mm de altura), preenchidas com uma solução de detergente para retenção dos insetos. Dentre elas, as tigelas amarelas colocadas no substrato do solo capturaram os maiores números e diversidade de polinizadores e insetos benéficos.

Algumas variações na atratividade de insetos em relação a diferentes cores têm sido relatadas. Santos *et al.* (2008) verificaram que armadilhas adesivas amarelas foram mais eficientes do que as azuis na observação de picos populacionais de vaquinhas (Coleoptera), mosca-branca *B. tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae), mosca-minadora (Diptera) e pulgões (Hemiptera: Aphididae) na cultura do tomate. Entre as cores branco, vermelho, azul e amarelo, a cor amarela foi a mais eficiente na atração de Psílideo *Euphalerus clitoriae* (Hemiptera: Psyllidae) (Guajará *et al.*, 2004). Entre as cores amarela, branco, azul e verde, as armadilhas amarelas se mostraram mais atrativas para *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae), enquanto as armadilhas azuis se mostraram mais atrativas para tripses (*Thrips tabaci*) em alface hidropônica (Gaertner; Borba, 2014).

O uso de cartão adesivo se destaca como uma alternativa viável na captura de insetos. Sua elaboração consiste em uma superfície qualquer, geralmente pintada de amarelo, impregnado com uma substância adesiva, como cola entomológica. Existem também cartões adesivos disponíveis no mercado, constituídos de material plástico de cor amarela (9,5 cm x 11,5 cm) com substância autoadesiva (Resende *et al.*, 2007). Na cultura da couve, o uso de armadilhas adesivas amarelas

(cartão adesivo de 100 cm²) permitiu a identificação de cinco insetos-praga, sendo eles: *Agrotis ipsilon* (Lepidoptera: Noctuidae), *Ascia monuste* (Lepidoptera: Pieridae), *Bemisia* sp. (Hemiptera: Aleyrodidae), *Diabrotica speciosa* (Coleoptera: Chrysomelidae) e *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae), além de cinco famílias de insetos parasitoides e 11 famílias de insetos predadores (Gemelli *et al.*, 2020). As armadilhas adesivas amarelas se mostraram eficientes no monitoramento populacional das cigarrinhas (Hemiptera) vetoras da bactéria *Xylella fastidiosa*, causadora da clorose variegada dos citros em pomares comerciais de citros (Molina *et al.*, 2010).

Do ponto de vista econômico, as armadilhas podem ser confeccionadas pelos próprios agricultores, de maneira a se reduzir custos. Santos *et al.* (2021) calcularam os custos de dois modelos de armadilhas adesivas artesanais feitas com cola entomológica artesanal e comercial, em comparação a um modelo de armadilha comercial. Conforme os autores, os modelos de armadilhas artesanais são mais viáveis economicamente, sendo 1,7 a 8,2 vezes mais baratos que o modelo comercial. As armadilhas propostas são constituídas de garrafas PET de 500 mL, pintadas internamente com tinta óleo amarela ou azul e impregnadas com cola entomológica ou cola artesanal. A cola artesanal pode ser confeccionada de mistura de óleo vegetal com Breu (produto residual sólido utilizado para a fabricação de colas, obtido de plantas coníferas (*Pinus* spp.), na proporção de 200 g de Breu para 100 mL de óleo de soja.

Em geral, as armadilhas coloridas tendem a atrair insetos de diferentes ordens, também apresentando baixa especificidade na captura. Porém, no MIP tem-se observado sua utilização principalmente na captura de adultos de diferentes espécies de hemípteros como cigarrinhas, mosca-branca, pulgões e psíldeos, além de Tripes (Thysanoptera) vaquinhas (Coleoptera) e mosca-minadora (Diptera), possivelmente devido ao hábito diurno destes insetos.

3.3 Armadilhas com atrativo alimentar

Armadilhas McPhail, contendo atrativos alimentares têm sido amplamente utilizadas para monitoramento de moscas-das-frutas em várias partes do mundo, sendo utilizados vários tipos de atrativos alimentares como proteína hidrolisada a 5%, melaço de cana-de-açúcar a 7% ou suco de fruta, tais como suco de uva (1:4) ou suco de pêssego (1:10) (Aguiar-Menezes *et al.*, 2006). Porém, um modelo de armadilha confeccionado com garrafas PET de 2L apresenta eficiência semelhante e, por vezes, superior ao modelo McPhail de plástico semi-rígido transparente (Aguiar-Menezes *et al.*, 2006).

Em relação aos atrativos, Araújo *et al.* (2021), relataram que até 19 diferentes tipos de atrativos alimentares são utilizados como atrativo em armadilhas para captura de moscas-das-frutas (Diptera). Segundo os autores, os atrativos alimentares comerciais são mais atrativos do que os

formulados com produtos alternativos. Raga *et al.* (2010) relataram que proteínas hidrolisadas comerciais foram altamente eficientes na captura de adultos das espécies *Anastrepha* spp. (Diptera: Tephritidae), *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) e *Neosilba* spp (Diptera). Já o melão isoladamente e melão com suco de laranja foram mais eficazes na atratividade da espécie *Zaprionus indianus* (Gupta) (Diptera: Drosophilidae). Em Moçambique, Fazenda e Martins (2021) obtiveram bons resultados na captura de moscas-da-fruta por meio de armadilhas de garrafas PET padrão de 1,5 ou 2 L contendo xarope de peixe fresco.

Em geral, as armadilhas contendo atrativos alimentares parecem apresentar maior especificidade por moscas-das-frutas (Diptera).

3.4 Armadilhas com feromônios

Os feromônios sexuais também são bastante utilizados em armadilhas para a atração de insetos como a *T. absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). O monitoramento desta praga pode ser feito com armadilhas do tipo Delta com septo de látex impregnado com feromônio sexual. Os septos com o feromônio são substituídos mensalmente e os fundos adesivos das armadilhas (onde os adultos ficam aderidos) em intervalos quinzenais após a instalação das armadilhas (Benvenga *et al.*, 2007). Porém, modelos artesanais de armadilhas podem ser construídos pelo produtor, a exemplo da armadilha redonda, confeccionada com bandejas plásticas circulares e arames (Moura *et al.*, 2014).

Atualmente existem 48 produtos comerciais à base de feromônio registrados no Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento disponíveis para utilização no Brasil, segundo o Portal Agrofit (Brasil, 2025). Estes feromônios mimetizam feromônios produzidos pela espécie alvo e apresentam alta especificidade na atração de insetos, geralmente restritos a apenas uma espécie.

3.5 Armadilhas alternativas de menor custo para agricultores familiares

No ponto de vista prático, conforme discutido acima, vários modelos de armadilhas podem ser realizados com materiais reutilizados como garrafas PET, e utilizando materiais de fácil aquisição, podendo ser facilmente produzidos pelos agricultores familiares.

Uma armadilha de baixo custo foi desenvolvida para monitoramento, amostragem e coleta massal de adultos de broca-do-café *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae) (Fernandes *et al.*, 2011, 2014, 2015). As armadilhas são confeccionadas com garrafas PET de 2 L, com abertura lateral retangular com as dimensões 20×15 cm e pintadas com tinta a óleo vermelha. No interior da armadilha, é fixado um frasco de vidro de 10 mL, vedado com tampa de borracha, contendo duas perfurações, nas quais são inseridas duas anilhas metálicas inoxidáveis (1,2 mm de diâmetro × 10 mm de comprimento), para liberação da substância atrativa. A solução atrativa é composta

por uma mistura de etanol e metanol na proporção de 1:3, e 1% de ácido benzoico. No fundo da armadilha, são colocados 120 mL de água com 5% de detergente neutro, para matar os adultos por afogamento. As garrafas são penduradas nas plantas com arame, a 1,5 m de altura do solo (Figura 1) (Fernandes *et al.*, 2011, 2014, 2015).

Figura 1 - Armadilha para captura de adultos de broca-do-café.



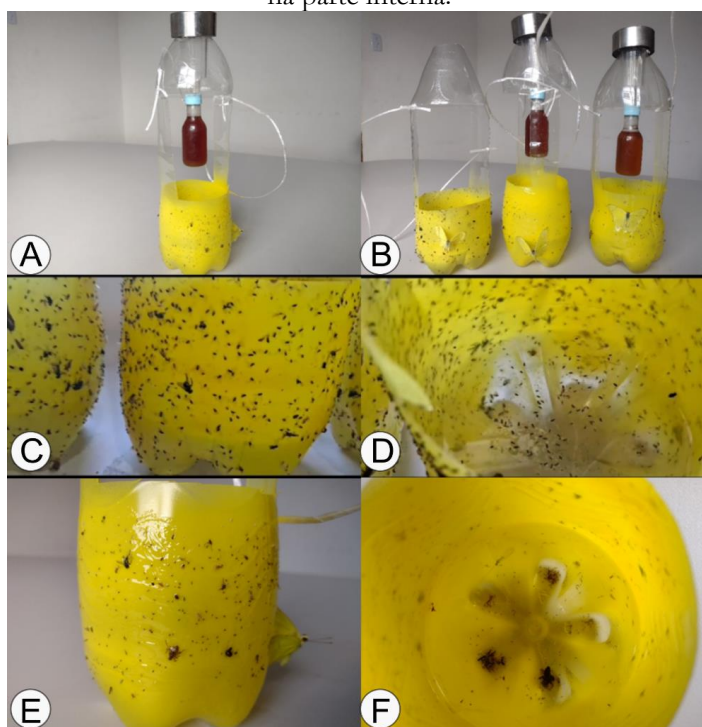
Fonte: Autores, 2025.

Nascimento *et al.* (2024) avaliaram a eficiência de quatro modelos de armadilha confeccionadas com garrafas PET na captura de insetos: adesiva amarela, luminosa, com atrativo alimentar e uma denominada de mista, que incluía os três estímulos anteriores. Segundo os autores, a armadilha mista mostrou-se mais eficiente na captura de maior diversidade de insetos, especialmente das ordens Diptera, Coleoptera, Lepidoptera, Thysanoptera, Hemiptera e Hymenoptera, as quais englobam as principais pragas agrícolas e inimigos naturais. Estes resultados indicam que a combinação dos diferentes estímulos (cor, luz e atrativo alimentar) aumentam a eficiência da captura de armadilhas, podendo deixá-las mais eficientes na captura de maior diversidade de insetos, especialmente em agroecossistemas mais complexos como os sistemas agroflorestais (Nascimento *et al.*, 2024).

As armadilhas mistas foram confeccionadas com garrafas PET de cinco litros, com dois cortes laterais de $10 \times 20 \text{ cm}^2$ para a entrada dos insetos. Na parte superior é pendurada um frasco de 50 mL contendo solução de melaço de cana como atrativo alimentar e uma lanterna de 3,5 volts como atrativo luminoso. A parte externa da armadilha, logo abaixo do furo de entrada, é pintada com tinta amarela e impregnada com cola entomológica para adesão dos insetos. O fundo da armadilha é preenchido com água e detergente para retenção dos insetos (Nascimento *et al.*, 2024).

Visando o aperfeiçoamento deste modelo de armadilha, adaptações foram realizadas de modo a deixar as armadilhas mais baratas e sustentáveis. Este novo modelo é confeccionado de garrafas PET de 2 L, sendo a lanterna substituída por luminária de jardim foto recarregável, de modo a eliminar a necessidade de carregamento das baterias da lanterna (Figura 2). Bons resultados têm sido obtidos com esta armadilha para o monitoramento de pragas de sistemas agroflorestais (Autores, dados não publicados). Novos trabalhos devem ser realizados para verificar o efeito da substituição da cola entomológica por cola artesanal, confeccionada com mistura de óleo vegetal com Breu (Santos *et al.*, 2021), de modo a tornar a armadilha mais barata.

Figura 2 - A) Armadilha mista, contendo luminária de jardim fotocarregável como fonte luminosa, B) Armadilha mista com a presença de Curuquerê-da-couve *Ascia Monuste Orseis* (Lepidoptera: Pieridae), C) Pulgões alados na parte externa, D) Pulgões alados na parte interna, E) Tripes na parte externa e F) Tripes na parte interna.



Fonte: Autores, 2025.

4 CONCLUSÃO

Com base na discussão apresentada neste trabalho, podemos concluir que as armadilhas que utilizam luz, cor, atrativos alimentares e feromônios, embora apresentem variações na eficiência da captura de diferentes grupos de insetos, são uma importante ferramenta no manejo integrado de diversas pragas, podendo ser confeccionadas com materiais baratos e de fácil aquisição por agricultores familiares.

Agradecimentos e financiamento

Agradecemos à Universidade Federal do Mato Grosso, à Pró-reitoria de Extensão, Cultura e Vivência (PROCEV), à Pró-reitoria de Planejamento (PROPLAN) e à Pró-reitoria de Administração (PROAD) pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, E. B. *et al.* Monitoramento do mandarová da mandioca (*Erinnyis ello* L. 1758) para o controle com baculovirus (*Baculovirus erinnyis*), 2010.

AGUIAR-MENEZES, E. D. L. *et al.* Armadilha PET para captura de adultos de moscas-das-frutas em pomares comerciais e domésticos. Embrapa, Seropédica, RJ, Dezembro, 2006.

AL MAMUN, M. R. *et al.* Potentiality assessment of solar based LED light trap as pest management tool in tea (*Camellia sinensis* L.). **Smart Agricultural Technology**, v. 5, p.100304, 2023.

ARAÚJO, J.R.E.S. *et al.* Espécies de moscas-das-frutas descritas na Paraíba e atrativos utilizados para o manejo. **Scientific Electronic Archives**, v. 14, n. 7, p.18-24, 2021.

BENVENGA, S. R.; FERNANDES, O. A.; GRAVENA, S. Tomada de decisão de controle da traça-do-tomateiro através de armadilhas com feromônio sexual. **Horticultura brasileira**, v. 25, p.164-169, 2007.

BESSADA, S. M. F.; BARREIRA, J. C. M.; OLIVEIRA, M. B. P. P. Asteraceae species with most prominent bioactivity and their potential applications: A review. **Industrial Crops and Products**, v. 76, p. 604-615, 2015.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Portal Agrofit**. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br>. Acesso em 10 mar. 2025.

CIVIDANES, F.J.; SANTOS-CIVIDANES, T.M.D. Ocorrência de formas aladas de pulgões e sua relação com fatores meteorológicos e plantas hospedeiras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, p.7-15, 2010.

COELHO, M. S., *et al.* Ecologia, monitoramento populacional e análise faunística de insetos: uma revisão. **Scientific Electronic Archives**, v. 14, n. 9, p. 82-88, 2021. DOI: <https://doi.org/10.36560/14920211365>.

FAZENDA, L. H. V.; MARTINS, M. I. **Efficiency of different food attractants in traps for the monitoring of fruit flies during the fruit cycle in orchards in the region of Macate, Manica, Mozambique**, 2021.

FERNANDES, F. L.; *et al.* Economic injury level for the coffee berry borer (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) using attractive traps in Brazilian coffee fields. **Journal of Economic Entomology**, v.104, p.1909-17, 2011. DOI: 10.1603/EC11032.

FERNANDES, F. L. *et al.* Controle massal da broca-do-café com armadilhas de garrafa Pet vermelha em cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, p. 587-594, 2014.

GARLET, J., COSTA, E.C.; BOSCARDIN, J. Levantamento da entomofauna em plantios de *Eucalyptus* spp. por meio de armadilha luminosa em São Francisco de Assis-RS. **Ciência Florestal**, v. 26, p.365-374, 2016.

GEBREZIHHER, H.G.; GEBREZIHHER, F.G. Effect of integrating night-time light traps and push-pull method on monitoring and deterring adult fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*). **International Journal of Entomology Research**, v. 5, n. 1, p.28-32, 2020.

GEMELLI, A. Y.; BARRETO, M. R. Entomofauna associada à couve em pequenas propriedades rurais em Lucas do Rio Verde, Mato Grosso. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.11, n.6, p.120-131, 2020. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2020.006.0011>.

HARRIS, B.A., BRAMAN, S.K.; PENNISI, S.V. Pan trap designs for monitoring pollinators and other beneficial insects in conservation gardens. **Journal of Entomological Science**, v. 52, n. 1, p.9-14, 2017.

IKEMOTO, M. *et al.* Relative trapping efficiencies of different types of attraction traps for three insect orders in an agricultural field. **Applied Entomology and Zoology**, v. 56, n. 3, p. 393-405, 2021.

MOLINA, R. D. O. *et al.* Monitoramento populacional das cigarrinhas vetoras de *Xylella fastidiosa*, através de armadilhas adesivas amarelas em pomares comerciais de citros. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, p. 1634-1639, 2010.

MOURA, A. P.; MICHEREFF FILHO, M.; GUIMARÃES, J. A. **Manejo integrado de pragas do tomateiro para processamento industrial**. 2014.

MURTAZA, G. *et al.* Effectiveness of different traps for monitoring sucking and chewing insect pests of crops. **Egyptian Academic Journal of Biological Sciences. A, Entomology**, v. 12, n. 6, p. 15-21, 2019.

NASCIMENTO, M. R. *et al.* Avaliação da eficiência de armadilhas para monitoramento de insetos em sistemas agroflorestais agroecológicos em Santo Antônio do Leverger–Mato Grosso. **Cadernos de Agroecologia**, v. 19, n. 1, 2024.

NETO, S. S.; NAKAYAMA, R.; FERREIRA, E. Comparação entre dois tipos de armadilhas luminosas. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 9, n. 1, p.81-85, 1980.

OLIVEIRA, A. C. R.; VELOSO, V. D. R. S.; BARROS, R. G.; FERNANDES, P. M.; SOUZA, E. R. B. Captura de Tuta absoluta (Meyrick)(Lepidoptera: Gelechiidae) com armadilha luminosa na cultura do tomateiro tutorado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 38, n. 3, p.153-157, 2008.

RAMAMURTHY, V. V. *et al.* Efficiency of different light sources in light traps in monitoring insect diversity. **Munis Entomology & Zoology**, v. 5, n. 1, p.109-114, 2010.

RESENDE, A. L. S. *et al.* **Amostragem de pulgões alados utilizando bandeja d'água e placa adesiva.** Embrapa Agrobiologia. Circular Técnica, 19, 2007.

SANTOS, J. P. *et al.* Captura de insetos sugadores e fitófagos com uso de armadilhas adesivas de diferentes cores nos sistemas de produção convencional e integrada de tomate em Caçador, SC. **Horticultura Brasileira (Suplemento)**, Brasília, v. 26. p.157-164, 2008.

SANTOS, J. P.; FAGUNDES, E.; MENEZES-NETTO, A. C. “Custos de armadilhas adesivas artesanais para a captura de insetos-praga”. **Agropecuária Catarinense**, v. 34, n. 2, 26–29, 2021. DOI: <https://doi.org/10.52945/rac.v34i2.1043>.

NETO, S. S.; NAKAYAMA, R.; FERREIRA, E. Comparação entre dois tipos de armadilhas luminosas. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 9, n. 1, p.81-85, 1980.



CAPÍTULO 5

EFEITO DA ADUBAÇÃO FOSFATADA E LUZ ULTRAVIOLETA NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE MELANCIA

Jonathan dos Santos Viana   
UEMASUL, Brasil

Ian Costa Macedo   
UEMASUL, Brasil

João Pedro Soares   
UEMASUL, Brasil

João Emanuel Martins   
UEMASUL, Brasil

Vilmar Silva   
UEMASUL, Brasil

Daniel Carlos Machado   
UNESP, Brasil

Wilson Araújo da Silva   
UEMASUL, Brasil

Cristiane Matos da Silva   
UEMASUL, Brasil

André Luiz Pereira da Silva   
UFPA, Brasil

Patrícia Ferreira Cunha Sousa   
UEMASUL, Brasil

DOI: 10.52832/wed.169.966 

Resumo: A melancia pertencente à família Cucurbitaceae, é uma espécie originária da África e introduzida na América no século XVI. Atualmente, destaca-se como uma das frutas mais cultivadas no Brasil, ocupando posição de destaque na fruticultura nacional. Considerando a importância da fase inicial de desenvolvimento vegetal, o presente estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da radiação ultravioleta (UV) e da adubação fosfatada na produção de mudas de melancia. O experimento foi conduzido no município de Estreito (MA), em área experimental vinculada à Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão (UEMASUL), no Centro de Ciências Agrárias, Naturais e Letras. Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados (DBC), com quatro repetições, em esquema fatorial 2×2 , sendo os fatores: presença e ausência de radiação UV e presença e ausência de adubação fosfatada. A análise dos dados revelou que não houve diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos para as variáveis analisadas, indicando que, nas condições testadas, a exposição à radiação UV e a adubação fosfatada não influenciaram significativamente o desenvolvimento inicial das plântulas de melancia. Os resultados corroboram parcialmente a literatura, que aponta variabilidade nas respostas de diferentes espécies à radiação UV. Enquanto algumas culturas apresentam alterações fisiológicas expressivas, outras, como a melancia, podem apresentar maior resiliência. Ainda assim, são necessários estudos complementares que considerem diferentes intensidades de radiação, doses de fósforo e condições ambientais para melhor compreender a interação desses fatores na fase de germinação e crescimento inicial das plantas.

Palavras-chave: *Citrullus lanatus* Thunb. Superfosfato simp.

1 INTRODUÇÃO

A melancia (*Citrullus lanatus* Thunb.), pertencente à família Cucurbitaceae, é originária da África e foi introduzida na América no século XVI, trazida por africanos (Alves; Ferreira, 2019). Atualmente, é uma das frutas mais produzidas no Brasil, ocupando a terceira posição em volume de produção. Em 2022, foram produzidas aproximadamente 1.912.909 toneladas em uma área colhida de 85.729 hectares (IBGE, 2022).

O manejo cultural adequado é essencial para o sucesso na produção da melancia, como também de outras espécies hortícolas. Entre os fatores determinantes para o desempenho agrônomo da cultura, destaca-se a produção de mudas vigorosas e saudáveis, que depende diretamente do substrato, da nutrição mineral e das condições ambientais durante a fase inicial de crescimento (Oliveira, 2023). O substrato influencia diretamente na disponibilidade de água e nutrientes, na arquitetura do sistema radicular e na sustentação das plântulas — todos aspectos fundamentais para o bom estabelecimento no campo.

As bandejas multicelulares de plástico são amplamente utilizadas na produção de mudas por sua praticidade, eficiência e por permitirem o transplante com torrão, resultando em menor estresse e maior uniformidade no campo (Minami, 1995; Oliveira; Onofre, 2011). Com isso, torna-se necessário avaliar os insumos empregados nessa fase, como o tipo de substrato e a adubação utilizada, para garantir a expressão do potencial genético das sementes (Oliveira et al., 2017).

Nesse contexto, a adubação fosfatada desempenha papel fundamental na formação de mudas, visto que o fósforo está envolvido em processos fisiológicos essenciais, como a transferência de energia, fotossíntese, respiração celular e crescimento radicular (Lima *et al.*, 2023). A disponibilidade adequada desse nutriente nos estágios iniciais de desenvolvimento é crucial para promover o estabelecimento da planta, especialmente em sistemas de produção intensiva.

Além da nutrição mineral, fatores ambientais como a radiação ultravioleta (UV) também podem interferir significativamente na germinação e no crescimento inicial das plantas. A radiação UV, particularmente nos comprimentos de onda UV-B, pode afetar a morfologia, fisiologia e metabolismo das plântulas, induzindo estresse oxidativo, alterações na atividade enzimática e produção de metabólitos secundários. No entanto, as respostas das plantas à radiação UV variam amplamente entre espécies e condições de exposição, sendo necessárias mais investigações sobre sua influência durante a fase de formação de mudas (Jansen *et al.*, 1998; Kakani *et al.*, 2003).

Dessa forma, o presente estudo tem como objetivo avaliar os efeitos da radiação ultravioleta e da adubação fosfatada na germinação e no crescimento inicial de mudas de melancia, visando contribuir para o aprimoramento das práticas de manejo na produção de mudas de qualidade.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no município de Estreito, estado do Maranhão, na área anexa ao Centro de Ciências Agrárias, Naturais e Letras da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão (UEMASUL). As condições edafoclimáticas locais foram consideradas adequadas para o desenvolvimento das plântulas de melancia, respeitando-se os princípios de uniformidade experimental.

O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados (DBC), com quatro repetições, totalizando 16 unidades experimentais. Foi utilizado um esquema fatorial 2×2 , sendo os fatores: (i) presença e ausência de radiação ultravioleta (UV) e (ii) presença e ausência de adubação fosfatada. O fator radiação UV consistiu na exposição das sementes à radiação por 10 minutos antes da semeadura, utilizando-se uma lâmpada emissora de UV com comprimento de onda correspondente ao espectro UV-B. Já o fator adubação fosfatada correspondeu à aplicação de fósforo na forma de superfosfato simples, na dose equivalente a 400 mg dm^{-3} de P_2O_5 , o que representa aproximadamente 2,2 gramas do fertilizante por unidade experimental.

As sementes utilizadas pertencem a cultivar de melancia ‘Karistan’, adquiridas no comércio local, com viabilidade e pureza física previamente verificadas. A semeadura foi realizada em 5 de dezembro, em bandejas de polietileno rígido contendo 128 células cada, preenchidas com substrato comercial à base de turfa e vermiculita, próprio para a produção de mudas hortícolas. Para garantir

maior uniformidade experimental, apenas 60 células por bandeja foram utilizadas, totalizando 240 unidades experimentais (plântulas) distribuídas nos diferentes tratamentos.

As bandejas foram mantidas sob condições ambientais naturais, protegidas contra intempéries excessivas, em ambiente parcialmente controlado. A irrigação foi realizada manualmente, duas vezes ao dia, de modo a manter a umidade ideal para a germinação e desenvolvimento das plântulas.

Após 15 dias da semeadura, as plântulas foram cuidadosamente coletadas para a avaliação das seguintes variáveis morfofisiológicas: massa fresca das raízes (MF_Raiz), massa fresca da parte aérea (MF_Aérea), altura da parte aérea (AP), comprimento da raiz (CR) e diâmetro do caule (DC). As medidas foram realizadas com auxílio de balança analítica de precisão ($\pm 0,001$ g), régua milimetrada e paquímetro digital.

Os dados obtidos foram organizados em planilhas eletrônicas no software Microsoft Excel® para posterior análise estatística. A análise de variância (ANOVA) foi conduzida por meio do software estatístico SISVAR® versão 5.6 (Ferreira, 2019). Para as variáveis que apresentaram significância estatística ($p < 0,05$), as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey, também ao nível de 5% de probabilidade, com o objetivo de identificar diferenças significativas entre os grupos experimentais.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos efeitos da presença e ausência de radiação ultravioleta (UV) na germinação e no desenvolvimento inicial de plântulas de melancia (*Citrullus lanatus*) revelou que nenhuma das variáveis morfológicas avaliadas — massa fresca da raiz (MF_Raiz), massa fresca da parte aérea (MF_Aérea), altura da planta, comprimento da raiz e diâmetro do caule — apresentou diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos (Tabela 1). Esses resultados indicam que, nas condições experimentais adotadas, a exposição à radiação UV não exerceu influência expressiva sobre os estágios iniciais do desenvolvimento da espécie. Tal constatação sugere uma possível tolerância da melancia à intensidade e duração da exposição aplicada, ou ainda, que os efeitos da radiação UV podem se manifestar de maneira mais sutil ou em estágios mais avançados de crescimento.

Especificamente para a variável MF_Raiz, o valor de significância estatística ($Pr > Fc = 0,1124$) reforça a ausência de efeito relevante da radiação UV sobre o acúmulo de biomassa radicular. No entanto, o elevado coeficiente de variação ($CV = 40,42\%$) aponta para uma grande variabilidade entre os dados, o que levanta importantes considerações sobre a consistência dos resultados. Essa dispersão pode estar associada a uma série de fatores não controlados ou apenas parcialmente controlados durante o experimento, como variações microambientais (diferenças na

distribuição de luz, umidade ou temperatura entre blocos ou repetições), possíveis heterogeneidades no substrato, variações na absorção de água, bem como diferenças genéticas entre as sementes, mesmo dentro de um mesmo lote.

Tabela 1 - Resumo das análises de variância, pelo quadrado médio, para massa fresca da raiz (MFR), massa fresca da parte aérea (MFPA), altura da planta (AP), comprimento da raiz (CR) e diâmetro caulinar (DC) das sementes de melancia Karistan.

F.V	G.L.	MFR	MFPA	AP	CR	DC
Bloco	3	0.001956 ^{ns}	0.013136 ^{ns}	621.421*	292.947*	0.434317*
Tratamentos	1	0.002538	0.02430	102.36	388.35	0.1197
Resíduo	9	0.000958	0.011504	99.133197	200.120503	0.050500
Total	15	-	-	-	-	-
C.V. (%)	-	40.42	20.69	12.97	20.78	10.53
Média	-	0.07656	0.5184	76.75	68.03	2.13

FV = Fontes de variação; GL= Grau de liberdade; ^{ns} = não significativo; * = significativo ao nível de 5% pelo teste de Tukey; CV = coeficiente de variação

Fonte: Autores, 2025.

A ausência de significância estatística nos resultados, embora inicialmente possa sugerir neutralidade do tratamento UV, deve ser interpretada com cautela. O elevado CV pode ter comprometido a sensibilidade do teste estatístico, dificultando a detecção de possíveis efeitos sutis da radiação. Quando a variabilidade experimental é alta, aumenta-se a probabilidade de erro tipo II — isto é, de não se detectar uma diferença que de fato existe. Portanto, embora não se tenha observado efeito estatisticamente significativo da radiação UV, não se pode descartar completamente a hipótese de que ela tenha influenciado de forma leve, mas biologicamente relevante, o desenvolvimento das plântulas.

Na literatura, diversos estudos têm apontado que a radiação UV, especialmente o espectro UV-B (280–315 nm), pode afetar o metabolismo e o crescimento de plantas de forma dependente da dose, tempo de exposição e estágio fenológico (Jansen *et al.*, 1998; Jenkins, 2009). Em espécies sensíveis, a exposição prolongada ou intensa à radiação UV pode levar à inibição do crescimento radicular, redução da biomassa, alterações na morfologia e na composição bioquímica das plantas. Entretanto, há também relatos de espécies que apresentam mecanismos eficientes de tolerância ou adaptação, como o acúmulo de compostos fenólicos, o aumento da atividade antioxidante e a reparação eficiente de danos ao DNA (Hideg *et al.*, 2013).

No caso específico da melancia, que pertence à família Cucurbitaceae, algumas características morfofisiológicas podem conferir maior resiliência frente à exposição à radiação UV.

A presença de tricomas na epiderme, a espessura da cutícula e a composição química de seus tecidos podem contribuir para a atenuação dos danos causados por radiação. Além disso, como uma planta adaptada aos ambientes tropicais e subtropicais, a melancia pode ter desenvolvido ao longo de sua história evolutiva uma tolerância natural a níveis moderados de radiação solar, o que explicaria a ausência de efeitos deletérios observados nos parâmetros analisados.

Outro aspecto a ser considerado é o intervalo temporal da avaliação, restrito às fases iniciais de crescimento. É possível que os efeitos da radiação UV se tornem mais evidentes em fases mais avançadas do desenvolvimento da planta, quando a demanda por recursos metabólicos e estruturais é maior, e quando o estresse ambiental pode se acumular de maneira mais pronunciada. Assim, uma limitação importante do estudo foi a janela temporal relativamente curta, que pode não ter sido suficiente para revelar os impactos potenciais da radiação UV sobre o crescimento total e o desempenho fisiológico da cultura.

Por sua vez, a MF_Aérea apresentou um valor de $Pr > Fc$ de 0,1688, também não indicando significância estatística. Entretanto, o CV observado foi de 20,69%, valor consideravelmente menor que o da MF_Raiz, o que sugere maior uniformidade nas respostas das plântulas em relação a essa variável e maior controle experimental nesse aspecto. Ainda assim, mesmo com menor variabilidade, a ausência de diferença significativa reforça a hipótese de que a luz UV, nas condições testadas, não interfere substancialmente na alocação de biomassa na parte aérea durante os primeiros estágios de crescimento.

A análise estatística dos dados revelou que a altura das plantas foi significativamente influenciada pelos blocos experimentais ($Pr > Fc = 0,0138$), enquanto os tratamentos com luz ultravioleta (UV) não apresentaram diferenças estatísticas relevantes ($Pr > Fc = 0,4235$). Esse mesmo padrão se repetiu para outras variáveis morfológicas avaliadas, como o comprimento da raiz e o diâmetro do caule. Em ambas, a influência dos blocos foi evidenciada de forma significativa em alguns casos, enquanto os tratamentos com luz UV não resultaram em diferenças estatisticamente significativas entre os grupos analisados.

A influência dos blocos experimentais, em contraste com a ausência de efeitos dos tratamentos, sugere que variáveis não controladas, como a heterogeneidade do substrato, variações na irrigação, microvariações de temperatura ou luminosidade no ambiente experimental, possam ter interferido no desenvolvimento das plantas. Esses fatores, mesmo quando aparentemente sutis, podem exercer influência substancial sobre o crescimento vegetal, especialmente em estágios iniciais de desenvolvimento.

Ao confrontar esses achados com a literatura científica, observa-se que os efeitos da radiação UV sobre o crescimento vegetal são amplamente dependentes da intensidade, duração da

exposição e sensibilidade intrínseca da espécie estudada. Por exemplo, Ashraf e Harris (2013) demonstraram que a radiação UV pode interferir de forma significativa na germinação e no desenvolvimento inicial de plantas, promovendo alterações fisiológicas e morfológicas. Takahashi et al. (2010) relataram que espécies sensíveis, como trigo e arroz, tendem a apresentar redução na taxa de germinação e no vigor das plântulas quando expostas à radiação UV, com evidências de encurtamento do hipocótilo, menor expansão foliar e alterações na arquitetura radicular.

Entretanto, culturas como a melancia (*Citrullus lanatus*), utilizadas no presente estudo, podem apresentar maior tolerância ou resiliência ao estresse por UV, o que pode explicar a ausência de respostas significativas observadas. Tal comportamento pode estar relacionado à presença de mecanismos de defesa antioxidante mais eficientes ou à capacidade de reparo de danos moleculares causados pela radiação. Krizek *et al.* (2005) reforçam essa hipótese ao enfatizar que os efeitos da radiação UV-B são mediados por complexas interações com fatores ambientais, como disponibilidade hídrica, nutrientes e condições edafoclimáticas, os quais podem atenuar ou potencializar a resposta ao estressor.

Dessa forma, a ausência de efeitos significativos da radiação UV observada no presente estudo pode ser explicada por dois fatores principais: (i) a baixa intensidade ou curta duração da exposição à luz UV, que pode não ter sido suficiente para provocar alterações fisiológicas ou morfológicas detectáveis, e (ii) a possível tolerância da melancia à radiação UV, como uma característica adaptativa da espécie.

Adicionalmente, a presença de coeficientes de variação (CV) elevados em algumas variáveis e o efeito significativo dos blocos experimentais reforçam a necessidade de um maior controle sobre as condições ambientais durante a condução do experimento. Isso inclui a padronização rigorosa do substrato, o monitoramento preciso da irrigação e da temperatura, além do controle da exposição à luz em todas as repetições. Tais medidas são essenciais para reduzir a variabilidade experimental e aumentar a sensibilidade na detecção de possíveis efeitos dos tratamentos aplicados.

Para estudos futuros, recomenda-se o aumento do número de repetições e a inclusão de parâmetros fisiológicos e bioquímicos mais sensíveis à radiação UV, como a atividade de enzimas antioxidantes (superóxido dismutase, catalase, peroxidase), acúmulo de compostos fenólicos, e análise de danos ao DNA, que são indicadores reconhecidos de estresse oxidativo e danos induzidos por UV (Hideg *et al.*, 2013). A inclusão desses marcadores permitirá uma compreensão mais ampla e profunda das respostas das plantas à radiação UV, mesmo quando alterações morfológicas não forem evidentes.

4 CONCLUSÃO

Conclui-se que os resultados obtidos neste estudo corroboram parcialmente os achados da literatura científica, a qual aponta uma considerável variabilidade nas respostas fisiológicas e morfológicas das espécies cultivadas à radiação ultravioleta (UV). Observou-se que, enquanto algumas culturas demonstram elevada sensibilidade a essa radiação, com impactos significativos sobre processos como germinação, crescimento inicial e desenvolvimento de plântulas, outras, como a melancia, mostraram-se mais resilientes nas condições experimentais avaliadas, sugerindo mecanismos adaptativos ou maior tolerância ao estresse induzido pela luz UV.

Esses resultados reforçam a importância de considerar as especificidades de cada espécie ao investigar os efeitos de fatores abióticos como a radiação UV no contexto agrícola. Além disso, evidenciam a necessidade de aprofundar os estudos sobre a interação entre luz UV e o ambiente, incluindo variáveis como intensidade, duração da exposição, tipo de substrato e condições climáticas. Investigações futuras que integrem diferentes estágios fenológicos e uma gama mais ampla de espécies serão fundamentais para compreender de forma mais abrangente os mecanismos fisiológicos subjacentes e as possíveis implicações para o manejo agrícola em um cenário de intensificação das mudanças climáticas.

REFERÊNCIAS

ALVES, F. M.; FERREIRA, M. G.; A cultura. In: NICK, C.; BORÉM, A. **Melancia: do plantio à colheita**. Viçosa-MG, Ed. UFV, 2019, 11 p.

ASHRAF, M.; HARRIS, P. J. C. Photosynthesis under stressful environments: An overview. **Photosynthetica**, v. 51, n. 2, p. 163–190, 2013.

CARVALHO, C.; BELING, R. R.; KIST, B. B. **Anuário Brasileiro de Horti&fruti 2022**. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2022. 1. Disponível em: <https://www.editoragazeta.com.br/produto/anuario-brasileiro-de-horti-fruti-2022/>.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista brasileira de biometria**, v. 37, n. 4, p. 529-535, Dez. 2019

HIDEG, E.; JACOBY, R. P.; PENNELL, R. I.; STRAUSS, J. Antioxidant function of vitamins in plants: Vitamins C and E as modulators of reactive oxygen species. **Plant Physiology**, v. 160, n. 2, p. 725–735, 2013.

IBGE. **Produção de melancia**. 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/melancia/br>. Acesso em: 30 set. 2023.

KRIZEK, D. T.; KRAMER, G. F.; UPADHYAYA, A.; McCANTS, C. B. UV-B response of maize cultivars with different growth rates. **Photochemistry and Photobiology**, v. 81, n. 1, p. 100–106, 2005.

LIMA, A. L. L. *et al.* Efeito da adubação fosfatada na rúcula (*Eruca sativa mill.*), visando alta produtividade. **Revista Unimar Ciências**, v. 31, n. 1-2, 2023.

MINAMI, K. **Produção de mudas de alta qualidade em horticultura**. São Paulo: T. A. Queiroz, 128p., 1995.

OLIVEIRA, C. A.; ONOFRE, H. V. Produção de mudas de alface em substratos a base de húmus. **Cultivando o Saber**, v. 4, n. 1, p. 19-27, 2011.

OLIVEIRA, H. F. E.; DE SOUZA, C. L.; FÉLIX, D. V.; FERNANDES, L. da S.; XAVIER, P. S.; ALVES, L. M. Desenvolvimento inicial de mudas de baruzeiro (*Dipteryx alata* Vog) em função de substratos e lâminas de irrigação. **Irriga**, v. 22, n. 2, p. 288- 300, 2017.

OLIVEIRA, C. C. G. **Substratos alternativos para a produção de mudas de melancia**. 2023.

TAKAHASHI, S.; BADGER, M. R.; LIEBLER, C. Effects of UV-B radiation on photosynthetic efficiency in higher plants. **Plant, Cell & Environment**, v. 33, n. 7, p. 1080–1095, 2010.



CAPÍTULO 6

DESEMPENHO AGRONÔMICO DE CULTIVARES DE MELÃO (*Cucumis melo* L.) PELE DE SAPO NO CERRADO SUL MARANHENSE

Joel da Silva Sa Neto   

Instituto Federal do Maranhão, Campus São Raimundo das Mangabeiras, Brasil

Luis Eduardo da Silva   

Instituto Federal do Maranhão, Campus São Raimundo das Mangabeiras, Brasil

Ana Carolina de Assis Dantas   

Instituto Federal do Maranhão, Campus São Raimundo das Mangabeiras, Brasil

Livia Kellen Ferreira da Costa Santos   

Instituto Federal do Maranhão, Campus São Raimundo das Mangabeiras, Brasil

Ávila Stéfany Mota de Oliveira   

Instituto Federal do Maranhão, Campus São Raimundo das Mangabeiras, Brasil

Vanessa Pereira Martins   

Instituto Federal do Maranhão, Campus São Raimundo das Mangabeiras, Brasil

Vitória Aparecida dos Santos Lima   

Instituto Federal do Maranhão, Campus São Raimundo das Mangabeiras, Brasil

Jecilene Silva de Jesus   

Universidade Estadual de Santa Cruz, Brasil

Raelton Silva Sousa   

Instituto Federal do Maranhão, Campus São Raimundo das Mangabeiras, Brasil

Richardson Soares de Souza Melo   

Instituto Federal do Maranhão, Campus São Raimundo das Mangabeiras, Brasil

DOI: 10.52832/wed.169.967 

Resumo: O melão é uma hortaliça de grande importância econômica para o Brasil. A escolha da cultivar é crucial para o sucesso do cultivo. Com isso, objetivou-se avaliar o desempenho agrônomo de duas cultivares do melão Pele de Sapo na região de São Raimundo das Mangabeiras – MA. Utilizou-se o delineamento experimental em blocos casualizados com três repetições, na qual cada parcela foi constituída por uma linha com cinco plantas, com espaçamento de 2,0 m entre as linhas e 0,3 m entre plantas. Foram avaliados: Peso Médio dos Frutos (PMF); Diâmetro longitudinal do fruto (DLF) e diâmetro transversal do fruto (DTF); Cavidade longitudinal do fruto (CLF) e cavidade transversal do fruto (DTF); Índice de formato do fruto (IFF); teor de sólidos solúveis totais (SST); pH (potencial hidrogeniônico); Acidez total titulável (ATT); e o Ratio. Foi observada diferença significativa apenas para os valores de Teor de Sólidos Solúveis, que variaram de 8,05 a 9,98 °Brix, para as cultivares Finura e Grand Prix, respectivamente. A cultivar Grand Prix é a mais recomendada para ser implantada na região por ter apresentado valores semelhantes aos constatados em estudos anteriores de outros autores e por apresentar um teor de sólidos solúveis acima dos valores mínimos de comercialização.

Palavras-chave: Fruticultura. Produção. Qualidade de fruto.

1 INTRODUÇÃO

O agronegócio brasileiro tem a fruticultura como um dos principais setores agrícolas (Costa, 2019). O melão (*Cucumis melo* L.) tem se destacado como um dos principais produtos, e se caracteriza como uma hortaliça-fruto de grande importância econômica, cultivada em diversas partes do mundo devido à sua adaptabilidade a diferentes solos e climas (Aroucha *et al.*, 2007; Wu *et al.*, 2020).

O melão está entre os frutos e olerícolas mais exportados do Brasil, e atualmente com uma área de 23.858 hectares colhidos de melão, o estado do Rio Grande do Norte é o maior produtor do país. Mais de 90% da produção nacional de melão é produzida pela região Nordeste, que é a principal produtora (IBGE, 2023).

A escolha do material "cultivar" é crucial para o sucesso do cultivo e o lucro, pois devem ser levados em consideração vários fatores, incluindo sentidos de mercado e comercialização, qualidades agrônomicas, sensibilidade a pragas e doenças, resistência ao transporte, teor de sólidos solúveis e conservação pós-colheita (Silva *et al.*, 2005; Oliveira *et al.*, 2015). O estudo sobre a avaliação da adaptação em várias cultivares é crucial porque fornece informações que podem melhorar o tamanho e a qualidade dos frutos, pois a produção da cultura está diretamente ligada às condições edafoclimáticas da área (Pedó *et al.*, 2010; Carmo *et al.*, 2015), e também conhecer como o ambiente afeta o crescimento e a produção de várias espécies vegetais (Andrade *et al.*, 2005).

Para obter melhor qualidade e rendimento, é necessário usar cultivares adaptadas a cada local porque o ambiente afeta o meloeiro, principalmente a temperatura (Carmo *et al.*, 2015).

Em comparação com os estados do Brasil, o Maranhão possui uma área extremamente pequena de produção de meloeiro, com apenas 14 hectares de áreas plantadas (IBGE, 2023). Há

regiões em que não se tem costume de cultivo do meloeiro, ocasionando assim a falta de informações adequadas sobre o cultivo desta cucurbitácea. Nessas condições enquadra-se a Mesorregião do Sul Maranhense microrregião geográfica chapada das Mangabeiras, onde se encontra localizado o município de São Raimundo das Mangabeiras. Assim, para a execução dessa pesquisa partimos da seguinte questão norteadora: Qual a melhor variedade de melão pele de sapo que se adaptem as condições edafoclimáticas da região, para assim trazer informações sobre a qualidade e capacidade produtiva dessa cucurbitácea de alto potencial produtivo?

Desta forma, na hipótese de que a variedade de melão pele de sapo, o ambiente em que é cultivado, pode influenciar na produtividade e na qualidade da cultura, objetivou-se com esse trabalho avaliar o desempenho agrônômico de cultivares de melão pele de sapo na região sul do Maranhão, bem como analisar a capacidade produtiva e a qualidade de frutos, de duas cultivares de melão pele de sapo no município de São Raimundo das Mangabeiras – Maranhão.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão - Campus São Raimundo das Mangabeiras, localizado na Mesorregião do Sul Maranhense, Microrregião Chapada das Mangabeiras.

O preparo de solo foi efetuado 30 dias antes do transplante, constituído por duas gradagens, com grade aradora de discos seguida de uma grade niveladora de discos. A adubação de plantio, baseada na análise de solos e recomendações para a cultura do meloeiro, foi aplicada nas covas e constou (g/cova) de: 30g de P₂O₅ e 10g de N, os quais foram misturados e distribuídos próximos às covas. Durante o ciclo da cultura, adubação complementar de cobertura foi feita com N e K, sendo realizada 25 dias após o transplante (DAP). Aplicaram-se 30g de N + 10g de K₂O, mantendo-se uma pequena distância das plantas para evitar contato desses nutrientes diretamente com a raiz.

A semeadura foi realizada em bandejas de isopor expandido de 200 células, contendo substrato comercial Maxxi, que possui composto orgânico, calcário, cascas processadas e decompostas e, vermiculita expandida em sua composição; e, foi mantida em casa de vegetação até o momento do transplante, quando as plântulas apresentaram a segunda folha verdadeira, aproximadamente aos 15 dias após o plantio (DAP).

O trabalho foi conduzido no segundo semestre de 2023, os tratamentos foram constituídos de duas cultivares comerciais de melão pele de sapo, cultivar Grand Prix e cultivar Finura. Utilizou-se o delineamento experimental em blocos casualizados com três repetições, onde cada parcela foi constituída por uma linha com cinco plantas, com espaçamento de 2,0 m entre as linhas e 0,3 m

entre plantas. Uma amostra de cinco frutos por repetição de cada material foi utilizada para as análises morfológicas e físico-química.

A colheita foi realizada quando os frutos apresentaram ponto de colheita comercial, caracterizado pela abscisão na inserção do pedúnculo já desenvolvido, aproximadamente 72 dias após a semeadura (Menezes *et al.*, 2000).

Os frutos foram retirados das plantas com auxílio de canivetes, identificados com marcadores permanentes e transportados para o Laboratório de Agroindústria Vegetal para avaliação dos caracteres estudados.

A avaliação dos componentes de qualidade foi realizada no laboratório de Agroindústria Vegetal e no de Química, no IFMA SRM. Foram avaliadas as seguintes características: inicialmente foi mensurado, de forma individual, o peso médio dos frutos (PMF), em Kg, utilizando uma balança digital; os frutos foram então cortados ao meio e foi determinado o diâmetro longitudinal do fruto (DLF) e diâmetro transversal do fruto (DTF), cavidade longitudinal do fruto (CLF) e cavidade transversal do fruto (CTF) com auxílio de uma régua. O índice de formato do fruto (IFF) foi obtido pela relação do diâmetro longitudinal e o diâmetro transversal do fruto.

O teor de sólidos solúveis totais (SST), foi determinado por meio de refratômetro digital, com compensação automática de temperatura, obtido pela retirada de uma fatia de cada um dos frutos, cortada longitudinalmente e retiradas algumas gotas para que fossem feitas duas leituras, por meio das quais se encontrou o valor médio do fruto, expresso em porcentagem de °Brix.

A avaliação dos componentes de qualidade química foi realizada no Laboratório de Química, no IFMA-SRM: o pH (potencial hidrogeniônico), foi determinado diretamente em potenciômetro previamente calibrado com soluções tampão de pH 7,0 e 4,0; a Acidez Total Titulável (ATT) expressa em porcentagem de ácido cítrico, foi determinada pelo método titulométrico com solução padronizada de NaOH 0,1N, conforme metodologia proposta pelo Instituto Adolfo Lutz (2005); e o RATIO, proporção SST e ATT, obtida pelo quociente entre os valores de sólidos solúveis e acidez total titulável (%).

Os resultados foram expressos em termos de média $\pm$ desvio padrão. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias submetidas ao teste de Tukey a 5% de probabilidade, com uso do programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2013).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não foi observada diferença significativa entre as cultivares de meloeiro pele de sapo para peso médio do fruto, diâmetro longitudinal dos frutos, diâmetro transversal dos frutos, cavidade longitudinal e cavidade transversal dos frutos e índice de formato do fruto, ratio, pH e acidez

titulável, apresentando diferença significativa apenas para os valores de Teor de Sólidos Solúveis, conforme descritos na tabela 2 e 3. Tal resultado pode ser explicado em razão das duas cultivares possuírem uma base genética muito próxima, não havendo diferenças significativas entre elas. Os valores de coeficiente de variação (C.V) foram baixos para quase todas as variáveis, tendo apenas a acidez total titulável e Ratio apresentado valores considerados altos segundo Pimentel (2009), como mostra na tabela 2.

Tabela 1 – Peso Médio do fruto (PMF), diâmetro longitudinal do fruto (DLF), diâmetro transversal do fruto (DTF), cavidade longitudinal do fruto (CLF), cavidade transversal do fruto (CTF), índice de formato do fruto (IFF) de duas cultivares de meloeiro do tipo pele de sapo, cultivadas em São Raimundo das Mangabeiras – MA, 2023.

Cultivares	PMF	DLF	DTF	CLF	CTF	IFF
Grand Prix	1,67 a	18,37 a	14,12 a	13,42 a	7,43 a	1,26 a
Finura	1,89 a	19,20 a	15,19 a	13,78 a	8,20 a	1,30 a
Média	1,78	18,78	14,65	13,60	7,82	1,28
C.V (%)	15,5	4,25	5,43	3,48	5,45	1,99

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna não diferem entre si, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. C.V(%): coeficiente de variação; Teste F: nível de significância, *Significativo ($p < 0,05$); ns não significativo.

Fonte: Autores, 2023.

Não houve diferença significativa entre as cultivares para o peso dos frutos. Paduan, Campos e Clemente (2007) ao avaliarem frutos de cinco tipos de melão encontraram massa média de 2,07 kg para o tipo pele de sapo, sendo superior ao do presente trabalho. Já Nunes *et al.* (2008) encontraram peso médio de 3,01kg, também superior ao deste estudo. Valor inferior para a cultivar Grand Prix foi encontrado por Dalastra, Echer e Hachmann (2015), com valor médio de frutos de 1,46kg.

O peso médio do fruto está diretamente ligado ao tamanho do fruto e o tamanho define a padronização das caixas, sendo que uma caixa pode conter de cinco a quatorze frutos (Filgueiras *et al.*, 2000). Segundo Resende, Costa e Dias (2006), no mercado interno são preferíveis frutos de melão com peso unitário de 2,0 kg, permitindo uma variação de 1,0 a 2,0 kg. Já no mercado internacional são preferidos frutos menores, com peso variando de 1,0 a 1,3 kg, podendo chegar até 2,0kg por fruto. Dessa forma, as cultivares seriam aceitas tanto no mercado interno quanto externo.

Para o diâmetro longitudinal e transversal do fruto não houve diferenças significativas entre as cultivares de melão pele de sapo (Tabela 1). Nunes *et al.* (2011) observou valores de 16,3 cm a 24,2 cm para diâmetro longitudinal do fruto, em melões dos tipos pele de sapo. Portanto, diante dos resultados obtidos nesse trabalho, os valores de (DLF) estão dentro da faixa de valores encontrados por estes autores, tanto para cultivar Finura quanto para a cultivar Grand Prix.

Gonçalves, Menezes e Alvez (1996), encontraram valores de diâmetro médio transversal de frutos para o tipo Pele de Sapo de 14,27 cm a 15,22 cm, resultado esse que mostra semelhança com o encontrado no presente trabalho. Paduan, Campos e Clemente (2007) encontraram valores de diâmetro longitudinal e diâmetro transversal dos frutos de 20,2 cm e 14,56 cm, respectivamente, sendo semelhantes ao deste estudo.

Para as variáveis cavidade longitudinal e cavidade transversal do fruto, os valores encontrados não diferiram entre si, com os valores variando de 13,42 a 13,78 para as cultivares Grand Prix e Finura, respectivamente. Valores menores de diâmetro longitudinal do lóculo foram obtidos por Nunes *et al.* (2011). Estes autores encontraram para linhagens de melão tipo pele de sapo, um diâmetro longitudinal de lóculo de 6,4 cm. Dalastra, Echer e Hachmann (2015) encontraram valores para a cultivar Grand Prix de 11,45 cm e 4,93 cm para cavidade longitudinal e transversal dos frutos, respectivamente, inferiores ao deste trabalho. O diâmetro longitudinal e transversal do lóculo são características genéticas, e são pouco influenciadas pelo ambiente.

De acordo com Nunes *et al.* (2004) os diâmetros longitudinal e transversal dos lóculos devem ser os menores possíveis para que os frutos tenham qualidade, pois indicam as dimensões das cavidades internas dos frutos. Portanto, menor valor para estas características significa maior rendimento de polpa, bem como maior resistência ao transporte e vida útil pós-colheita.

Em relação ao Índice de Formato de Fruto (IFF), os valores não diferem entre si, com as cultivares Grand Prix e Finura obtendo valores médios de 1,26 e 1,30 respectivamente. Nunes *et al.* (2005) obtiveram valor médio de IFF semelhante ao deste estudo, de 1,4 para híbridos de melão pele de sapo.

Segundo Paiva, Neto e Lopes (2000), frutos com forma esférica possui índice de formato menor ou igual a 1,0; forma oval, índice de formato de 1,01 a 1,50 e comprido de valor superior a 1,50. Assim, considerando esta classificação, as cultivares deste trabalho, possuem formato oval, característica marcante das cultivares de melão do tipo Pele de Sapo.

Observa-se na Tabela 2 que não houve diferença significativa para as variáveis teor de sólidos solúveis totais (SST), pH, acidez total titulável (ATT) e ratio pelo teste F.

Entre as cultivares de melão do tipo pele de sapo, o maior resultado para o teor de sólidos solúveis foi obtido para a cultivar Grand Prix, de 9,98° Brix. Nunes *et al.* (2005) obteve valor médio para híbridos de melão pele de sapo de 9,8 °Brix, semelhante ao da cultivar Grand Prix. Dalastra, Echer e Hachmann (2015) encontraram valor superior de SST para a cultivar Grand Prix, de 12,91° Brix.

De acordo com Silva, Alves e Santos (2008), os frutos de melão devem ter no mínimo 9 Brix, para estarem de acordo com as normas internacionais. Segundo Sales Júnior *et al.* (2006),

como o teor de SST não aumenta após a colheita, os melões com teor de SST inferior a 9% são considerados não comercializáveis. Na tabela 2 verifica-se que a cultivar Grand Prix apresenta valores acima do mínimo recomendado, enquanto a cultivar Finura não atende as normas internacionais. Segundo Silva *et al.* (2002), reguladores de crescimento, adubação, temperatura e intensidade luminosa, área foliar e estágio de maturação são alguns dos fatores que podem afetar o teor de sólidos solúveis dos frutos.

Tabela 2 – Teor de sólidos solúveis (SST °Brix), potencial hidrogeniônico (pH), acidez total titulável (ATT) e ratio de duas cultivares de meloeiro do tipo pele de sapo, cultivadas em São Raimundo das Mangabeiras – MA, 2023.

Cultivares	SST (° Brix)	pH	ATT (%)	RATIO
Grand Prix	9,98 a	6,14 a	0,42 a	25,95 a
Finura	8,05 b	5,85 a	0,39 a	21,91 a
Média	9,02	6	0,41	23,93
C.V (%)	3,78	1,57	35,36	35

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna não diferem entre si, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. C.V(%): coeficiente de variação; Teste F: nível de significância, *Significativo ($p < 0,05$); ns não significativo.

Fonte: Autores, 2023.

Em relação ao pH, não há diferenças estatísticas entre os valores encontrados (Tabela 2). Paduan, Campos e Clemente (2007) obtiveram valor superior ao deste trabalho, com pH de 6,48. Os valores de pH são de extrema importância, segundo a classificação de Azeredo, Faria e Brito (2004), pois o alto valor para pH resulta em alimentos susceptíveis ao desenvolvimento de patógenos, determinante sobre a qualidade do fruto.

Os valores de Acidez Titulável, não diferiram entre si estatisticamente, apresentando valores dentro da faixa recomendada que deve ser inferior a 0,5% (Tabela 2). Paduan, Campos e Clemente (2007) encontraram valor de 0,19%, inferior ao deste trabalho. Segundo Chitarra e Chitarra (2005), a maturação dos frutos está relacionada à acidez. Os valores diminuem com o amadurecimento dos frutos devido à respiração e conversão dos ácidos orgânicos nos frutos.

Uma das melhores maneiras de avaliar o sabor dos frutos é fazer uma avaliação de ratio, que mede a proporção de açúcares (SST) e ácidos (ATT) presentes no fruto. No presente trabalho não se observou diferenças estatísticas significativas em relação a essa variável, tendo a cultivar Grand Prix o maior valor encontrado. Para o melão, Cruess (1973), ressalta que os frutos podem ser consumidos se a relação entre eles é superior a 25:1. Esse indicador do grau de doçura é uma das maneiras mais comuns de medir o sabor, sendo mais eficaz em termos de representação do que a medição isolada de açúcares e acidez (Chitarra; Chitarra, 2005).

4 CONCLUSÃO

Foi observada diferença significativa apenas para os valores de Teor de Sólidos Solúveis, que variaram de 8,05 a 9,98 °Brix, para as cultivares Finura e Grand Prix, respectivamente, sendo que os frutos de melão devem ter no mínimo 9 Brix, para estarem de acordo com as normas internacionais.

No entanto, para a região estudada, a cultivar Grand Prix seria a mais recomendada para ser implantada no município de São Raimundo das Mangabeiras - MA, por ter apresentado um teor de sólidos solúveis acima dos valores mínimos de comercialização e valores semelhantes aos constatados em estudos anteriores na literatura, além de obter uma relação de RATIO maior que 25:1, indicando que aquelas frutas estavam aptas para consumo.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, A. C. *et al.* Análise de crescimento do capim-elefante 'Napier' adubado e irrigado. **Ciência e agrotecnologia**, v. 29, n. 2, p. 415- 423, 1 abr. 2005.
- AROUCHA, E. M. M. *et al.* Caracterização física e química de melão durante o seu desenvolvimento. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 29, n. 2, p. 296-301, ago. 2007.
- AZEREDO, H. M. C.; FARIA, J.; BRITO, E. S. **Embalagens e estabilidade de alimentos. Fundamentos de Estabilidade de Alimentos**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, p. 151, 2004.
- CARMO, I. L. G. S. *et al.* Desempenho agrônomo de cultivares de melancia no cerrado de Boa Vista, Roraima. **Revista Agro@Mambiente On-Line**, v. 9, n. 3, p. 268-274, 7 out. 2015.
- CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: UFLA, 783p. 2005.
- COSTA, J. M. B. **Avaliação de diferentes substratos na produção de mudas de meloeiro (*Cucumis melo* L.)**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrônômica) - Unidade Acadêmica Especializada em Ciências Agrárias, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Macaíba, 2019.
- CRUESS, W. V. **Produtos industriais de frutas e hortaliças**. São Paulo: Edgard Blücher, v. 1, 446 p 1973.
- DALASTRA, G. M.; ECHER, M. M.; HACHMANN, T. L. DESEMPENHO DE CULTIVARES DE MELÃO, EM FUNÇÃO DO NÚMERO DE FRUTOS POR PLANTA. **Journal of Agronomic Sciences**, v. 4, n. 1, jan. 2015.
- FERREIRA, D. F. **Sisvar - sistema de análise de variância para dados balanceados**. Lavras: Universidade Federal Larvas, Larvas-MG 19 p, 2013.
- FILGUEIRAS, H.A.C.; *et al.* Colheita e manuseio pós-colheita. In: **Melão pós-colheita**. Brasília: EMBRAPA-SPI/FRUTAS DO BRASIL, [s.d.]. pág. 23–41.

GONÇALVES, F. C.; MENEZES, J. B.; ALVES, R. E. Vida útil pós-colheita do melão 'Pele de sapo' armazenado em condição ambiente. **Horticultura Brasileira**, v.14, n.1, p.49-52, 1996.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção Agropecuária**. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br>. Acesso em: 12 out. 2023.

MENEZES, J. B *et al.* **Características do melão para exportação**. In: Melão: pós-colheita. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. pág. 13–22.

NUNES, G. H. S *et al.* Aspectos produtivos e de qualidade de híbridos de melão cultivados no agropolo Mossoró-Assu. **Horticultura Brasileira**, v. 22, n. 4, p. 744–747, 1 dez. 2004.

NUNES, G. H. S. *et al.* Desempenho de híbridos de melão do grupo inodorus em Mossoró. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 1, p. 90–93, mar. 2005.

NUNES, G. H. S. *et al.* Divergência genética entre linhagens de melão pele de Sapo. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 3, p. 765–773, set. 2011.

OLIVEIRA, M. M. T.; BARRETO, N. D. S.; ALVES, R. E.; ARAGÃO, F. A. S. **Qualidade de frutos de híbridos de meloeiro amarelo produzidos no agropolo assu-mossoró**, 2015.

PADUAN, M. T.; OLIVEIRA, R. P.; CLEMENTE, E. Qualidade dos frutos de tipos de melão, produzidos em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 29, n. 3, p. 535–539, 1 jan. 2007.

PAIVA, W. O. DE; NETO, H. S.; LOPES, A. G. S. Avaliação de linhagens de melão. **Horticultura Brasileira**, v. 18, n. 2, p. 109–114, jul. 2000.

PEDÓ, T *et al.* Crescimento de três cultivares de rabanete (*Raphanus sativus*) ao longo da ontogenia das plantas. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v. 4, n. 3, p. 17-21, 2010.

RESENDE, G. M.; COSTA, N. D.; DIAS, R. de C. S. **Densidade de Plantio na Cultura do Melão no Vale do São Francisco**. Petrolina – PE: Embrapa Semiárido, 2006. 4p.

SALES JÚNIOR, R *et al.* Qualidade do melão exportado pelo porto de Natal-RN. **Ciência Rural**, v. 36, n. 1, p. 286–289, 1 fev. 2006.

SILVA, E. O.; ALVES, R. E.; SANTOS, E. C. Colheita e pós-colheita na produção integrada de melão. In: **Produção Integrada de Melão**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2008.

SILVA, L. A *et al.* Estudo de aspectos quantitativos e qualitativos de frutos de genótipos de melão. **Ciência Agronômica/Revista ciência agronômica**, v. 36, n. 3, p. 310–315, 1 jan. 2005.

SILVA, M. C. de C. **Crescimento, produtividade e qualidade do meloeiro sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e cobertura do solo**. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura de Mossoró, Mossoró, 2002.

CAPÍTULO 7

INFLUÊNCIA DE ENRAIZADORES NA PROPAGAÇÃO VEGETATIVA DE MUDAS DE PITAYA (*Hylocereus undatus*)

Elias Oliveira Neto   

Instituto Federal do Maranhão, Campus São Raimundo das Mangabeiras, Brasil

Luis Eduardo da Silva   

Instituto Federal do Maranhão, Campus São Raimundo das Mangabeiras, Brasil

Ana Carolina de Assis Dantas   

Instituto Federal do Maranhão, Campus São Raimundo das Mangabeiras, Brasil

Richardson Soares de Souza Melo   

Instituto Federal do Maranhão, Campus São Raimundo das Mangabeiras, Brasil

Ávila Stéfany Mota de Oliveira   

⁵Instituto Federal do Maranhão, Campus São Raimundo das Mangabeiras, Brasil

Rayssa dos Santos Oliveira   

⁶Instituto Federal do Maranhão, Campus São Raimundo das Mangabeiras, Brasil

Raelton Silva Sousa   

Instituto Federal do Maranhão, Campus São Raimundo das Mangabeiras, Brasil

Vanessa Pereira Martins   

Instituto Federal do Maranhão, Campus São Raimundo das Mangabeiras, Brasil

Larisse Guimarães da Silva   

Instituto Federal do Maranhão, Campus São Raimundo das Mangabeiras, Brasil

Vitória Aparecida dos Santos Lima   

Instituto Federal do Maranhão, Campus São Raimundo das Mangabeiras, Brasil

DOI: 10.52832/wed.169.968 

Resumo: Até pouco tempo a pitaya-roxa (*Hylocereus undatus*) era uma frutífera pouco conhecida, porém, tem apresentado destaque no nicho de frutas exóticas, frequentemente disponível nos supermercados brasileiros. Assim, pesquisas acerca da produção de mudas dessa frutífera são fundamentais, a fim de viabilizar a sua implantação em pequenas propriedades rurais. Assim, objetivou-se com este estudo avaliar desenvolvimento radicular da pitaya-roxa, utilizando enraizadores. O delinamento utilizado foi DIC, com 4 tratamentos, sendo três enraizadores: Vitaplan, Forth, KCl. As características observadas foram: comprimento da raiz, altura, número de brotos, diâmetro, massa fresca da parte aérea, massa seca da parte aérea, massa seca de raízes, massa fresca de raízes, ganho de massa de cladódios. A utilização de enraizadores Vitaplan e KCl demonstrou ser mais eficaz em comparação ao tratamento com Forth, promovendo um maior comprimento de raiz, número de brotos, altura das estacas, massa fresca da parte aérea, massa fresca das raízes, ganho de massa dos cladódios, massa seca das raízes e massa seca dos cladódios, apenas para o diâmetro que não apresentou diferença significativa entre os tratamentos. A escolha do enraizador adequado é crucial para otimizar o crescimento e a saúde das mudas, impactando diretamente o sucesso da propagação vegetativa da pitaya.

Palavras-chave: Enraizamento. Fruticultura. Propagação vegetativa.

1 INTRODUÇÃO

A Pitaya, do gênero *Hylocereus*, é uma planta frutífera pertencente à família dos cactos. Ela cresce através de seus caules, que emitem raízes que se fixam em suportes, tornando-a uma planta trepadeira. Oriunda das regiões tropicais e subtropicais das Américas, esta fruta exótica tem ganhado cada vez mais popularidade entre os consumidores devido à sua aparência atrativa, suas características sensoriais únicas e seus benefícios para a saúde (Araújo, 2017).

Atualmente a pitaya é cultivada e comercializada em mais de 20 países, inclusive no Brasil, com poucas áreas de cultivo, que estão situadas especialmente na região sudeste, as quais não atendem à demanda do consumo nacional. Com isso, é necessária a importação de frutos, fazendo com que os preços sejam elevados e pouco acessíveis. Mais sua exploração pode ser ampliada, visto que essa planta tem uma alta rusticidade e um manejo simples, mostrando-se assim uma boa fonte de renda para pequenos e médios produtores (Bezerra *et al.*, 2014).

Além de ser consumida fresca, a pitaya é usada em diversos produtos, como sucos, geleias, vinhos, e até em cosméticos, graças às suas propriedades hidratantes e antioxidantes. A fruta também é um excelente ingrediente para pratos salgados, como saladas e salsas, devido ao seu sabor levemente adocicado e textura única. A pitaya é rica em fibras prebióticas, que promovem o crescimento de bactérias benéficas no intestino, contribuindo para a saúde digestiva. As sementes da pitaya, pequenas e pretas, são ricas em ácidos graxos essenciais, como os ômega-3, que são benéficos para a saúde cardiovascular (Araújo, 2017).

Sua exploração, no entanto, pode ser ampliada, visto que é uma planta com alta rusticidade e manejo simples, mostrando-se uma interessante alternativa para pequenos e médios produtores rurais (Santos *et al.*, 2010).

As mudas de pitaya podem ser produzidas através de propagação vegetativa, obtidas de estacas confeccionadas a partir dos cladódios, assim trazendo uma maior rapidez do seu crescimento. Para que ocorra um melhor desenvolvimento e crescimento do sistema radicular, conseqüentemente, e para obtenção de mudas de maior qualidade, recomenda-se o uso de enraizadores durante o processo da produção das mudas. Os enraizadores estimulam a formação de raízes e estruturação do sistema radicular, fatores que têm relação direta com o aumento da produtividade (Berticelli; Nunes, 2009).

A pitaya-roxa tem demonstrado um grande potencial produtivo na região sul do Maranhão. Essa área apresenta condições climáticas e de solo bastante favoráveis para o cultivo dessa fruta exótica, com temperaturas amenas, boa disponibilidade de água e solos bem drenados. Essas condições são ideais para o desenvolvimento das plantas e a produção de frutos de alta qualidade. A adaptação da pitaya-roxa a essas condições pode resultar em uma produtividade elevada e consistente, beneficiando os produtores locais (Santos *et al.*, 2010).

Na região sul maranhense foi observado, uma dificuldade para se implantar a cultura da pitaya por conta de ações climáticas, como temperatura, umidade, um baixo desenvolvimento radicular das mudas e entre outros fatores, as mudas adquiridas de regiões subtropicais onde as temperaturas são mais amenas, tem dificuldades para se estabelecer nessa região, atrapalhando seu crescimento radicular, vegetativo e muitas das vezes acabam morrendo, dessa forma os produtores tem prejuízos (Júnior; Mendes, 2024). Assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar o desenvolvimento radicular da pitaya-roxa (*Hylocereus undatus*), utilizando enraizadores.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Chácara Flor Gentil, localizada em Balsas, Maranhão. As mudas de pitaya-roxa foram padronizadas com um comprimento total de 25 cm, que foram pesadas antes do plantio. Na base das estacas, foi retirada a parte carnosa do cladódio em uma altura de 5 cm, mantendo-se apenas o centro lignificado da estaca. Esta técnica visou facilitar o contato da porção enraizante da planta com os tratamentos e evitar o apodrecimento da parte carnosa em contato com o substrato.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com quatro tratamentos, três enraizadores: Forth, Vitaplan e Cloreto de Potássio (KCl) e a testemunha, com dez repetições. O experimento utilizou um total de 40 estacas.

As estacas foram submersas nos enraizadores por um período de 5 minutos com doses de 100 gramas em cada um dos tratamentos. Logo após o tratamento, as estacas foram plantadas em sacos plásticos de 25x25 cm, contendo um substrato composto por esterco bovino e palha de arroz carbonizada onde o mesmo foi composto por 40% de esterco bovino e 60% de palha de arroz carbonizada.

As mudas foram mantidas em viveiro aberto por uma tela de sombrite de 50%, recebendo rega diária às 8:00 da manhã.

Aos 85 dias após o plantio, as mudas foram retiradas dos sacos plásticos onde foi retirado o excesso de substrato com auxílio de baldes, foi realizado 5 lavagens da parte radicular das plantas, finalizando essa lavagem em água corrente. Em seguida foram levadas ao Laboratório de Bromatologia do IFMA-SRM, onde foram avaliadas as seguintes características: comprimento da raiz (CR), medido a partir da região de inserção do sistema radicular até a extremidade terminal da maior raiz; massa fresca da parte aérea (MFPA), medida pela pesagem dos cladódios padronizados com 25 cm; massa fresca das raízes (MFR), pela pesagem das raízes recém-coletadas, massa seca das raízes (MSR), obtida pela pesagem do sistema radicular seco em estufa de ar forçado a 72 °C durante 84 horas; ganho de massa dos cladódios (GMC), calculado pela diferença entre a massa fresca da parte aérea antes da estaquia e após os 85 dias de enraizamento. A razão parte aérea-raiz (RPAR) foi obtida pela razão entre o ganho de massa dos cladódios e a massa fresca das raízes

Após a coleta de dados, esses foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Skot-Nott, a 5% de probabilidade, utilizando-se o software de análise estatística Sisvar® (Ferreira, 2000).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos a partir da análise estatística das estacas de pitaya tratadas com diferentes enraizadores demonstraram variações significativas no desenvolvimento radicular e vegetativo das plantas. A maioria dos parâmetros avaliados como comprimento da raiz (CR), número de brotos (NB), altura (ALTU), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca das raízes (MFR), ganho de massa dos cladódios (GMC), massa seca das raízes (MSR) e massa seca dos cladódios (MSC), exceto o diâmetro (DIAM) que não apresentou diferença significativa. A tabela a seguir apresenta uma síntese dos resultados para cada tratamento, comparando-os com a testemunha, fornecendo uma visão abrangente da eficácia dos enraizadores utilizados no experimento

Os resultados do estudo sobre a influência de enraizadores na propagação vegetativa de mudas de pitaya mostraram diferenças significativas entre os tratamentos utilizados.

Primeiramente, o comprimento da raiz (CR) variou bastante entre os tratamentos, com o enraizador Forth apresentando um valor significativamente menor (24,4 cm) em comparação aos outros tratamentos, que apresentaram valores de médias próximos entre si, mas estatisticamente iguais. Esse resultado indica que o enraizador Forth pode ser menos eficaz na promoção do crescimento radicular em pitayas.

Tabela 1 – Tabela 1: Médias obtidas para comprimento da raiz (CR), altura (ALT), número de brotos (NB), diâmetro (DIAM), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca de raízes (MSR), massa fresca de raízes (MFR), ganho de massa de cladódios (GM), em Pitaya.

TRAT.	CR	NB	DIAM.	ALTU	MFPA	MFR	GMC	MSR	MSC
Test.	37.5a ^a	9.2a ^a	13.25a ^a	90.8b ^b	55.8a ^a	34.40a ^a	336.4b ^b	8.31a ^a	40,2b ^b
Vita.	40.4a ^a	10.6a ^a	13.3a ^a	120.5a ^a	52.10a ^a	37.60a ^a	637a ^a	13.08a ^a	71.2 ^a
Fort H	24.4b ^b	4.9b ^b	13.5a ^a	75.4b ^b	32.30b ^b	4.44b ^b	110c	1.18b ^b	10.4c
Kcl	37.4a ^a	12.4a ^a	14.56a ^a	121a ^a	61.60a ^a	48.80a ^a	698a ^a	13.40a ^a	75a ^a

Fonte: Autores, 2024.

De Freitas *et al.* (2021) examinaram o efeito de extratos de algas no enraizamento de estacas de pitaya, encontrando resultados positivos em termos de crescimento radicular. Esses resultados estão em consonância com os obtidos no presente estudo para os enraizadores Vitaplan e KCl, que também promoveram um enraizamento eficaz e um desenvolvimento vegetativo robusto.

Brighenti *et al.* (2023) investigaram a eficácia dos bioestimulantes e do ácido indolbutírico no enraizamento de estacas lenhosas de videira. Eles concluíram que esses compostos promovem um enraizamento mais robusto, o que é consistente com os resultados obtidos para a pitaya, onde os enraizadores Vitaplan e KCl resultaram em maior comprimento de raiz e massa seca radicular em comparação ao tratamento com Forth.

Quanto ao número de brotos (NB), os tratamentos com Vitaplan e KCl apresentaram os melhores resultados, com médias de 10,6 e 12,4 brotos, respectivamente, enquanto o tratamento com Forth teve apenas 4,9 brotos, sugerindo uma menor capacidade de estimular o desenvolvimento de novos brotos. A testemunha (sem enraizador) também apresentou um número de brotos relativamente alto (9,2), mas estatisticamente igual ao Vitaplan e KCl o que indica que alguns enraizadores podem não ser necessários para essa característica específica.

O diâmetro das estacas (DIAM), não apresentou diferença significativa (Tabela 1), isso sugere que o diâmetro do cladódio pode não ser significativamente afetado pelo uso de enraizadores. A altura das estacas (ALT), por outro lado, apresentou variações notáveis, com os tratamentos Vitaplan e KCl mostrando os melhores resultados (120,50 cm e 121 cm,

respectivamente), enquanto o tratamento com Forth novamente apresentou menor eficácia (75,40 cm).

A massa fresca da parte aérea (MFPA) também refletiu diferenças entre os tratamentos. As estacas tratadas com KCl apresentaram a maior massa fresca (61,60 g), seguidas pelo tratamento com Vitaplan (52,10 g), sendo estatisticamente iguais. O tratamento com Forth teve a menor massa fresca (32,30 g), indicando menor desenvolvimento da parte aérea. A massa fresca das raízes (MFR) seguiu um padrão semelhante, com KCl e Vitaplan apresentando os melhores resultados (48,80 g e 37,60 g, respectivamente), enquanto o Forth apresentou o pior desempenho (4,44 g).

Arejano *et al.* (2022) discutiram o uso de bioestimulantes na produção agrícola e destacaram que esses compostos podem melhorar o crescimento das plantas e a resistência ao estresse, corroborando os achados de que enraizadores como Vitaplan e KCl aumentam significativamente a massa radicular e a altura das estacas de pitaya.

O ganho de massa dos cladódios (GMC) foi mais elevado nos tratamentos com KCl e Vitaplan, com valores de 698 g e 637 g, respectivamente, sugerindo um maior crescimento e desenvolvimento das estacas. O tratamento Forth, por outro lado, apresentou um ganho de massa significativamente menor (110,80 g), reforçando a ideia de que este enraizador pode ser menos eficaz.

Cardoso *et al.* (2024) estudaram o desenvolvimento vegetativo de genótipos de pitaya sob o efeito de diferentes doses de bioestimulantes, encontrando que doses adequadas promovem um crescimento significativo. Esses achados estão alinhados com o presente estudo, onde o uso de enraizadores adequados, como KCl e Vitaplan, resultou em um ganho de massa dos cladódios e no aumento da massa fresca da parte aérea.

A massa seca das raízes (MSR) mostrou uma diferença significativa entre os tratamentos. O tratamento com Vitaplan e KCl apresentaram os maiores valores (13,08 g e 13,40 g, respectivamente), enquanto o tratamento com Forth teve a menor massa seca (1,18 g), indicando menor produção de biomassa radicular. A massa seca dos cladódios (MSC) seguiu um padrão semelhante, com os tratamentos Vitaplan e KCl apresentando os maiores valores (71,20 g e 75 g, respectivamente), e o Forth o menor (10,40 g).

Finalmente, a análise da razão parte aérea-raiz (RPAR) sugere que os tratamentos com Vitaplan e KCl são mais eficazes em promover um equilíbrio entre o desenvolvimento da parte aérea e das raízes. Estes tratamentos apresentaram uma razão mais equilibrada, indicando uma boa distribuição de recursos entre as diferentes partes da planta.

Cruz e Martins (2022) discutiram a viabilidade do cultivo da pitaya no Brasil, destacando a importância de práticas agronômicas adequadas para o sucesso da cultura. Eles enfatizaram a

necessidade de técnicas que favoreçam o enraizamento e o desenvolvimento das mudas, o que é corroborado pelo presente estudo, onde a escolha correta de enraizadores mostrou-se crucial para otimizar o crescimento das mudas de pitaya.

Garbanzo-León *et al.* (2021) avaliaram o efeito de diferentes tamanhos de cladódios e bioestimulantes no enraizamento da pitaya, concluindo que tanto o tamanho dos cladódios quanto a aplicação de bioestimulantes são determinantes para o sucesso da propagação vegetativa.

Lone (2020) discorreu sobre as melhores práticas para o cultivo de pitaya, incluindo a importância da escolha de enraizadores e substratos adequados.

Santos Filho (2021) investigou o efeito do ácido indolbutírico e de extratos naturais no enraizamento de estacas de pitaya vermelha, concluindo que esses tratamentos podem aumentar significativamente a taxa de enraizamento.

4 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos mostraram variações significativas no desenvolvimento radicular e vegetativo das estacas, evidenciando a importância de escolher o enraizador adequado para otimizar o crescimento das mudas. A utilização de enraizadores como Vitaplan e KCl demonstrou ser mais eficaz em comparação ao tratamento com Forth, promovendo um maior comprimento de raiz, número de brotos e altura das estacas. massa fresca da parte aérea, massa fresca das raízes, ganho de massa dos cladódios, massa seca das raízes e massa seca dos cladódios, apenas o diâmetro que não apresentou diferença significativa entre os tratamentos.

A pesquisa também destacou a importância de uma técnica adequada de preparação das estacas, como a retirada da parte carnosa do cladódio, para evitar o apodrecimento e facilitar o enraizamento. Este cuidado, aliado ao uso de enraizadores eficazes, contribuiu para o sucesso da propagação vegetativa das mudas de pitaya.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, J. M. H. **Algas marinhas como bioestimulantes no crescimento inicial de espécies florestais da Caatinga**. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Florestais, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Macaíba, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/jspui/handle/123456789/23932>. Acesso em: 08 jan. 2025.

BERTICELLI, E.; NUNES, J. Avaliação da eficiência do uso de enraizador na cultura do milho. **Cultivando o saber**, v. 2, n. 1, p. 53-61, 2009.

BEZERRA, A. F.; MEDICE, R.; Enraizadores alternativos na propagação vegetativa de pitaya. **Revista Científica Eletrônica De Ciências Aplicadas Da FAIT**, Ano VII. v 12, n 2, novembro, 2018. Acesso: 15/03/2025.

BRIGHENTI, A. F. *et al.* Biostimulates and indolebutyric acid improve rooting of wood cuttings from different grapevine rootstocks. **Ciência e Técnica Vitivinícola** v. 38, p. 1-9, 2023.

CARDOSO, J. F.; BRIGHENTI, L. H. M.; GOEDEL, A.; ZIMMERMANN, C. M.; MATIAS, G.; ORLANDI, F.; MIOLA, A.; LONE, A. B.; BRIGHENTI, A. F. Vegetative development of pitaya genotypes under the effect of different doses of biostimulant. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 23, n. 4, p. 604–610, 2024.

DE FREITAS, F.R. *et al.* Effect of algae extract on the rooting of pitaya cutting. *Agropecuária Catarinense* 34: 34-36, 2021.

FERREIRA, D. F. **Sistema de análise estatística para dados balanceados (SISVAR)**. Lavras, Ufla/Dex/Sisvar. 145, p. 2000.

GARBANZO-LEÓN, G. *et al.* Evaluación de tamaño de cladodios y bio- estimulantes de enraizamiento para la propagación de pitahaya. **Agronomía costarricense**, v. 45, p. 29-40, 2021.

JUNIOR, G.; MENDES, H. T. A. Enraizadores naturais na propagação vegetativa de Pitaia. **PesquisAgro**, [s. l.], v. 8, n. 1, p. 20–30, 2024. DOI: 10.33912/pagro.v8i1.784. Lavras. 2020., p. 321.

LONE AB. 2020. **Cultivo de Pitaia**. Florianópolis. EPAGRI. 47p. (Boletim Técnico 196).

MARQUES, V. B.; MOREIRA, R. A.; RAMOS, J. D.; ARAÚJO, N. A.; CRUZ M.; DO MIRANDA, J. M. DE S. Substratos e ácido indol-3-butírico na produção de mudas de pitaia vermelha de polpa branca. **Revista Ceres**, v. 63 n. 6, p. 860–867. 2016.

SANTOS C. M. G.; CERQUEIRA, R. C.; FERNANDEZ L. M. S.; DOURADO, F. W. N.; SANTOS FILHO, E. J. **Efeito do Ácido Indolbutírico e extratos naturais no enraizamento de estacas de Pitaia Vermelha (Hylocereus undatus (Haw) Briton & Rose) no município de Macaíba-RN**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrônoma). Macaíba: UFRN, p. 33, 2021.

SANTOS, C. M. G. *et al.* Substratos e regulador vegetal no enraizamento de estacas de pitaya. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 41, p. 625-629, 2010.

CAPÍTULO 8

DESENVOLVIMENTO DE MUDAS DO MARACUJÁ EM DIFERENTES TIPOS DE SUBSTRATOS A BASE DE ESTERCO

Adriana Da Silva Cirqueira   

Instituto Federal do Maranhão, Campus São Raimundo das Mangabeiras, Brasil

Luis Eduardo da Silva   

Instituto Federal do Maranhão, Campus São Raimundo das Mangabeiras, Brasil

Ana Carolina de Assis Dantas   

Instituto Federal do Maranhão, Campus São Raimundo das Mangabeiras, Brasil

Richardson Soares de Souza Melo   

Instituto Federal do Maranhão, Campus São Raimundo das Mangabeiras, Brasil

Ávila Stéfany Mota de Oliveira   

Instituto Federal do Maranhão, Campus São Raimundo das Mangabeiras, Brasil

Rayssa dos Santos Oliveira   

Instituto Federal do Maranhão, Campus São Raimundo das Mangabeiras, Brasil

Elias Oliveira Neto   

Instituto Federal do Maranhão, Campus São Raimundo das Mangabeiras, Brasil

Esmeralda Santos Barros   

Instituto Federal do Maranhão, Campus São Raimundo das Mangabeiras, Brasil

Larisse Guimarães da Silva   

Instituto Federal do Maranhão, Campus São Raimundo das Mangabeiras, Brasil

Vitória Aparecida dos Santos Lima   

Instituto Federal do Maranhão, Campus São Raimundo das Mangabeiras, Brasil

DOI: 10.52832/wed.169.969 

Resumo: O maracujá (*Passiflora edlis* L.) é uma cultura de grande importância econômica e social para o Brasil. Sua produção depende de mudas de alta qualidade, sendo o substrato utilizado um fator determinante para o desenvolvimento inicial das plantas. Atualmente, alternativas aos substratos comerciais vêm sendo estudadas, visando reduzir custos e promover a sustentabilidade agrícola. Objetiva-se com este estudo avaliar o desenvolvimento de mudas de maracujá, submetidas a diferentes substratos alternativos a base de esterco. Foram produzidas mudas de maracujá utilizando substratos alternativos compostos por misturas solo e esterco bovino, caprino e ovino curtido. O delineamento foi inteiramente atualizado, sendo utilizada a cultivar de maracujá azedo e 13 tratamentos, foram avaliados: a taxa de germinação, altura linear das mudas, diâmetro do coleto, número de folhas, matéria fresca da parte aérea, matéria fresca do sistema radicular, matéria seca da parte aérea, matéria seca do sistema radicular. Os resultados sugerem que o uso de esterco ovino e caprino proporcionam substratos mais adequados para o desenvolvimento de mudas de maracujá. Assim, o uso de esterco ovino e caprino, em proporções específicas, (solo+ esterco ovino 1:1 e solo + esterco caprino 1:1) promoveu o melhor desempenho no desenvolvimento inicial das mudas de maracujazeiro.

Palavras-chave: Fruticultura. *Passiflora spp.* Substrato Alternativo.

1 INTRODUÇÃO

A cultura do maracujazeiro (*Passiflora edulis* L.) é originária da América tropical, existindo mais de 200 espécies nativas no Brasil. Por ser tropical, a espécie é encontrada na maioria das regiões brasileiras. Diniz (2022) afirma que, em 2020, a cultura do maracujá no Brasil alcançou uma produção de aproximadamente 690.364 hectares, com mais de 700 mil toneladas de frutos cultivados.

A região Nordeste destacou-se como a mais promissora para essa cultura (Embrapa, 2023). O maracujazeiro é uma das fruteiras promissoras para a região Nordeste, devido à sua adaptação edafoclimáticas, em termos de solo, temperatura, umidade relativa do ar e pela preferência e aceitação de seus frutos para o consumo in natura e para a indústria de polpa de frutas no mercado interno (Diniz, 2022).

Dentre os fatores importantes para se obter mudas de qualidade, Lima *et al.* (2006) destacam-se a qualidade do substrato e o volume ideal para cada cultura, fatores que mais influenciam a produção de mudas, devendo-se dar especial atenção às escolhas dos mesmos, em função, principalmente, da espécie frutífera em que se está trabalhando.

Portanto, com esse trabalho, objetivou-se avaliar o desenvolvimento da muda de maracujazeiro em substrato alternativo. De acordo com as citações acima questiona-se: Qual a importância do esterco para o cultivo de mudas do maracujá? Sabe-se que se a cultura não tiver bom desenvolvimento, não haverá bons resultados, sobretudo, o substrato tem elevado custo-benefício, por isso nesta pesquisa, iremos trabalhar com substratos alternativos, onde são rentáveis e fácil acesso.

O tema foi escolhido para realização de testes de diferentes tipos de substratos e analisar qual se desenvolve melhor, sobretudo entender o lado social dos pequenos produtores, tendo em vista minimizar os custos no setor frutífero, pois sabe-se que a cultura do maracujá tem elevado custo, esses pequenos produtores poderão desenvolver em suas propriedades, em pequena e grande escala com material de fácil acesso, tanto para consumo, quanto para a revenda, contudo, este material já vem sendo testado a muito tempo e os estudos mostram bons resultados com o substrato (esterco), portanto esta pesquisa se objetivou-se na cultura do maracujá.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em Novembro e Dezembro 2024, em uma estufa destinada à propagação de mudas no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (IFMA), Campus São Raimundo das Mangabeiras. Foi feito delineamento inteiramente casualizado, com a variedade de maracujá azedo e 13 tratamentos, com cinco repetições.

O solo utilizado, foi coletado na fazenda institucional do IFMA (Fazenda Boa Vista), incluindo amostras de terra preta. Para cada avaliação, foram utilizados substratos com as proporções especificadas de solo (terra preta) + esterco de animal. Os substratos foram preparados com base nas seguintes proporções: T1: Solo + Esterco Bovino 1:1; T2:1: Solo + Esterco Bovino 2:1; T3:1: Solo + Esterco Bovino 3:1; T4: Esterco Bovino; T5: Solo + Esterco Ovino 1:1; T6: Solo + Esterco Ovino 2:1; T7: Solo + Esterco Ovino 3:1; T8: Esterco Ovino; T9: Solo + Esterco Caprino 1:1; T10: Solo + Esterco Caprino 2:1; T11: Solo + Esterco Caprino 3:1; T12: Esterco Caprino; T13: Solo (Ferreira, 2017).

Para o preparo dos substratos os estercos foram curtidos por 30 dias. Durante esse período cada tipo de esterco foi empilhado no chão separadamente, posteriormente, foram mantidos umedecidos e revirados a cada três dias manualmente com o auxílio de uma pá, (esterco bovino, caprino e ovino). Logo após, no preparo dos substratos o solo e os estercos curtidos foram peneirados com um auxílio de uma peneira média de 55cm e posteriormente foram retiradas amostras para serem realizadas as análises químicas desses materiais.

A semeadura foi feita em 05/11/2024, colocando-se duas sementes de maracujá azedo em sacos plásticos de polietileno com dimensões de 15x25cm. Utilizando sementes da empresa Feltrin. O controle de plantas daninhas foi realizado de forma manual à medida que surgiam nos recipientes. A irrigação foi realizada duas vezes ao dia para suprir as necessidades das mudas, utilizando regadores manuais com capacidade de 5 litros de água, totalizando 20 litros por dia.

Além disso, foi empregada uma adubação foliar utilizando fertilizantes, compostos por 6% de nitrogênio (N), 7% de fosforo (P) e 7% de potássio (K). A solução nutritiva foi preparada na

proporção de 5ml de fertilizante diluído em 1 litro de água, com o objetivo de atender as exigências nutricionais das mudas de maracujá. Aos 20 dias após a semeadura foi feito o desbaste, deixando-se uma planta por divisão.

As variáveis avaliadas para a condução do experimento incluíram: a taxa de germinação, altura linear das mudas (cm), diâmetro do coleto (mm), número de folhas, matéria fresca da parte aérea (g), matéria fresca do sistema radicular (g), matéria seca da parte aérea (g), matéria seca do sistema radicular (g) (Silva; Oliveira, 2020). A taxa de germinação foi estabelecida 15 dias após a semeadura, através da contagem do número de plântulas que emergiram. O cálculo levou em conta a relação entre a quantidade de plântulas nascidas e a quantidade total de sementes plantadas. A medição do crescimento das plantas jovens foi feita após 45 dias do plantio, a utilização de uma régua graduada em centímetros para medir a distância do colo ao ápice da planta. O número de folhas foi determinado por contagem manual. Para medir o diâmetro do coleto, utilizou-se um paquímetro digital.

Já a obtenção da matéria fresca da raiz envolveu a remoção cuidadosa das mudas dos sacos de polietileno, em seguida realizou-se a limpeza em um recipiente com água, com o objetivo de eliminar os torrões, e facilitando o processo de pesagem. Em relação à parte aérea, a identificação da matéria fresca é crucial a mesma foi realizada por meio da pesagem em uma balança analítica de alta precisão, registrando valores com quatro casas decimais. A análise da matéria seca da raiz e da parte aérea foi feita ao embalar os materiais em sacos de papel kraft, que posteriormente foram colocados em uma estufa com circulação forçada de ar, a uma temperatura de 60°C, onde permaneceram por 48 horas, até que o peso constante fosse atingido. Depois dessa etapa, as amostras foram pesadas numa balança analítica.

Os dados obtidos foram analisados por meio de análise de variância, utilizando o programa R. As médias foram comparadas através de Tukey, adotando um nível de significância de 5%.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O gráfico 1 mostra o percentual de germinação. A germinação das sementes iniciou-se aos oito dias após a semeadura (DAS), estendendo-se por aproximadamente 15 dias. Em relação a taxa de germinação pode-se observar que a maioria dos tratamentos apresentou alta porcentagem de germinação, com valores próximos ou iguais a 100%. Entretanto, destaca-se que os tratamentos 1, 4 e 11 apresentaram porcentagens mais baixas de germinação, com o tratamento 4 sendo particularmente inferior aos demais.

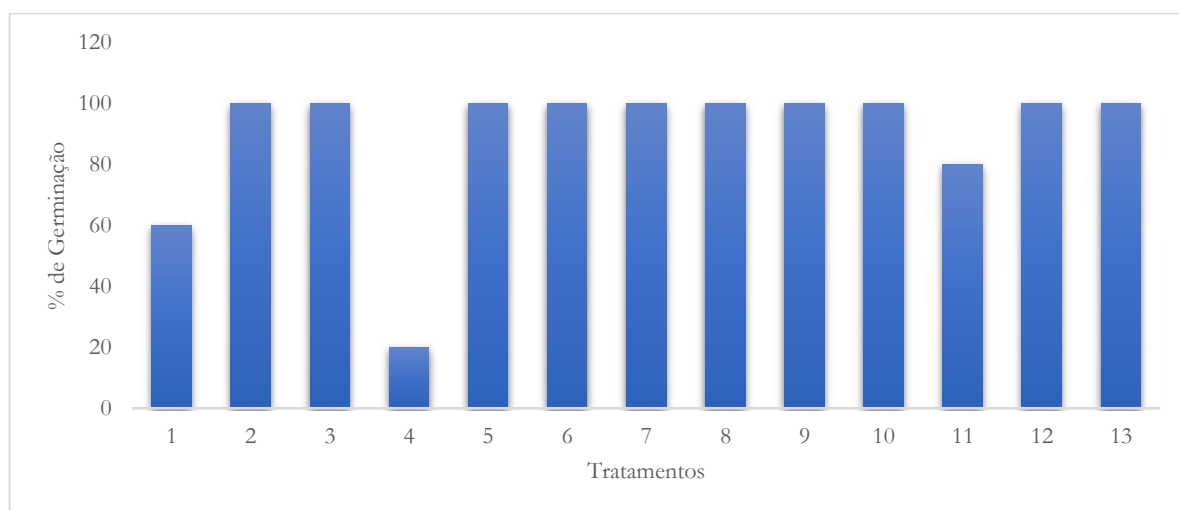
Segundo Silva *et al.* (2020), a germinação das sementes está diretamente relacionada à qualidade do tratamento aplicado, bem como às condições ambientais e características das sementes. Além disso, estudos como o de Santos e Oliveira (2019) apontam que tratamentos

inadequados ou insuficientes podem resultar em taxas de germinação reduzidas, evidenciando a necessidade de otimização dos métodos utilizados. A discrepância observada nos tratamentos menos eficazes pode estar associada a fatores como exposição inadequada, concentração ineficaz ou tempo insuficiente para ação do tratamento, conforme discutido por Almeida *et al.* (2018).

Observando as análises realizadas em laboratório dos substratos, o esterco bovino apresentou menor valor de nitrogênio e potássio, quando comparado aos esterco caprino e ovino, isso pode ter prejudicado o desenvolvimento adequado das mudas durante os estágios iniciais. Sendo assim, tratamentos apenas com esterco bovino tendem a ter menores taxas de germinação em comparação com misturas equilibradas ou solos sem esterco.

Além disso, a baixa saturação por bases ($V = 18,3\%$) do solo também pode ter influenciado os resultados obtidos. A saturação por bases reflete a disponibilidade de nutrientes essenciais, como cálcio, magnésio e potássio, fundamentais para o crescimento das plantas.

Figura 1 – Porcentagem de germinação.



T1: Solo + Esterco Bovino 1:1; T2: Solo + Esterco Bovino 2:1; T3: Solo + Esterco Bovino 3:1; T4: Esterco Bovino; T5: Solo + Esterco Ovino 1:1; T6: Solo + Esterco Ovino 2:1; T7: Solo + Esterco Ovino 3:1; T8: Esterco Ovino; T9: Solo + Esterco Caprino 1:1; T10: Solo + Esterco Caprino 2:1; T11: Solo + Esterco Caprino 3:1; T12: Esterco Caprino; T13: Solo.

Fonte: Autores, 2024.

Em solos com saturação por bases insuficiente, como o utilizado no experimento, o ambiente químico pode ser limitante, dificultando ainda mais o desenvolvimento das mudas, especialmente quando combinado a substratos.

Os resultados dos variados métodos de fertilização orgânica mostraram que o tipo e a quantidade de esterco afetam diretamente o crescimento das mudas de maracujá (Tabela 1). Em relação à altura da planta, o tratamento T8 (esterco de ovino) sobressaiu-se, com uma média de 35,14 cm, mesmo sendo estatisticamente igual ao T5, T9 e T10. Este resultado destaca a capacidade do esterco de ovinos em estimular o crescimento vertical Costa *et al.* (2021). Eles atribuem essa

eficácia ao alto conteúdo de nutrientes vitais como nitrogênio e fósforo, juntamente com uma decomposição lenta que fornece nutrientes de maneira constante para as plantas. O tratamento T5 (solo + esterco de ovino na proporção de 1:1) apresentou o segundo melhor desempenho em altura, com uma média de 31,52 cm (Tab 1). Este resultado sugere que a mistura balanceada de solo e esterco de ovino é vantajosa para o crescimento inicial do maracujá, conforme mencionado por Santos *et al.* (2020), que ressaltam que a quantidade correta de esterco auxilia na melhoria das características físicas e biológicas do solo.

Os tratamentos feitos com esterco caprino também mostraram resultados relevantes. A média de altura do tratamento T9 (solo + esterco caprino na proporção de 1:1) foi de 30,52 cm, enquanto o tratamento T12 (esterco caprino puro) foi de 23,78 cm (Tab 1). De acordo com Silva *et al.* (2019), o esterco de caprino é abundante em matéria orgânica, o que potencializa a capacidade do solo em reter água e aprimora a disponibilidade de nutrientes, favorecendo o desenvolvimento das plantas. Em relação ao diâmetro do caule (DC), novamente o T8 obteve os melhores resultados, com uma média de 3,57 mm (Tab.1).

Além disso, os tratamentos, T5; T7; T8; T9; T10; T11 e T12, apresentaram valores de diâmetro do caule estatisticamente iguais ao tratamento com maior média. Este fator é fundamental ao medir a resistência da planta, pois um caule mais robusto sugere uma capacidade maior de resistir a condições ambientais desfavoráveis (Lima *et al.*, 2022). Por outro lado, os tratamentos T9 (3,02 mm) e T5 (2,60 mm) também mostraram resultados significativos, confirmando a efetividade do esterco de ovinos e caprinos. A variação significativa no número de folhas (NF) também ocorreu entre os tratamentos (Tab. 1). Em T5, a média de folhas foi de 12,60, acompanhando de perto T8 com (12,40) e T9 (11,40). Adicionalmente os tratamentos T6; T10 e T12, apresentaram resultados estatisticamente semelhantes. Estes achados sugerem que o esterco de ovinos e caprinos são eficazes na promoção de um aumento na área foliar, que está diretamente ligado à fotossíntese e, consequentemente, ao acúmulo de biomassa (Melo *et al.*, 2021).

Em contrapartida, o tratamento T13 (solo) exibiu os valores mais baixos para todas as variáveis avaliadas: 9,64 cm de altura, 1,18 mm de diâmetro do caule e 6,80 folhas. Os resultados destacam a importância da adubação para assegurar um desenvolvimento adequado das mudas, particularmente em solos de baixa fertilidade.

Conforme Oliveira *et al.* (2018) afirmam, a falta de fertilização prejudica a disponibilidade de nutrientes no solo, limitando a expansão inicial das plantas. Em geral, as médias dos tratamentos

confirmam a superioridade dos adubos orgânicos, especialmente os derivados de esterco de ovino e caprino, no crescimento inicial das mudas de maracujá.

Esses recursos, além de favorecerem um crescimento mais acelerado, oferecem vantagens extras, como o aprimoramento das características químicas e biológicas do solo. Cunha *et al.* (2020) enfatizaram que a utilização de fertilizantes orgânicos não só favorece o desenvolvimento das plantas, como também favorece a sustentabilidade do sistema de agricultura, minimizando os efeitos no meio ambiente e a necessidade de produtos químicos.

Tabela 1 – Altura da planta (AP), Diâmetro do caule (DC), Número de folhas por planta (NFP), das mudas de maracujazeiro, aos 45 dias após a emergência. São Raimundo das Mangabeiras-MA, 2024.

Tratamento	AP (cm)	DC (mm)	NF
T1-Solo + Esterco Bovino 1:1	4,90f	1,33b	4,00e
T2-Solo + Esterco Bovino 2:1	5,8f	1,21b	4,40e
T3-Solo + Esterco Bovino 3:1	7,20ef	1,15b	5,20de
T4-Esterco Bovino	9,28ef	1,44b	6,60cde
T5-Solo + Esterco Ovino 1:1	31,52ab	2,60ab	12,60a
T6- Solo + Esterco Ovino 2:1	20,82cd	0,42b	9,20abc
T7- Solo + Esterco Ovino 3:1	22,94bcd	2,18ab	8,00bcd
T8- Esterco Ovino	35,14 ^a	3,57 ^a	12,40a
T9- Solo + Esterco Caprino 1:1	30,52abc	3,02ab	11,40ab
T10-Solo + Esterco Caprino 2:1	25,70abcd	2,30ab	9,60abc
T11- Solo + Esterco Caprino 3:1	17,28de	1,83ab	8,40bcd
T12- Esterco Caprino	23,78bcd	2,72ab	10,80ab
T13-Solo (Terra Preta)	9,64ef	1,18b	6,80cde
Média	18,81	1,92	8,4

* Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Autores, 2024.

O tratamento T8 (Esterco de Ovino) de acordo com a (Tabela 2) registrou novamente a média mais alta de MFPA (12,38 g), mas se apresenta estatisticamente igual ao T5 e T9 (Tab. 2). Este resultado indica que o esterco de ovino favorece uma maior disponibilidade de nutrientes cruciais para a biomassa aérea. Similarmente, o tratamento T5 (Solo + Esterco Ovino na proporção 1:1) também exibiu valores elevados (11,36 g), evidenciando-se como uma mistura eficaz.

Da mesma forma, o tratamento T9, de acordo com Silva *et al.* (2020) o esterco de ovino, devido à sua rápida degradação, libera nutrientes de forma eficaz, favorecendo o desenvolvimento das plantas em seus estágios iniciais. Em contrapartida, os tratamentos T1, T2 e T3, que empregaram esterco bovino, apresentaram as médias mais baixas de MFPA (0,15; 0,16; 0,16 g), sugerindo uma contribuição reduzida deste fertilizante na etapa inicial. Esses resultados estão em concordância com as descobertas de Santos *et al.* (2020), que apontaram uma liberação mais gradual de nutrientes do esterco de bovino.

Os tratamentos T5 e T9 (Solo + Esterco Ovino em proporção 1:1 e Solo + Esterco Caprino em proporção 1:1) apresentaram as médias mais elevadas de MFSR (3,85 g e 2,05 g), e são estatisticamente iguais aos tratamentos T6 e T8, sugerindo que essas combinações foram eficazes na promoção do crescimento radicular. Este resultado está ligado a uma estruturação do solo aprimorada e maior capacidade de reter umidade, promovidas por esses tipos de esterco, conforme apontado por Lima *et al.* (2022).

Os tratamentos T1 e T3, que empregam uma maior quantidade de esterco bovino, apresentaram os valores mais baixos (0,08 g e 0,06 g), indicando restrições nutricionais na formação das raízes. O tratamento T8 (Esterco de Ovino) voltou a se sobressair, exibindo o maior MSPA (1,78 g), seguido pelo tratamento T5 (1,60 g). Esses números evidenciam que o esterco de ovino não só oferece mais biomassa fresca, como também auxilia na melhoria da relação entre peso fresco e peso seco, sinalizando uma maior eficácia na transferência de nutrientes para a construção estrutural das plantas. Além disso, os tratamentos, T9 e T12, também se destacaram em médias, mas estatisticamente igual ao T8 e T5 (Tab.4). Silva (2019) destacam que a utilização de esterco de ovino potencializa o teor de nutrientes no tecido vegetal, contribuindo para um acúmulo maior de biomassa seca.

Os tratamentos T12 (Esterco de Caprino) e T9 (Solo + Esterco de Caprino na proporção de 1:1) também mostraram bons resultados (0,90 g e 1,26 g, respectivamente), evidenciando a capacidade do esterco de caprino como uma opção de adubação orgânica. Os tratamentos T5 (0,41 g) e T8 (0,33 g) mostraram os melhores resultados para MSSR, ambos contendo esterco de ovino. Essas informações destacam a eficácia deste tipo de adubo para o crescimento equilibrado tanto da parte aérea quanto das raízes. Observando também que os tratamentos, T6; T7; T8; T9; T10; T11 e T12, apresentaram resultados estatisticamente iguais (Tab. 2). Segundo Cunha *et al.* (2020), o equilíbrio entre os sistemas radicular e aéreo é crucial para uma absorção de nutrientes mais eficaz.

Tabela 2 – Massas fresca da parte aérea (MFPA), Massa fresca sistema radicular (MFSR), Massas secas da parte aérea (MSPA), Massa seca sistema radicular (MSSR), das mudas de maracujazeiro, aos 45 dias após a emergência.

TRATAMENTO	MFPA (g)	MFSR (g)	MSSR (g)	MSPA(g)
T1-Solo + Esterco Bovino 1:1	0,15d	0,08c	0,01b	0,02d
T2-Solo + Esterco Bovino 2:1	0,16d	0,17c	0,02b	0,02d
T3-Solo + Esterco Bovino 3:1	0,16d	0,06c	0,01b	0,03d
T4-Esterco Bovino	0,42d	0,25c	0,04b	0,10c
T5-Solo + Esterco Ovino 1:1	11,36ab	3,85 ^a	0,41 ^a	1,60ab
T6- Solo + Esterco Ovino 2:1	3,40cd	1,40ab	0,22ab	0,47cd
T7- Solo + Esterco Ovino 3:1	2,60cd	0,73bc	0,10ab	0,37cd
T8- Esterco Ovino	12,38 ^a	1,96ab	0,33ab	1,78a
T9- Solo + Esterco Caprino 1:1	7,86abc	2,05ab	0,28ab	1,26abc

T10-Solo + Esterco Caprino 2:1	5,14cd	0,97b	0,13ab	0,75bcd
T11- Solo + Esterco Caprino 3:1	2,44cd	0,67c	0,06ab	0,33cd
T12- Esterco Caprino	5,92bcd	1,52b	0,19ab	0,90abcd
T13-Solo (Terra Preta)	0,43d	0,18d	0,03d	0,09d
Média	3,24	1,07	0,14	0,59

* Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Fonte: Autores, 2024.

No entanto, os tratamentos T1 e T3 exibiram os valores mais baixos de MSSR (0,01; 0,03 g), confirmando a menor eficácia do esterco de bovino na estimulação da biomassa radicular em fases iniciais. Os resultados sugerem que o tipo e a quantidade de esterco usado têm um impacto direto no desenvolvimento e na biomassa das mudas de maracujá. O esterco de ovinos se sobressaiu como o recurso mais eficaz, exibindo os melhores desempenhos em todas as variáveis analisadas. Essa eficácia pode ser justificada pela mineralização acelerada de nutrientes, tais como nitrogênio, fósforo e potássio, como notado por Melo *et al.* (2021).

O desempenho do esterco de caprino também foi positivo, particularmente nos tratamentos que o combinaram com o solo (T9 e T10). Este resultado está alinhado com Oliveira *et al.* (2018), que mencionaram o potencial deste fertilizante para aprimorar as propriedades físicas do solo, como a aeração e a capacidade de reter umidade. Por outro lado, o esterco de bovinos, mesmo com resultados inferiores, ainda pode ser benéfico em sistemas de gestão a longo prazo, graças à sua habilidade de aprimorar a matéria orgânica do solo com o passar do tempo (Santos, 2020).

4 CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos, conclui-se que o uso de esterco ovino e caprino, em proporções específicas, (T5 solo+ esterco ovino 1:1 e T9 solo + esterco caprino 1:1) promoveu o melhor desempenho no desenvolvimento inicial das mudas de maracujazeiro. O tratamento que utilizou exclusivamente esterco ovino (T8) destacou-se em quase todas as variáveis analisadas, como altura da planta (35,14 cm), diâmetro do caule (3,57 mm), número de folhas (12,40), massas frescas parte aérea (12,38 g) e massa seca da parte aérea (1,78 g), evidenciando sua alta eficiência como substrato. Esses tratamentos não apenas aumentam a eficiência nutricional, mas também favorecem o desenvolvimento vigoroso e saudável das mudas, sendo uma solução viável para melhorar o desempenho em solos com baixa saturação por bases.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, F. A. *et al.* Métodos de superação de dormência e seu impacto na germinação de sementes. **Journal of Seed Science**, v. 40, n. 4, p. 456-465, 2018.

COSTA, A. F.; SILVA, R. T.; SANTOS, L. P. Efeitos da adubação orgânica no desenvolvimento inicial de frutíferas tropicais. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 16, n. 2, p. 78-89, 2021.

CUNHA, R. S.; ALMEIDA, J. T.; NUNES, A. L. Sustentabilidade no uso de adubos orgânicos: perspectivas e desafios. **Jornal de Agricultura Sustentável**, 2020.

DINIZ, A. A.; *et al.* **Qualidade pós-colheita de maracujá azedo produzido em solo com bovinos**. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-021-18452-9>. Acesso em: 05, janeiro, 2025.

EMBRAPA. **Produção de maracujá no Brasil**. IBGE. Disponível em: https://www.cnpmf.embrapa.br/Base_de_Dados/index_pdf/dados/brasil/maracuja/b1_maracuja.pdf. Acesso em: 18 dez. 2024.

FERREIRA, M. E.; BARRETTO, V. C. M.; YAGI, R. Esterco bovino e calagem para formação de mudas de guanandi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 6, p. 843-850, 2007.

LIMA, G. F.; MENDES, P. R.; CARVALHO, D. C. Avaliação do crescimento inicial de espécies frutíferas sob diferentes tipos de adubação. **Pesquisa Agropecuária e Desenvolvimento Rural**, v. 18, n. 3, p. 150-162, 2022.

LIMA, J. F.; PEIXOTO, C. P.; LEDO, C. A. S. Índices fisiológicos e crescimento inicial de mamoeiro (*Carica papaya* L.) em casa de vegetação. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 5, p. 1358-1363, 2007.

MELO, A. B.; SOUZA, C. E.; FERNANDES, G. P. Área foliar e fotossíntese: o impacto da adubação orgânica no desempenho de mudas de maracujazeiro. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 12, n. 2, p. 98-106, 2021.

OLIVEIRA, F. T.; BARROS, L. A.; CUNHA, R. S. A importância da adubação na melhoria das condições do solo para culturas perenes. **Agrociências em Perspectiva**, v. 14, n. 1, p. 22-29, 2018.

SANTOS, D. F.; ALMEIDA, J. R.; MOREIRA, C. A. Influência de diferentes fontes de esterco na fertilidade do solo e no crescimento de mudas. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 44, n. 4, p. 243-251, 2020.

SANTOS, L. P.; OLIVEIRA, J. R. Influência dos tratamentos pré-germinativos na germinação de sementes. **Revista Ciência Rural**, v. 49, n. 8, p. e20190421, 2019.

SILVA, A. *et al.* Fatores que afetam a germinação de sementes: uma revisão. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 15, n. 3, p. 123-132, 2020.

SILVA, F. C.; OLIVEIRA, R. A. Parâmetros de desenvolvimento vegetal: análise e metodologia. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 15, n. 4, p. 45-58, 2020.

SILVA, R. P.; PEIXOTO, J. R.; JUNQUEIRA, N. T. V. Influência de diversos substratos no desenvolvimento de mudas de maracujazeiro azedo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* DEG). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 23, p. 377-381, 2019.

CAPÍTULO 9

O MÉTODO DE SUPERAÇÃO DE DORMÊNCIA COM LIXA É O MAIS RECOMENDADO PARA SEMENTES DE JATOBÁ (*Hymenaea Lourbaril* L.)

Vitória Aparecida dos Santos Lima   

Instituto Federal do Maranhão, Campus São Raimundo das Mangabeiras, Brasil

Ana Carolina Carvalho Nascimento   

Instituto Federal do Maranhão, Campus São Raimundo das Mangabeiras, Brasil

Ana Carolina de Assis Dantas   

Instituto Federal do Maranhão, Campus São Raimundo das Mangabeiras, Brasil

Luis Eduardo da Silva   

Instituto Federal do Maranhão, Campus São Raimundo das Mangabeiras, Brasil

Laysa Regina Leite Alves   

Instituto Federal do Maranhão, Campus São Raimundo das Mangabeiras, Brasil

Vanessa Pereira Martins   

Instituto Federal do Maranhão, Campus São Raimundo das Mangabeiras, Brasil

Richardson Soares de Souza Melo   

Instituto Federal do Maranhão, Campus São Raimundo das Mangabeiras, Brasil

Ávila Stéfany Mota de Oliveira   

Instituto Federal do Maranhão, Campus São Raimundo das Mangabeiras, Brasil

Elias Oliveira Neto   

Instituto Federal do Maranhão, Campus São Raimundo das Mangabeiras, Brasil

Esmeralda Santos Barros   

Instituto Federal do Maranhão, Campus São Raimundo das Mangabeiras, Brasil

DOI: 10.52832/wed.169.970 

Resumo: As sementes de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) apresentam uma casca resistente e uma dormência natural que dificulta a germinação em condições inadequadas. Este estudo tem por objetivo analisar a superação da dormência nas sementes de jatobá, comparar a eficácia dos principais métodos empregados para isso e examinar o desenvolvimento da germinação segundo o método utilizado para superar a dormência. Realizado no Instituto Federal do Maranhão (IFMA), o experimento focou na comparação de técnicas para superar a dormência: escarificação mecânica utilizando lixa de parede nº 120, escarificação química com ácido sulfúrico (H_2SO_4) e um grupo controle sem tratamento. A escarificação mecânica foi a mais eficaz, com até 47,5% de taxa de germinação, enquanto o tratamento com ácido sulfúrico produziu resultados intermediários, com até 11,875% de germinação; o grupo controle não recebeu tratamento, apresentou taxas de germinação inferiores a 2,5%, evidenciando a necessidade de um método para superar a dormência das sementes de jatobá. Enfatiza-se que a escarificação mecânica se mostra como a técnica mais promissora para estimular a germinação, sendo adequada para iniciativas de reflorestamento, preservação da biodiversidade e produção comercial de mudas, fornecendo informações valiosas para futuras investigações e aplicações práticas.

Palavras-chave: Germinação. Propagação. Quebra de dormência.

1 INTRODUÇÃO

O jatobá, cujo nome científico é *Hymenaea courbaril*, faz parte de um grupo de plantas que conta com 14 variedades, com 13 delas presentes na América do Sul, América Central e ilhas do Caribe, enquanto uma é encontrada esporadicamente na região leste da África (Langenheim *et al.*, 1975). Segundo Castellen *et al.* (2005), no Brasil, o jatobá apresenta ampla distribuição, podendo ser encontrado desde a Amazônia até a Mata Atlântica, com várias subespécies como *H. courbaril* var. *altissima*, *H. courbaril* var. *courbaril*, *H. courbaril* var. *longifolia*, entre outras. Essa planta pode ser encontrada desde o México até o Brasil, sendo mais comum na região amazônica e podendo ser avistada até no estado de São Paulo. Ela vive em florestas com solo argiloso e em algumas áreas mais elevadas, sendo mais rara em ambientes abertos e capoeiras, conforme destacado por pesquisadores como Fernandes *et al.* (2006).

Conforme mencionado por Fernandes *et al.* (2006), trata-se de uma planta arbórea capaz de alcançar até 30 metros de altura, apresentando casca áspera e acinzentada, juntamente com uma copa extensa. As folhas, por sua vez, são formadas por segmentos alternados, bifoliadas, possuindo textura resistente, com formato oval ou falciforme, e superfície plana, variando de 3 a 12 cm de comprimento e 1,5 a 7 cm de largura. As flores aparecem em panículas terminais e são de cor branca. O fruto é do tipo leguminosa nucóide, de formato oblongo ou cilíndrico, indeiscente, com pericarpo rugoso, duro e áspero, variando de marrom-escuro a castanho avermelhado. As sementes, que medem entre 2 e 8 cm, são lisas, de formato obovado a elipsóide, escuras e envoltas por uma camada farinácea de cor amarelo-clara e de sabor adocicado. Em relação à colheita desses frutos, esta ocorre diretamente na árvore ou após sua queda natural, geralmente a partir de agosto. Em ambas as situações, os frutos devem ser levados para um local adequado para secagem. Após

essa etapa, os frutos são abertos para liberar as sementes, que são cobertas por uma substância farinácea presente dentro deles e que deve ser removida superficialmente (Fernandes *et al.*, 2006).

De acordo com Almeida *et al.* (1999), a redução da atividade fisiológica nas sementes de *H. courbaril* é resultado da casca impermeável, causada principalmente pela presença de uma camada de células em forma de paliçada. Essa particularidade auxilia na resistência das sementes, possibilitando sua germinação mesmo após períodos prolongados de dispersão. Contudo, segundo Lopes *et al.* (2006), é fundamental desenvolver técnicas que melhorem a germinação e o crescimento das mudas nos viveiros, acelerando e tornando mais homogêneo o desenvolvimento inicial das plantas jovens, facilitando assim o plantio no campo (Matheus *et al.*, 2010).

Para vencer a dormência causada pela casca da semente, é preciso quebrar essa barreira à entrada de água, um processo que, em condições de laboratório, é realizado por meio da escarificação. Conforme informações do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento Brasil *et al.* (2009) os principais procedimentos de escarificação incluem métodos mecânicos e químicos, destacando-se o uso do ácido sulfúrico concentrado. Mesmo com os riscos associados ao uso do ácido sulfúrico, sua eficácia e praticidade se destacam em relação à técnica de escarificação mecânica (Oliveira *et al.*, 2003).

A seleção desse assunto ocorre devido à escassez de pesquisa detalhada sobre como superar a dormência das sementes de Jatobá. Dessa forma, objetiva-se com este trabalho coleta de dados para minimizar a falta de informações precisas para a quebra de dormência das sementes de jatobá, assim fornecendo dados como: melhores métodos de quebra de dormências dessas sementes, formas mais viáveis para se conseguir melhor desempenho na realização desse trabalho, bem como buscar o máximo de informações para se obter eficácia. Em suma, estudar a quebra de dormência em sementes de jatobá é relevante para a conservação da espécie, o reflorestamento, o uso comercial, a pesquisa científica e o desenvolvimento de técnicas de propagação. Esses estudos contribuem para a preservação da biodiversidade, a recuperação de áreas degradadas e o uso sustentável dos recursos naturais.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa ocorreu no Instituto Federal do Maranhão - IFMA, campus de São Raimundo das Mangabeiras - MA, no período de setembro a dezembro de 2023. O instituto está a uma altitude de 234 metros, apresentando as coordenadas geográficas de 7° 1' 20" de latitude Sul e 45° 28' 53" de longitude. O principal bioma da região é o Cerrado, e o clima predominante é tropical seco segundo Köppen. Os frutos da árvore *Hymenaea courbaril* L. foram coletados para pesquisa nas áreas adjacentes a São Raimundo das Mangabeiras-MA (lat.: -7.043976, lng.: -45.639292) e Balsas-

MA (lat.: -7.523493, lng.: -46.010529) durante o mês de setembro. No laboratório, avaliou-se a qualidade dos frutos e das sementes, além de ser feita a extração da polpa das sementes. Em todos os experimentos realizados em um ambiente controlado dentro de uma estufa.

Foi utilizado um Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), com quatro repetições de 20 sementes para cada tratamento, com o objetivo de avaliar distintos métodos de superação da dormência (T1), sendo feita a escarificação manual com lixa de parede número 120 antes da semeadura; a lixa expõe uma lesão lateral e oposta ao hilo; T2: Tratamento químico por meio de escarificação utilizando ácido sulfúrico (H₂SO₄), em que as sementes de jatobá são submersas por um período de 10 minutos. Neste tratamento, as sementes foram emergidas em 450 mL de H₂SO₄ com concentração de 0,01 mol.L⁻¹ em um Becker mantendo a solução em constante movimentação, em seguida, as sementes foram lavadas durante 5 minutos em água corrente. T3: Sementes sem escarificação, sem imersão em ácido sulfúrico (controle). Em todos os tratamentos, as sementes foram plantadas a 2,0 cm de profundidade, na posição horizontal em copos plásticos com capacidade de 400 mL.

Preenchidos com areia lavada + substrato comercial (1:1) Carolina Soil, as mudas passaram a ser irrigadas diariamente no turno pela manhã e tarde, ocorreu a observado seu crescimento posterior com a finalidade de evidenciar o método mais eficaz para desenvolvimento e germinação das sementes de jatobá. O método de avaliação para a emergência das sementes que foi usado e o índice de velocidade de germinação (IVG), observado durante 60 dias as periódicas germinações. A avaliação da taxa de germinação foi realizada por meio da contagem das sementes que emergiram desde o primeiro até o sexagésimo dia após o início do experimento. Essa taxa é calculada pela fórmula $G = (G/N) \times 100$, sendo G o número total de sementes germinadas e N o total de sementes da amostra.

O índice de velocidade de germinação (IVG) foi obtido utilizando a fórmula de Maguire (1962), que é expressa como $IVG = G1/D1 + G2/D2 + \dots + Gn/Dn$, onde G representa a quantidade de sementes germinadas e D é o número total de dias observados. Por sua vez, o tempo médio de germinação (TMG) será calculado conforme Labouriau *et al.* (1983) pela fórmula $TMG = (\sum ni \cdot ti) / \sum ni$, onde ni é o número de sementes germinadas em cada contagem e ti é o tempo transcorrido entre o início da germinação e a última contagem realizada, com tudo o número de dias Pé emergência (NDE).

Após as germinações, foi dado prazo de 60 dias para serem transplantadas para sacos de mudas, sendo avaliados a altura e o diâmetro do colo com paquímetro para fim de informação sobre a média de altura e diâmetro delas, os valores médios foram analisados estatisticamente

utilizando o teste de Tukey, com um nível de significância de 5%, com de sistema computacional de análise estatística SISVAR.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 mostra os resultados de diversas abordagens para lidar com a dormência das sementes de *Hymenaea courbaril* L., que é uma espécie de grande relevância ecológica e econômica. Os dados mostram que o lixamento mecânico foi o método mais eficaz para acelerar a germinação e favorecer o desenvolvimento inicial das plantas, seguido pelo tratamento com ácido sulfúrico. Por outro lado, o grupo controle, que não recebeu nenhum tipo de intervenção, obteve os piores resultados em todas as variáveis avaliadas, o que destaca a dificuldade das sementes em superar a dormência sem qualquer tipo de tratamento.

Tabela 1 - Análise das médias dos métodos para superar a dormência de *Hymenaea courbaril* L. (2024).

TRATAMENTOS	NDE	DC	ALT	IVG	TMG
LIXA (T1)	9,50 c	0,40 a	26,33 b	149,04 a	21,97 c
ACIDO H2SO4 (T2)	16,50 b	0,39 b	23,05 c	140,66 b	32,00 b
CONTROLE (T3)	31,50 a	0,29 c	27,40 a	45,25 c	37,33 a
MÉD					

Legenda: NDE = Número de dias antes da emergência; DC = Diâmetro do caule em centímetros (cm); ALT = Altura da planta em cm; IVG = Índice de velocidade de germinação; TMG = Tempo médio de germinação.

Fonte: Autores, 2024.

No que se refere ao NDE, as sementes que foram tratadas com lixa apresentaram germinação em um período de 9,50 dias, enquanto as que passaram pelo ácido sulfúrico levaram 16,50 dias para brotar. Em contraste, o grupo controle mostrou um NDE significativamente superior, com 31,50 dias. Esses achados destacam a eficácia do tratamento com lixa para estimular a emergência das plântulas, apoiando pesquisas que indicam que essa abordagem melhora a absorção hídrica ao amolecer a casca rígida das sementes de espécies florestais. Em outro estudo realizado por Carvalho e Nakagawa *et al.* (2012), a escarificação mecânica também se mostrou um método eficaz para eliminar a dormência física em sementes de árvores nativas, resultando em uma germinação mais célere e uniforme.

O diâmetro do caule (DC) e a altura das plantas (ALT) são indicadores essenciais do crescimento inicial, pois estão ligados diretamente à habilidade da planta em conduzir a fotossíntese, à eficácia na circulação de nutrientes e à robustez estrutural. No grupo submetido ao tratamento com lixa, as plantas demonstram os maiores índices de diâmetro do caule (0,40 cm), com a altura (26,33 cm), sugerindo que essa abordagem, ao remover ou prejudicar parcialmente a casca da semente, favorece a absorção de água e a troca de gases, resultando em uma germinação mais rápida e robusta. Esse processo proporciona um transporte aumentativo de energia disponível

para o crescimento inicial. De acordo com Marcos-Filho *et al.* (2015), a escarificação mecânica acelera o processo de germinação ao romper a dormência física, resultando em um desenvolvimento inicial mais acelerado e vigoroso, refletindo-se no aumento da altura e da espessura do caule.

No grupo submetido ao ácido sulfúrico, os resultados mostraram medidas intermediárias com diâmetro de 0,39 cm e com altura de 23,05 cm inferior. Esse tratamento químico também foi capaz de romper o tegumento, favorecendo a absorção de água e a germinação, embora com uma eficácia inferior à da escarificação mecânica. Isso pode ser explicado pelo impacto negativo que o ácido sulfúrico exerce sobre o tegumento, possivelmente danificando as células externas da semente ou afetando parcialmente a força do crescimento, como mencionado por Bewley *et al.* (2014). O crescimento lento e o menor vigor inicial das plantas desse grupo estão diretamente ligados ao atraso na germinação, o que impacta o tempo de desenvolvimento das estruturas vegetativas e a acumulação de biomassa, conforme ressaltado por Carvalho e Nakagawa *et al.* (2012).

Em contrapartida, o grupo controle, que não recebeu qualquer tratamento para superar a dormência, apresentou o diâmetro do caule mais reduzido (0,29 cm) e a maior altura (27,40 cm). Isso pode ser atribuído à dificuldade dessas sementes em absorver água e oxigênio devido à dormência física, conforme mencionado anteriormente.

Um dos aspectos importantes para analisar a eficácia dos tratamentos é o Índice de Velocidade de Germinação (IVG). O tratamento que utilizou lixa obteve o maior IVG (149,04), seguido pelo tratamento com ácido sulfúrico (140,66), enquanto o grupo controle teve o IVG mais baixo (45,25). Esses resultados indicam que a superação da dormência, especialmente através da escarificação mecânica, promove a germinação e resulta em maior uniformidade nas plântulas.

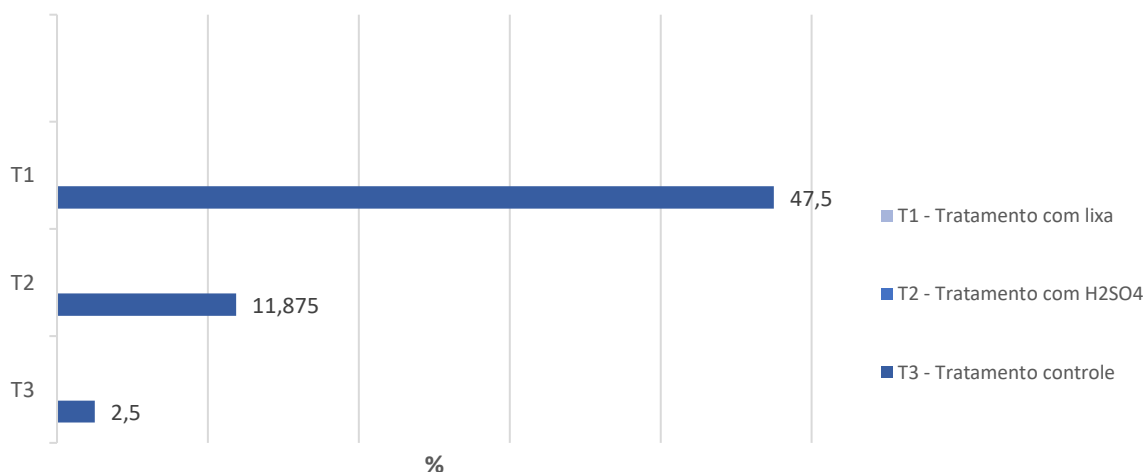
No que diz respeito ao Tempo Médio de Germinação (TMG), as sementes que passaram pelo tratamento com lixa apresentaram o menor TMG, com média de 21,97 dias, o que sugere uma germinação mais acelerada. Em contrapartida, o tratamento com ácido sulfúrico levou 32 dias para germinar, enquanto a amostra controle levou 37,33 dias. Essa tendência é compatível com Carvalho *et al.* (2003) obtiveram tempo médio de 39,73 dias e De-Carvalho *et al.* (2005) afirma que esse tempo pode chegara até 10 meses, sobre espécies com dormência física, como o jatobá, onde a escarificação mecânica facilita uma germinação mais eficaz.

A partir dos resultados encontrados, evidencia-se a importância de escolher o método adequado para superar a dormência, com o objetivo de melhorar a germinação de espécies com cascas duras. Assim, essa abordagem se evidencia como a alternativa mais eficaz para a multiplicação das sementes de *Hymenaea courbaril* L., sendo essencial para garantir uma germinação

em larga escala ou para projetos de recuperação ambiental, como o reflorestamento e a restauração de áreas degradadas. Por outro lado, a aplicação de ácido sulfúrico se configura como uma opção viável, embora seus efeitos sejam menos pronunciados, enquanto os métodos sem tratamento se mostram insuficientes para assegurar uma germinação satisfatória.

As informações dispostas no Figura 1 referentes à taxa de germinação das sementes de *Hymenaea courbaril* L. demonstram que a escarificação mecânica, feita com lixa, se mostrou o método mais eficiente para romper a dormência das sementes, levando a uma taxa de germinação que foi consideravelmente mais alta do que a obtida com os demais métodos avaliados. O tratamento T1, que utilizou escarificação mecânica, alcançou uma taxa de 47,5%, sendo a mais alta entre todos os tratamentos.

Figura 1 - Porcentagem de germinação de sementes de jatobá (*H. courbaril* L.) submetidas a diferentes métodos de superação de dormência. São Raimundo das Mangabeiras, 2023.



Legenda: T1: Tratamento com lixa (T1); T2: Tratamento com ácido sulfúrico H2SO4; T3: Tratamento controle.

Fonte: Autores, 2024.

A utilização de ácido sulfúrico como método de escarificação química, observada no tratamento T2, resultou em taxas de germinação de 11,875%, respectivamente. Embora esses resultados sejam superiores aos dos grupos de controle, foi inferior à desse procedimento em comparação com a escarificação mecânica. Isso sugere que o ácido sulfúrico pode não ser tão eficiente para sementes com cascas muito espessas e duras, como as de jatobá, em comparação à escarificação com lixa, ainda que permita um certo nível de germinação, os dados obtidos nesse trabalho se diferenciam de Busatto *et al.* (2013) que afirma os resultados alcançados e as circunstâncias em que o experimento foi conduzido, sugere-se que as sementes de jatobá sejam submetidas a uma imersão em ácido sulfúrico (H2SO4) por um período de dez minutos, a fim de facilitar a superação da dormência.

Esses achados apoiam as considerações de Carvalho e Nakagawa *et al.* (2012), que destacam a variação na resposta das sementes aos tratamentos químicos, a depender da composição do tegumento. Em contrapartida, o controle T3, que não receberam nenhum tipo de tratamento para promover a germinação, apresentaram taxas de germinação bastante baixas, com 2,5%, respectivamente. Esses dados ressaltam a dificuldade natural das sementes de jatobá para germinarem sem qualquer intervenção, evidenciando a presença de dormência física devido ao seu revestimento duro, uma característica comum entre as leguminosas. Sementes que não passam por nenhum tratamento tendem a não germinar em quantidades satisfatórias, o que torna inviável seu uso em programas de reflorestamento ou em produção comercial, a menos que haja uma estratégia eficiente para contornar a dormência.

Conforme apontado por Carvalho e Nakagawa (2012), a dormência física representa um dos maiores obstáculos à germinação em leguminosas, notadamente em espécies com casca resistente, como o jatobá. As sementes que não recebem intervenções para superar essa dormência, como escarificação ou aplicação de calor, tendem a apresentar taxas de germinação bastante baixas. Pesquisas conduzidas apoiam essa conclusão, evidenciando que a falta de tratamentos específicos resulta em índices de germinação inferiores a 5% no jatobá, devido à sua impermeabilidade.

Os resultados obtidos têm grande relevância para esforços de reflorestamento e preservação de espécies nativas, dado que a eficiência na germinação e o estado inicial das plantas são fundamentais para o crescimento e a adaptação das mudas em seu habitat natural. Técnicas eficazes para superar a dormência, como a abrasão e o uso de ácidos, podem aumentar consideravelmente as chances de sucesso em iniciativas de recuperação de ecossistemas prejudicados e em viveiros de plantas.

4 CONCLUSÃO

Os dados demonstram que a utilização de lixa se revelou o método mais eficaz para quebrar a dormência das sementes de *Hymenaea courbaril* L. Esse tratamento destacou-se por apresentar as melhores taxas de germinação, o menor tempo médio para germinação e o maior índice de velocidade de germinação (IVG). Assim, apresentará desempenho superior em projetos de reflorestamento, cultivo em larga escala e restauração ambiental. Sua aplicação em larga proporção poderá aumentar a produção de mudas de jatobá, contribuindo para a reabilitação de áreas degradadas e a conservação dessa espécie.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, M. J. B.; FERRAZ, I. D. K.; BASSINI, F. Estudos sobre a permeabilidade do tegumento e a germinação de sementes de *Hymenaea courbaril* L. (Caesalpiniaceae), uma espécie de uso múltiplo. **Revista da Universidade do Amazonas. Série: Ciências Agrárias**, v. 8, n. 1/2, p. 63-71, 1999.
- BEWLEY, J. D. **Sementes: fisiologia do desenvolvimento, germinação e dormência**. Tradução de Maria José Baptista da Luz. 2. ed. Brasília, DF: Editora UnB, 2014.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Determinação do grau de umidade**. Regras para análise de sementes. Brasília, DF: MAPA, 2009.
- BUSATTO, P. C. *et al.* Superação de dormência em sementes de jatobá, *Hymenaea courbaril* L. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n. 1, p. 22, 2013.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012. 590 p.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. v. 1. Colombo: Embrapa Florestas, 2003.
- CASTELLEN, M. S. Avaliação do estado de conservação de populações naturais de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) por meio de análises de estrutura genética e autocorrelação espacial. 2005. Tese (Doutorado em Genética) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.
- DE-CARVALHO, P. S. *et al.* Germinação e dados biométricos de *Hymenaea stigonocarpa* Mart. ex Hayne (*Leguminosae Caesalpinoideae*) – Jatobá do cerrado. **Revista Anhanguera**, v. 6, p. 101–116, 2005.
- FERNANDES, J. M. Jatobá: uso medicinal, cultivo e contribuições para a espécie. **Revista Educação Ambiental**, v. 5, n. 18, p. 1-8, 2006.
- LABOURIAU, L. G. **A germinação das sementes**. Secretaria Geral da OEA, Washington, EUA. 1983.
- LANGENHEIN, J. H. **Systematics of the genus Hymenaea L. (Leguminosae, Caesalpinioideae, Detarieae)**. Berkeley: University of California Press, 1975. 105p.
- LOPES, J. C.; DIAS, P. C.; MACEDO, C. M. P. Tratamentos para acelerar a germinação e reduzir a deterioração das sementes de *Ormosia nitida* Vog. **Revista Árvore**, v. 30, n. 2, p. 171-177, 2006.
- MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Londrina: Abrates, 2015.
- MATHEUS, M. T. *et al.* Superação da dormência em sementes de duas espécies de *Erythrina*. **Revista Caatinga**, v. 23, n. 3, p. 48-50, 2010.
- OLIVEIRA, L. M.; DAVID, A. C.; CARVALHO, M. L. M. Avaliação de métodos para quebra de dormência e para a desinfestação de sementes de canafístula (*Peltophorum dubium* Sprengel Taubert). **Revista Árvore**, v. 27, n. 5, p. 597-603, 2003.

CAPÍTULO 10

INFLUÊNCIA DO EL NIÑO E DA LA NIÑA SOBRE O BALANÇO HÍDRICO DA CULTURA DO MARACUJÁ EM ITUAÇU-BA

Erik Filipe Rezende do Carmo   

Agronomia/Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Brasil

Emerson Oliveira Lima   

Agronomia/Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Brasil

João Victor Martins de Araújo Almeida   

Agronomia/Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Brasil

Janaina Lisboa Pereira   

Agronomia/Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Brasil

Jhonattan Teles Marinho   

Agronomia/Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Brasil

Emanuela Pinto de Menezes   

Programa de pós graduação em Agronomia/Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Brasil

Marcos Ferreira Almeida   

Programa de pós graduação em Agronomia/Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia Programa de pós graduação em Agronomia/Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Brasil

Rosilene Gomes de Souza Pinheiro   

Programa de pós graduação em Agronomia/Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Brasil

Marília Alves Brito Pinto   

Programa de pós graduação em Agronomia/Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Brasil

Cristiano Tagliferre   

Departamento de Engenharia Agrícola e Solos/Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Brasil

DOI: 10.52832/wed.169.971 

Resumo: A cultura do maracujá é de grande relevância para produção de diversos insumos no mercado brasileiro. O município de Ituaçu – Bahia é o terceiro maior produtor do estado, que contribui significativamente para a posição do Brasil como maior produtor de maracujá do mundo. O presente estudo avaliou o balanço hídrico da cultura do maracujá sob diferentes condições climáticas e datas de plantio no município de Ituaçu – Bahia. Foi utilizado o modelo simplificado para elaborar o balanço hídrico, considerando os anos de 2014 a 2024 e condições edáficas locais. A demanda hídrica da cultura encontrada para o município foi de 2000mm, sendo as chuvas locais insuficientes para atendê-la. A análise permitiu afirmar que nos anos de El niño houve redução das chuvas e intensificação da demanda por água da cultura nos meses de novembro a março. Em contrapartida, a La Niña elevou as precipitações e reduziu a demanda de irrigação nos meses de agosto a dezembro. Os resultados ressaltam a importância do planejamento hídrico regional através do balanço hídrico e contribuem para o acervo de informações da região, que carece de estudos com temas semelhantes.

Palavras-chave: Recursos hídricos, Maracujazeiro, Fenômenos extremos

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor de maracujá no mundo, com a Bahia representando o estado com maior produção nacional e o município de Ituaçu o terceiro maior produtor da Bahia (IBGE, 2025). O maracujá se destaca entre as frutícolas de expressão econômica no Brasil pelas propriedades medicinais, cosméticas e propriedades organolépticas de seus frutos, tendo grande aceitação pelos consumidores (Silva *et al.*, 2023).

Em sistema de cultivo anual, a cultura do maracujá exige a suplementação de água através de irrigação localizada para viabilizar a produção precoce de frutas nos meses de maior risco de déficit hídrico (Petry *et al.*, 2022). Por ser uma cultura sensível ao déficit hídrico é necessário conhecer a disponibilidade hídrica da região para garantir a produção do maracujá, assegurando que a demanda da cultura seja suprida.

De acordo com Klaus e Timm (2019) para estudar o ciclo da água em uma cultura ou em qualquer ecossistema, é necessário considerar o balanço hídrico, que nada mais é do que a soma dos montantes de água entrando e saindo de um elemento de volume do solo em um determinado intervalo de tempo, resultando na quantidade de água restante nele.

Segundo Libardi (2005) para se obter o balanço hídrico de uma cultura é necessário, portanto, computar as entradas de água no solo via precipitação pluvial ou irrigação, a partir da sua infiltração na superfície, e via ascensão capilar e as saídas, representadas pela drenagem interna, evapotranspiração e deflúvio superficial num volume de solo, com base na configuração do sistema radicular da cultura em estudo, em determinado período. Os saldos, tanto o positivo como o negativo, serão medidos pela variação de armazenagem de água no perfil do solo no período considerado.

Como consequência do aquecimento global tem-se aumentado a frequência, intensidade e duração de eventos extremos, como ondas de calor, expansão de zonas de clima árido, períodos de secas em algumas regiões e aumento na intensidade pluviométrica numa escala global (Tibúrcio *et al.*, 2023) o que pode impactar o balanço hídrico das culturas.

Dados de precipitação, evaporação, temperatura, radiação, umidade, entre outros podem ser aplicados em diversos modelos desenvolvidos, para estimar a disponibilidade hídrica para consumo agrícola, bem como para simulação da demanda de água para a agricultura, em função de diferentes cenários e projeções climáticas (Cardoso, 2020).

Assim, objetiva-se com este trabalho quantificar a disponibilidade hídrica e a demanda de irrigação para cultura do maracujá no município de Ituaçu-BA, considerando diferentes datas de plantio e a ocorrência dos fenômenos El Niño e La Niña.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados balanços hídricos da cultura do maracujá para o município de Ituaçu e 16 datas de plantio, considerando duas datas por mês desde 15 de agosto até 30 março.

O Balanço Hídrico foi realizado no município de Ituaçu, conforme modelo simplificado por Pereira *et al.* (1997):

$$\Delta \text{ARM} = P + I - \text{ETc}$$

Onde, ΔARM é variação do armazenamento de água no solo (mm); P é precipitação (mm); I é irrigação (mm) e ETc é evapotranspiração da cultura (mm dia^{-1}).

A ΔARM foi calculada a partir da capacidade de água disponível do solo (CAD), e os valores de CAD foram determinados a partir dos dados já disponíveis na literatura (HYBRAS, 2025).

Os dados climáticos de precipitação pluvial (P) e evapotranspiração de referência (ET_0) foram obtidos das estações climatológicas convencionais cujos dados estão disponíveis gratuitamente nos portais do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) - <https://sisdagro.inmet.gov.br/sisdagro/app/monitoramento/bhc/>. Foram utilizadas séries históricas de precipitação pluvial e evapotranspiração no período de 2014 a 2024, somando 11 anos de dados.

Para o cálculo de evapotranspiração da cultura (ETc), utilizou-se o método proposto por Allen *et al.* (1998)

$$\text{ETc} = \text{ET}_0 \cdot K_c$$

Onde, ETc é a evapotranspiração da cultura (mm dia^{-1}); ET_0 é a evapotranspiração de referência (mm dia^{-1}) e K_c é o coeficiente da cultura.

Para obtenção da necessidade de irrigação foram seguidas as seguintes premissas:

Se $ARM_{i-1} + \Delta ARM < CAD_{50\%}$ e estágio Vegetativo; $ARM_{crítico}$

Se $ARM_{i-1} + \Delta ARM < CAD_{60\%}$ e estágio Reprodutivo; $ARM_{crítico}$

Se $ARM_{crítico} = \text{irrigação}$ (exceto quando houver registros de chuvas significativas nos dias subsequentes)

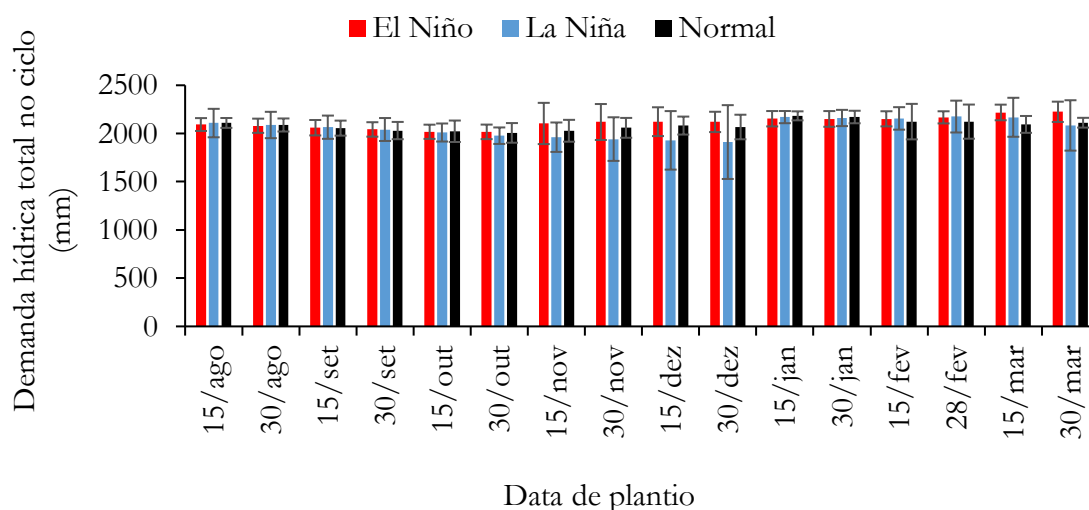
A partir dos balanços hídricos foram obtidos os dados médios de demanda da cultura, precipitação pluvial e demanda de irrigação para cada data de plantio considerando os anos de El Niño, La Niña e normalidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No município de Ituaçu, foi observada uma demanda hídrica total no ciclo da cultura em torno de 2000 mm, oscilando em função das condições climáticas estabelecidas em cada data (Figura 1). De acordo com Coelho *et al.* (2011) o maracujazeiro apresenta elevada exigência hídrica ao longo do seu ciclo, com consumo variando entre 2000 e 2700 mm por ano, dependendo das condições climáticas, do solo e do manejo adotado. Essa alta demanda por água deve-se à sua intensa atividade fisiológica e ao desenvolvimento contínuo, o que exige irrigação adequada, especialmente em regiões com distribuição irregular de chuvas.

Nos anos de El Niño, elevadas temperaturas e baixas precipitações aumentam a demanda evidenciada nos meses a partir de novembro. Em contrapartida, nos meses de agosto a dezembro, o requerimento hídrico total da cultura diminui quando ocorre a La Niña (Figura 1).

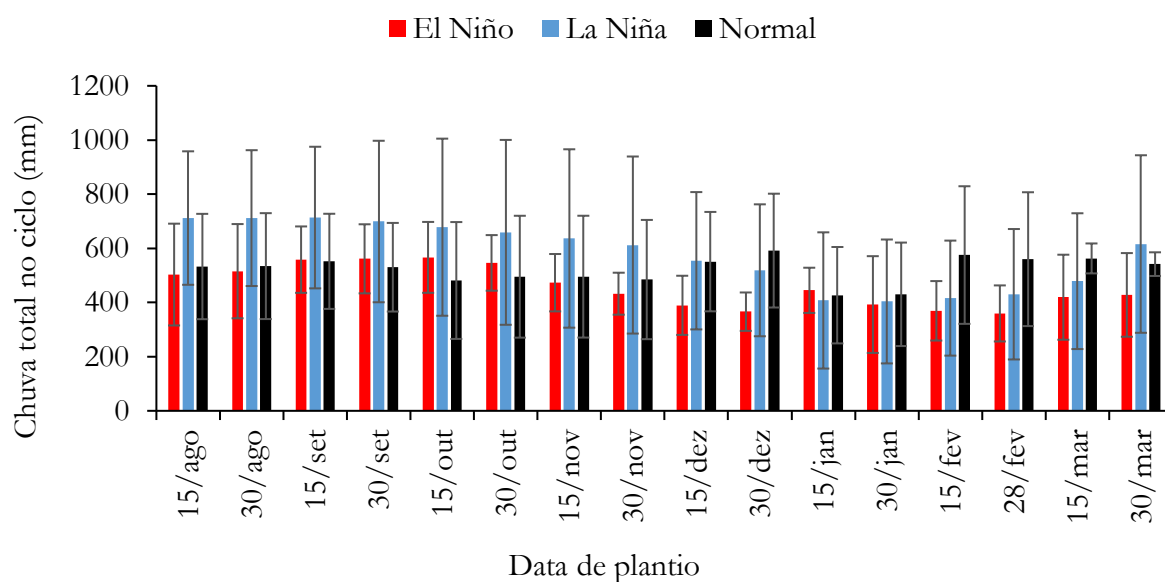
Figura 1 – Demanda hídrica total para o ciclo do maracujá para diferentes datas de plantio no município de Ituaçu, Bahia.



Fonte: Autores, 2025.

As chuvas totais mostraram-se insuficientes para o suprimento total do ciclo de cultivo de maracujá. Os valores máximos de precipitação para os anos não ultrapassam os 800 mm mesmo em períodos de ocorrência de La Niña que atua elevando a intensidade das chuvas (Figura 2).

Figura 2 – Precipitação pluvial total para o ciclo do maracujá para diferentes datas de plantio no município de Ituaçu, Bahia.

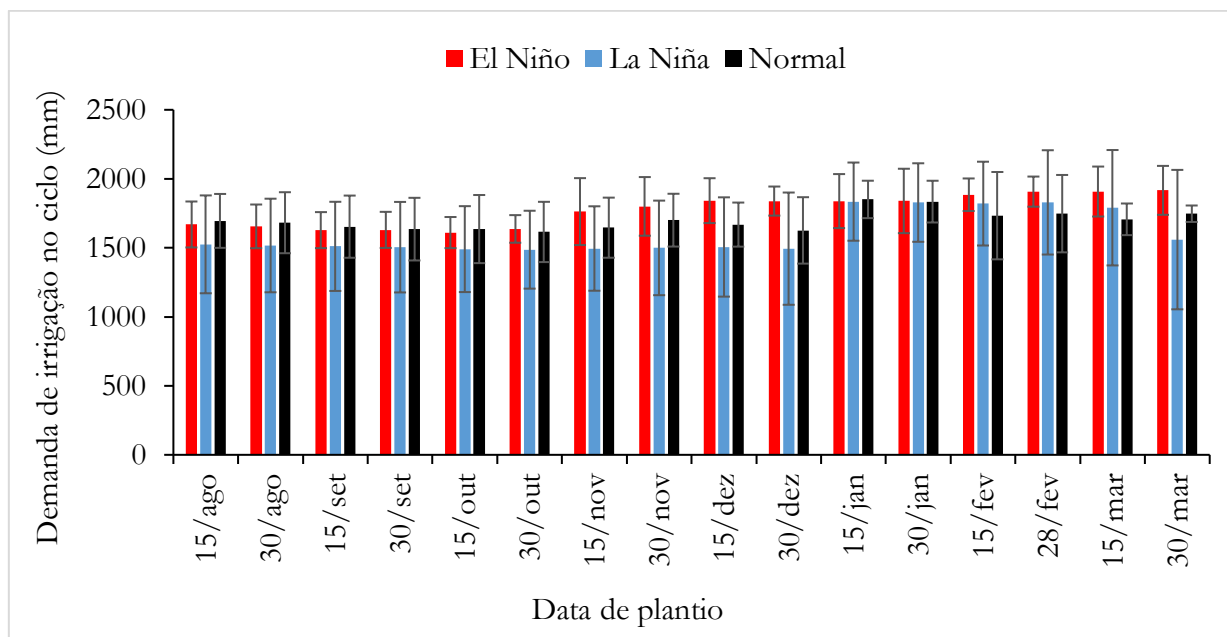


Fonte: Autores, 2025.

Foi possível perceber também uma disparidade entre as médias de chuva no ciclo de cultivo para cada um dos fenômenos (El Niño e La Niña) e anos de normalidade (Figura 2). A La Niña atuou elevando as médias de precipitação no ciclo nas datas de plantio ocorridas entre os meses de agosto e dezembro. Já o El Niño reduziu as médias de precipitação para os ciclos de cultivo, uma vez que atua dificultando a formação de períodos chuvosos, fazendo com que a disponibilidade hídrica seja ainda menor. O período de El Niño tende a apresentar chuvas mais baixas e variação menor, enquanto La Niña apresenta mais chuvas com imprevisibilidade maior. Segundo Duarte e Ribeiro (2023) a Bahia apresenta maiores médias de precipitação naqueles anos em que ocorrem a La Niña e o contrário nos eventos do El Niño.

As maiores demandas de irrigação total para o cultivo de maracujá foram constatadas em ciclos com predominância do fenômeno El Niño quando comparadas aos períodos de La Niña. Nos anos de normalidade, que não predominavam nenhum dos dois fenômenos, a demanda de irrigação se manteve estável (Figura 3).

Figura 3 – Demanda de irrigação total para o ciclo do maracujá para diferentes datas de plantio no município de Ituaçu, Bahia.



Fonte: Autores, 2025.

Percebe-se que as datas de plantio situadas entre os meses de dezembro e março, independentemente dos fenômenos climáticos, a demanda de irrigação se mostrou maior em comparação com os demais meses. Isso ocorre pois nessas datas de plantio o ciclo da cultura de projeta-se sobre os meses em que a escassez de chuvas é crítica, aumentando a necessidade de se implementar a irrigação para suprir o déficit hídrico nesses períodos.

Em estudos feitos por Oliveira *et al.* (2024) analisando as médias mensais de pluviometria em municípios do sudoeste da Bahia entre os anos de 1986 e 2017, constataram que o ano hidrológico dessa região se inicia no mês de outubro e se estende até abril, e que, entre os meses de maio e setembro a média mensal de pluviosidade é inferior a 20 mm.

Nesse cenário, o balanço hídrico permite visualizar as demandas da cultura para cada data e em cada evento climatológico extremo, permitindo um planejamento agrícola mais preciso. Dado o maracujazeiro como uma cultura sensível ao estresse hídrico, o planejamento das atividades de irrigação no município de Ituaçu é primordial visando cenários como El Niño, com altas demandas de irrigação e pela cultura.

4 CONCLUSÃO

A demanda hídrica total média para o ciclo do maracujazeiro encontrada para o município de Ituaçu, Bahia, foi de 2000 mm.

As datas de plantio nos meses de setembro a novembro apresentam condições propícias à economia de água, com menores demandas de irrigação e da cultura e maior índice total de chuva, independente da ocorrência de fenômenos extremos.

O fenômeno de El Niño intensificou a demanda de irrigação a partir do mês de novembro. Em contrapartida, a La Niña reduziu essa demanda nos meses de agosto a dezembro.

Esse estudo traz subsídio para o planejamento agrícola no município de Ituaçu, Bahia, ao identificar na janela de produção mais explorada pelos agricultores as demandas hídricas e da cultura sob diferentes datas de plantio e em diferentes fenômenos climatológicos extremos. Sob a ótica da irrigação como atividade fundamental para o sucesso no cultivo no município, o balanço hídrico fornece a base para quantificação da demanda hídrica do maracujá.

Agradecimentos

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB, a FAPESB e ao CNPq pelas bolsas de estudo.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56). Disponível em: <http://www.fao.org/3/X0490E/X0490E00.htm>. Acesso em: 15 dez. 2023.
- CARDOSO, I. P. **Impactos das mudanças climáticas sobre as demandas de água para irrigação de culturas de sequeiro na região Sul e Campanha do Rio Grande do Sul**. 2020. 195 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2020.
- COELHO, E. F.; OLIVEIRA, A. M. G.; SANTOS, J. Z. L. dos. **Irrigação do maracujazeiro**. In: SOUSA, V. F. de; MAROUELLI, W. A.; COELHO, E. F.; PINTO, J. M.; GOMES, L. A. A. (Orgs.). Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. p. 317-346.
- DUARTE, M. L.; RIBEIRO, A. Influência do El Niño e La Niña na produtividade de plantios de eucalipto em distintas regiões no Brasil. **Ciênc. Florest.**, v. 33, n. 1, p. e61334, 2023.
- HYBRAS – HYDROPHYSICAL DATABASE FOR BRAZILIAN SOILS. **Base de dados. Serviço Geológico do Brasil (SGB)**. Disponível em: <https://www.sgb.gov.br/hybras>. Acesso em: 5 maio 2025.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção agropecuária: maracujá**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/maracuja/br>. Acesso em: 5 maio 2025.

KLAUS, R.; TIMM, L. C. The water balance in agricultural and natural systems. *In*: KLAUS, R.; TIMM, L. C. (ed.). Soil, plant and atmosphere: concepts, processes and applications. **Cham: Springer**, 2019. p. 289–312.

LIBARDI, P. L. **Dinâmica da água no solo**. Piracicaba: s.n., 2005. 497 p.

OLIVEIRA, E. L. T. de. *et al.* Variabilidade da chuva e do balanço hídrico no Território de Identidade do Sudoeste da Bahia, Brasil. **Geogr. Ens. Pesqui.**, v. 28, p. e87164, 2024.

PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. **Evapo(transpi)ração**. Piracicaba: FEALQ, 1997. 183 p.

PETRY, H. B. *et al.* Necessidade de irrigação do maracujazeiro na região de Sombrio, Santa Catarina. **Agric. Catarin.**, v. 35, n. 2, p. 62–67, 2022. DOI doi.org/10.52945/rac.v35i2.1158. Disponível em: <https://doi.org/10.52945/rac.v35i2.1158>. Acesso em: 7 maio 2025.

SILVA, N. M. *et al.* Quality of yellow passion fruit as a function of irrigation, artificial pollination, and protected cultivation. **Comun. Sci.**, v. 14, e3803, 2023. DOI doi.org/10.14295/cs.v14.3803. Disponível em: <https://doi.org/10.14295/cs.v14.3803>. Acesso em: 3 maio 2025.

TIBÚRCIO, I. M. *et al.* Balanço hídrico e mudanças climáticas no semiárido pernambucano: aplicabilidade do Sistema de Unidades de Respostas Hidrológicas para Pernambuco (SUPer). **Rev. Bras. Geogr. Fís.**, v. 16, n. 3, p. 1657–1670, 2023.

CAPÍTULO 11

TORTA DE MAMONA COMO ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL NA PRODUÇÃO DE SOJA DE DUPLA FINALIDADE

Maria Gorete dos Santos Silva   

Universidade Federal do Agreste de Pernambuco, Brasil

Lucas Silva de Oliveira   

Universidade Federal do Agreste de Pernambuco, Brasil

Ionara Cristina Silva Lucena   

Universidade Federal do Agreste de Pernambuco, Brasil

Maria Camila Cordeiro da Silva   

Universidade Federal do Agreste de Pernambuco, Brasil

Adriele Alves de Oliveira   

Universidade Federal do Agreste de Pernambuco, Brasil

João Paulo Goes da Silva Borges   

Universidade Federal do Agreste de Pernambuco, Brasil

Antônio Augusto Marques Rodrigues   

Universidade Federal do Agreste de Pernambuco, Brasil

Jeandson Silva Viana   

Universidade Federal do Agreste de Pernambuco, Brasil

Edilma Pereira Gonçalves   

Universidade Federal do Agreste de Pernambuco, Brasil

DOI: 10.52832/wed.169.972 

Resumo: A torta de mamona, rica em P_2O_5 e de baixo custo, desponta como uma alternativa promissora de adubação orgânica para a cultura da soja. Objetiva-se com este trabalho avaliar o desempenho de duas cultivares convencionais de soja (Conquista e FTS 4188) submetidas a doses de torta de mamona como fonte de fósforo, associadas ou não à poda da parte aérea. O experimento foi conduzido Garanhuns-PE, utilizando quatro doses da torta (0, 50, 100 e 150% da recomendação de P_2O_5), além de um tratamento controle com adubação mineral (NPK). A cultivar FTS 4188 apresentou maior duração do ciclo (123 dias) e da antese (50 dias), enquanto a cultivar Conquista destacou-se pela maior produtividade ($780,5 \text{ g vaso}^{-1}$) e melhor resposta ao corte. A adubação influenciou significativamente variáveis como altura de planta, massa seca e teor de clorofila b. A dose de 50% de torta de mamona foi a mais eficiente para a cultivar FTS 4188, principalmente na ausência de corte. Conclui-se que a torta de mamona, na dose de 50%, apresentou desempenho agrônomo semelhante ao NPK, mostrando uma alternativa viável e sustentável para a adubação fosfatada da soja, contribuindo para a redução de custos e impactos ambientais.

Palavras-chave: Adubação orgânica. Produtividade. *Glycine max* L.

1 INTRODUÇÃO

A *Glycine max* L. é uma planta da família Fabaceae, de ciclo anual e porte ereto, vulgarmente conhecida como o “ouro do cerrado”, se destaca como uma grande potência econômica (Berto *et al.*, 2021). De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2023), o Brasil na safra 2022/2023 bateu recorde com uma produção estimada de 322,8 milhões de toneladas, resultados que colocam o país como o principal exportador de soja do mundo. De acordo com o IBGE (2025) a soja é a principal commodity do país, com previsão de chegar a 164,4 milhões de toneladas no ano de 2025.

O grão é um dos produtos agrícolas mais versáteis de uso, muito se dá principalmente pela composição da sua semente, sendo considerada uma excelente fonte de proteína (40% - 45%) e óleo (18% - 24%) (Bellaloui *et al.*, 2020). A soja também apresenta grande plasticidade fenotípica, sendo capaz de rebrotar após a retirada da parte aérea sem prejuízo à produtividade (Melo *et al.*, 2018; Viana *et al.*, 2023).

Assim, a prática de corte da parte aérea das plantas, promovendo sua rebrota e permitindo o uso da biomassa removida como fonte de alimentação animal, emerge como uma estratégia agrônoma que não só otimiza o uso da cultura, mas também contribui para a diversificação agrícola e a sustentabilidade na produção animal na região (Viana *et al.*, 2023).

Diante disso, a microrregião do Agreste Meridional de Pernambuco, importante bacia leiteira, começa a ser incluída no cenário nacional na produção de soja (Cordeiro-Junior, 2014). O interesse dessa região pela cultura se dá pela excelente aptidão da soja para a produção de ração animal e como matéria-prima pelas indústrias para a geração da torta e o próprio óleo comestível e combustível (Lemos *et al.*, 2017).

No entanto, ossolos em regiões de clima semiárido são considerados predominantemente distróficos, com baixa fertilidade natural (Silva *et al.*, 2016). Desse modo, acaba sendo indispensável a correção e a adubação para o solo. A adubação química, é a abordagem convencional para tal correção, contudo, aumenta significativamente os custos de produção. A partir do conflito entre Ucrânia e a Rússia em 2023, houve uma elevação nos preços dos insumos agrícolas, o que impactou negativamente o agronegócio brasileiro, sobretudo os pequenos produtores (Marudi *et al.*, 2022).

Com isso, os sistemas de produção orgânicos e agroecológicos podem trazer vantagens, principalmente por serem de fácil aquisição, o que resulta na redução de custos sendo uma prática que diminui os impactos ambientais de forma geral, o que leva a uma menor dependência de compra desses insumos de outros países. Dessa forma, o adubo orgânico torna-se uma alternativa importante para substituição de insumos agrícolas sintéticos (Bedin *et al.*, 2022).

De acordo com Muhie (2022), a adoção de práticas agrícolas sustentáveis contribui significativamente para a produção de alimentos com menor impacto ambiental, promovendo o bem-estar das gerações futuras e garantindo o acesso contínuo a alimentos de qualidade. Essas práticas estão alinhadas aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), especialmente à meta 12, que trata do consumo consciente e da produção responsável. O desenvolvimento deste trabalho também se relaciona diretamente com o ODS 2 – Fome Zero e Agricultura Sustentável, por contribuir para a oferta de alimentos seguros e nutritivos, além de auxiliar na erradicação da fome e na promoção da segurança alimentar, especialmente para populações em situação de vulnerabilidade (Panizzi *et al.*, 2022).

A pesquisa visa promover práticas sustentáveis de manejo, contribuindo para a redução dos custos de produção, o aproveitamento eficiente de insumos orgânicos e a minimização dos impactos ambientais, em consonância com os princípios estabelecidos pelos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Dessa forma, objetiva-se com este trabalho avaliar a adaptabilidade e a produtividade de duas cultivares convencionais de soja, com dupla aptidão (grãos e forragem), sob condições edafoclimáticas do Agreste pernambucano, utilizando a torta de mamona como adubo orgânico.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no ano agrícola (2023/2024) no município de Garanhuns-PE, situado no Agreste Meridional com coordenadas geográficas de longitude 8° 53' 27"S e latitude 36° 29' 48"W com altitude de 896 m e pluviosidade que varia entre 750 e 1000 mm anuais. O clima de Garanhuns é do tipo temperado mediterrâneo, com verões quentes e presença de chuvas no inverno (Csa), segundo a classificação de Köppen-Geiger.

O solo utilizado no experimento foi oriundo do município de São João-PE e antes do plantio da soja, foi realizada a análise química do solo da Universidade Federal do Agreste de Pernambuco. Também foram feitas análises químicas da torta de mamona, como mostrado na tabela 1.

Tabela 1 – Resultado da análise química do solo e da torta de mamona.

Análise Química do Solo									
pH	Ca	Mg	Ca+Mg	Al	H+Al	CTC	K	P	MO
(CaCl ₂)			(cmol/dm ³)					mg.dm ³	%
5,3	1,7	0,4	2,1	0	1,3	3,63	0,23	33	10
Sat. Al	Sat. Base	Ca/Mg	Ca/CTC	Mg/CTC	(H+Al)/CTC			K/CTC	
%									
0	65	4,3	47,2		11,1		36,1		6,4
Torta de Mamona									
N		P		K		Ca		Mg	
%									
7,54		3,11		0,66		0,75		0,51	

Fonte: Goes, 2023.

Após os resultados da análise química do solo e da torta de mamona, foi realizada a adubação química com K₂O para suprir a necessidade nutricional da planta referente a esse nutriente.

As mamonas foram coletadas na zona rural do município de São Bento do Una - PE e no entorno da UFAPE, colhidos ainda na coloração verde, evitando a deiscência dos frutos, em seguida secas na casa de vegetação até que se obtivesse teor de água de 8%, depois o material foi triturado no liquidificador para obtenção da torta e acondicionado em bandejas com papel para absorção do excesso de óleo.

As sementes utilizadas foram das cultivares FTS 4188 e Conquista, de ciclo médio de 130 a 135 dias e 105 a 140 dias, respectivamente, fornecidas pela Fazenda Eliane, do Estado da Bahia. Foi realizado o processo de inoculação por bactérias pertencentes ao gênero *Bradyrhizobium* responsáveis pela fixação de N em espécies leguminosas. A semeadura foi realizada em 80 vasos de polietileno divididos em quatro blocos e utilizando seis sementes por recipiente, com diferentes concentrações de torta de mamona (0, 50, 100 e 150%)

Avaliações iniciaram com percentual de emergência de plântulas (E%) considerando-se a partir da total aparição do hipocótilo acima da superfície do solo; Índice de velocidade de emergência (IVE) realizando contagem diárias com finalização ao 7º dia. Também foi contabilizada a primeira contagem de emergência (PCE). Altura da planta (Alt), mensurada da superfície do solo à extremidade da haste principal. Altura de inserção da primeira vagem (Alt.1V), mensurada a partir do solo até a inserção da primeira vagem na haste principal. Número de dias para floração (NDPF), número de dias para maturação (NDPM), dias entre o semeio e a época da colheita. Período

reprodutivo (PR) que corresponde ao número de dias entre o início do florescimento (NDF) e dias para colheita (DC).

Aos 21 dias após a semeadura foi realizado o primeiro desbaste, deixando-se as quatro plantas mais vigorosas de cada vaso. Ao alcançar 40 dias após a emergência (DAE), foi feito o corte da parte aérea das plantas para o tratamento de corte além do segundo desbaste, deixando duas plantas por recipiente. Ao observar-se que a cultura atingiu o estágio desenvolvimento R8, foi cessada a irrigação para que se iniciasse o processo de senescência e a redução do teor de água das sementes. A colheita foi dividida em duas etapas, onde a primeira foi colhida e avaliada o material da cultivar Conquista aos 117 DAP, e com seis dias de intervalo foi feita a colheita da cultivar FTS 4188 com 123 DAP. Ao fim de cada colheita, as sementes foram beneficiadas manualmente e colocadas na estufa de circulação forçada a 65 °C por 72 horas para sua completa secagem e posterior armazenamento.

O número de vagens (NV) e Número de nós (NN) contabilizadas a partir da folha unifoliolada. Clorofila A e B por meio do aparelho portátil Falker ClorofiLOG® 1030 medidas no período próximo ao meio-dia. Biomassa verde da parte aérea (Produtividade biológica) sendo os resultados convertidos em kg ha⁻¹. Biomassa seca da parte aérea, onde foram seccionadas 10 plantas a 20 centímetros do solo, pesando-as antes e submetendo-as a estufa de circulação de ar a 65 °C, pesando-se 72 horas depois, Produtividade de grãos obtida pela média de produção dos tratamentos, transformados para kg ha⁻¹.

O experimento foi distribuído em esquema fatorial triplo (2 x 4 x 2) + 1, onde o primeiro fator são as cultivares de soja, quatro doses de torta de mamona (0, 50, 100 e 150%) da concentração de P₂O₅ e K₂O na torta) e com e sem corte da parte aérea (sendo realizado a 20 cm da superfície do solo aos 40 dias após a emergência (DAE) e mais a testemunha adicional (NPK).

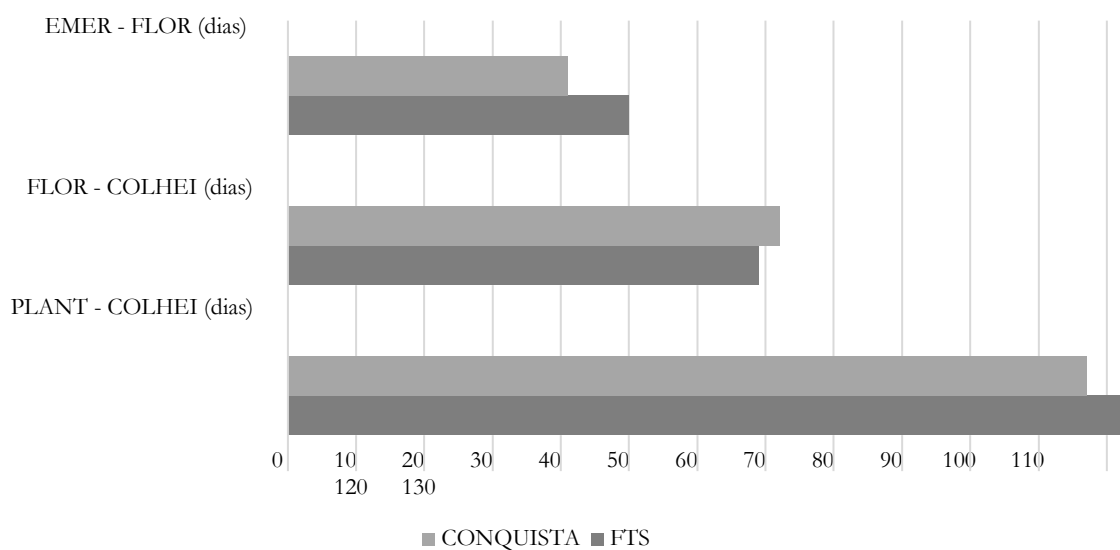
Os dados foram analisados de acordo com esquema fatorial duplo (tratamento vs dosagem), no delineamento em blocos casualizados (DBC). Todas as análises estatísticas e exploratórias foram feitas no ambiente computacional R (v.4.4.0). Os pressupostos de normalidade e homogeneidade das variâncias foram analisados pelos testes de Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente. Os dados paramétricos foram submetidos à análise de variância (ANOVA).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O número de dias para a floração (NDPF), foi diferente para as duas cultivares (Figura 1) a cultivar FTS 4188 teve uma fase vegetativa maior (50 dias) em relação a cultivar Conquista (41 dias). A avaliação dessa variável é de extrema importância para saber se a adubação influencia a

antecipação ou retardo do desenvolvimento da cultura, pois expressa a duração da fase vegetativa da planta.

Figura 1 – Comparação de intervalos fenológicos.



Fonte: Autores, 2025.

A soja é considerada uma planta de dias curtos do tipo quantitativo, apresentando sensibilidade ao fotoperíodo durante seu crescimento vegetativo até o estágio R1 (início da floração). O desenvolvimento é favorecido quando a cultivar é exposta a um número de horas de luz diária inferior a um valor crítico, condição que estimula a transição para a fase reprodutiva. Esse fotoperíodo crítico, no entanto, varia conforme a cultivar e o grupo de maturação, influenciando diretamente a adaptação da planta a diferentes regiões geográficas. (GM) (Ort *et al.*, 2022). A planta floresce quando submetida à fotoperíodos reduzidos em relação ao seu fotoperíodo crítico, dado como 10 horas/luz por dia, não havendo essa diminuição, a cultura estende o seu ciclo produtivo (Setiyono, 2017). Portanto, esse resultado sustenta as pesquisas que indicam que cultivares de soja com maior grupo de maturação tendem a apresentar um maior crescimento vegetativo, com isso, a planta consegue crescer mais (Durli *et al.*, 2020; Cassel *et al.*, 2023).

O período reprodutivo é um fator essencial para compreender a duração do ciclo da soja, a cultivar FTS 4188 teve um período reprodutivo de 69 dias, enquanto a cultivar Conquista 72 dias, aproximadamente 4,3% a mais do que a FTS 4188. As duas cultivares não tiveram o mesmo intervalo de dias para o início do florescimento, destacando-se a cultivar Conquista, que iniciou aos 40 DAE. O parâmetro que se refere ao intervalo de dias para a maturação, denominado NDPM, evidenciou a cultivar Conquista com início da maturação dos grãos aos 117 DAE. Esse parâmetro representa a duração completa do ciclo da cultura. A diferença no ciclo entre as cultivares pode ser influenciada tanto por fatores genéticos quanto ambientais. Portanto, muitos fatores que se

relacionam com a planta (cultivares) os ambientes de produção e com as tecnologias de produção interferem diretamente no desempenho das cultivares (Campagnaro *et al.*, 2025).

A adaptação de cada material genético de soja varia de acordo com a latitude da área de cultivo devido a sua sensibilidade ao fotoperíodo (Silva, 2022). Segundo Pípolo *et al.* (2015), para os estados de Alagoas, Sergipe e Nordeste da Bahia, localizados na faixa de latitude 10°, os genótipos de soja com crescimento determinado e período juvenil longo, pertencentes ao grupo de maturidade maior que oito, ou seja, materiais de ciclo médio a tardio, são uma alternativa viável para cultivos em solos de baixa fertilidade característicos dos tabuleiros costeiros dessas regiões.

Observando a Tabela 1 de análise de variância da cultivar FTS 4188, nota-se que para as variáveis de EM, IVE e PCE dadas em %, não houve diferença estatística dentro da interação (tratamento x dosagem) e nem para os fatores isolados. A variável de ALT (cm) foi significativa apenas para o F2, obtendo média geral de 19,7.

Para os pigmentos fotossintéticos, apenas para CLO.b (icp) os resultados foram significativos dentro da interação. Já a CLO a (icp) não teve diferença estatisticamente na concentração deste pigmento fotossintético, o que pode estar associada à adequação nutricional proporcionada pelas doses aplicadas, as quais provavelmente supriram de forma equilibrada as exigências da soja em relação a macro e micronutrientes essenciais. O nitrogênio e magnésio são elementos fundamentais na estrutura da molécula de clorofila, o magnésio, em específico, compõe o centro da molécula, enquanto o nitrogênio participa da formação do anel tetrapirrólico (TAIZ *et al.*, 2017). Nesse sentido, a disponibilidade adequada desses elementos pode ter garantido a estabilidade nos níveis dos pigmentos foliares, independentemente das variações nos tratamentos e dosagens, o que justifica os resultados estatísticos observados.

Tabela 2 – Resumo estatístico das variáveis relacionadas a cultivar FTS. Porcentagem de emergência Índice de velocidade de emergência (IVE), primeira contagem de emergência (PCE), Altura da planta (Alt), Clorofila A (Clo.A), Clorofila B (Clo.B), Número de nós por planta (NN), Altura da primeira vagem (Alt.1V), Número de vagens por planta (NV), Massa Fresca (MF), Massa seca (MS) e Produtividade (Prod).

Variáveis	unidades	M	DP	CV%	p (F1)	p (F2)	p (F1*F2)
EM	%	48.3	8.6	18.1	0.0645	0.5034	0.8013
IVE	%	3.6	0.7	20	0.0745	0.613	0.8025
PCE	%	0.2	0.1	75.3	0.4257	0.7962	0.951
Alt	Cm	19.7	3.3	14	0.7537	0.0085	0.1265
Clo.A	Icp	23.1	1.9	6.6	0.0602	0.0926	0.1684
Clo.B	Icp	6.6	0.9	9.8	0.0521	0.1161	0.0287
NN	unidades	9.3	2.6	11.3	0	0.0532	0.2321

Alt.1V	Cm	11.1	4.4	19.5	0	0.1451	0.4025
NV	unidades	10.5	2.2	15.4	5.00E-04	0.2077	0.2034
MF	g	42.8	11.8	24.4	1	0.0282	0.2574
MS	g	3.6	1.1	0	0	0	0
Prod	g vaso-1	565.4	226.7	19.5	0	0.1451	0.4025

M = média geral da variável, DP = desvio padrão, CV% = coef. De variação, F1= dosagem, F2=tratamento, p =probabilidade (significativa quando < 0.05, destacadas em negrito).

Fonte: Autores, 2025.

Os dados das variáveis de NN, ALT. 1V e NV não apresentaram resultados significativos para a interação tratamento x dosagem, apenas para o F1 isoladamente, as quais obtiveram médias gerais de 9,3, 11,1 cm e 10,5 respectivamente. Segundo Leite *et al.* (2016) os resultados das variáveis citadas exercem efeito favorável com elevada contribuição na determinação da produtividade de grãos via número de vagens e número de nós respectivamente.

Assim como as variáveis anteriores, a MF (g) não apresentou resultados significativos para a interação, apenas para o F2, obtendo média geral de 42,8 g. A MS da planta (g) apresentou resultados significativos em resposta a interação tratamento x dosagem e para os fatores 1 e 2 isolados. Em seus estudos para verificar a influência de adubação orgânica na cultura da rúcula, Soares (2020) observou que houve aumento médio na biomassa fresca e seca de planta de 19% e 9%, respectivamente, em comparação com a testemunha, após a incorporação de adubo orgânico no momento do plantio.

Para a produtividade, nota-se que não houve resultados significativos para a interação, apenas para o F1, alcançando esta, uma média geral de 565,4 g/vaso1. Ao empregarem torta de mamona como adubo orgânico como cobertura, Silva *et al.* (2016); Candian (2018) e Lanna (2018) observaram incrementos na produtividade de beterraba, couve-flor e abobrinha-de-moita, respectivamente. Os autores atribuíram esse resultado à alta concentração de nitrogênio na torta de mamona e à sua rápida liberação no solo. Dessa maneira, acredita-se que há inúmeros benefícios na utilização desses adubos orgânicos na agricultura.

Semelhante aos resultados da análise de variância da cultivar FTS 4188, a cultivar Conquista (Tabela 2) não apresentou resultados significativos na interação e nem nos fatores isolados para as variáveis de EM, IVE, PCE (%), ALT (cm), Clor. A, Clo. B (icp) e MF (g).

A variável de NN apresentou resposta significativa dentro da interação e para o F1 isolado tendo média geral de 7,3. De acordo com Bhuiyan *et al.* (2024) o número de nós é uma variável

altamente selecionada em programas de melhoramento genético, buscando maiores rendimentos da cultura, visto os baixos valores de fronteiras agrícolas a serem exploradas no País.

Tabela 3 – Resumo estatístico das variáveis relacionadas a cultivar Conquista. Porcentagem de emergência Índice de velocidade de emergência (IVE), Primeira contagem de emergência (PCE), Altura da planta (Alt), Clorofila A (Clo.A), Clorofila B (Clo.B), Número de nós por planta (NN), Altura da primeira vagem (Alt.1V), Número de vagens por planta (NV), Massa Fresca (MF), Massa seca (MS) e Produtividade (Prod).

Variáveis	unidades	M	DP	CV%	p (F1)	p (F2)	p (F1*F2)
EM	%	43.8	6.6	12.6	0.5224	0.0532	0.3845
IVE	%	3.3	0.6	15.8	0.5014	0.1378	0.601
PCE	%	0.2	0.1	65.7	0.5331	0.8264	0.9144
Alt	Cm	30.2	4.2	14.6	0.4504	0.4763	0.5296
Clo.A	Icp	22.6	1.8	8.6	0.4463	0.9314	0.4633
Clo.B	Icp	6.3	0.9	14.5	0.2973	0.7776	0.5505
NN	unidades	7.3	2.2	13.7	0	0.0691	0.0383
Alt.1V	Cm	15.3	4.9	19.1	0	0.0495	0.1566
NV	unidades	9.1	2.6	18.4	0.00E+00	0.1989	0.0029
MF	G	37.2	13.7	35.6	0.5118	0.2461	0.2461
MS	G	3.7	0.8	0	0	0	0
Prod	g vaso-1	780.5	247.6	19.1	0	0.0495	0.1566

M = média geral da variável, DP = desvio padrão, CV% = coef. de variação, F1= dosagem, F2= tratamento, p= probabilidade (significativa quando < 0.05, destacadas em negrito).

Fonte: Autores, 2025.

Assim como na cultivar FTS 4188, o efeito do fornecimento de fósforo à cultura da soja pode ser nitidamente percebido através da produtividade da cultura, comprovando que há uma responsividade da planta ao nutriente. Para a variável de ALT. 1V (cm), houve diferença estatística para os dois fatores isolados, excluindo a interação. Nessa situação, o valor médio alcançado foi de 15,3 cm.

Os resultados obtidos na variável número de vagens (NV) foram significativos para o Fator 1 isoladamente e para a interação tratamento x dosagem. Para os valores de produtividade, representados em g/vaso1, foi observado efeito significativo apenas sobre os fatores isolados, os quais apresentam média geral igual a 780,5.

4 CONCLUSÃO

A torta de mamona demonstrou efeitos semelhantes aos da adubação convencional sobre a produtividade final da soja. Dessa forma, pode ser empregada na agricultura para fornecimento

de P_2O_5 e outros nutrientes essenciais às plantas. A dose de 50% da exigência de P_2O_5 foi suficiente para garantir bom desempenho das cultivares testadas, com destaque para a cultivar Conquista, que apresentou maior produtividade e melhor adaptação ao manejo com corte da parte aérea. A cultivar FTS 4188, embora com ciclo mais longo, também respondeu positivamente à adubação orgânica, especialmente na ausência de corte. Os efeitos significativos sobre altura de planta, massa seca e teores de clorofila B indicam que a torta de mamona pode suprir os nutrientes essenciais ao desenvolvimento vegetal. Assim, o uso desse insumo se mostra promissor para a sojicultura de dupla finalidade no Agreste de Pernambuco, promovendo a redução nos custos de implantação da cultura.

REFERÊNCIAS

- BEDIN, F.; SILVA, V. N.; PRITSCH, E. J. P.; ZANETTI, E. J.; STECKLING, E. A. S.; SANTOS, E. Efeito de doses de adubo orgânico no desenvolvimento inicial de plantas de trigo. **Revista Ciência Agrícola**, v. 20, n. 3, p. 13-20, 2022.
- BELLALLOUI, N.; MCCLURE, A. M.; MENGISTU, A.; ABBS, H. K. The influence of agricultural practices, the environment, and cultivar differences on soybean seed protein, oil, sugars, and amino acids. **Plants**, v. 9, n. 3, p. 378, 2020.
- BHUIYAN, M. S. H.; MALEK, M. A.; EMON, R. M.; KHATUN, M. K.; KHADAKER, M. M.; ALEM, M. A. Aumento no desempenho de rendimento de genótipos de soja induzidos por mutação em condições agroecológicas variadas. **Brazilian Journal of Biology**, v. 84, p. e255235, 2022.
- CAMPAGNARO, N.; NEVES, E.; BRUM, E. V. P.; DIPPLE, F. L.; BARCELOS, A. L. H. A produtividade da soja e seu resultado associado às condições ambientais: revisão de literatura. **Revista Observatorio de La Economia Latino Americana**, v.23, n.1, p. 01-25. 2025.
- CANDIAN, J.S. **Doses e épocas de aplicação de torta de mamona na produção, características físico-químicas e teores de macronutrientes em couve-flor sob manejo orgânico**. 58 p. Tese (Doutorado). Botucatu: Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2018.
- CASSEL, J. L., ROTHER, G. M., MALDANER, B. A., LUDWIG, R. L., PIMENTA, B. D., & DOS SANTOS, D. B. Morfologia e rendimento de cultivares de soja precoces sob níveis de desfolha. **Contribuciones a Las Ciencias Sociales**, v. 17, n. 3, e5686-e5686, 2024.
- CONAB – **Companhia Nacional de Abastecimento**. Acompanhamento da Safra Brasileira. Grãos - SAFRA 2023/24 12º levantamento. Brasília, setembro 2023, v. 9, nº 1 ISSN: 23186852.
- CORDEIRO-JUNIOR, J.J.F. **Produtividade de soja com dupla finalidade e manejo de cultivo em Garanhuns-PE**. (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Garanhuns, 2014.

DURLU, M. M.; SANGOI, L.; SOUZA, C. A., LEOLATO, L.S. TUREK, T. L.; KUNESKI, H. F. Níveis de desfolha nos estádios vegetativo e reprodutivo de cultivares de soja com diferentes grupos de maturidade relativa. **Revista caatinga**, v.33, n.2, p.402-411, 2020.

IBGE –Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agro 2017**: População ocupada nos estabelecimentos agropecuários cai 8,8%. Agência de Notícias IBGE. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/>. Acesso em: 10 maio, 2025.

LANNA, N.B.L. **Composto orgânico e torta de mamona na produção e qualidade de frutos e sementes de abobrinha-de-moita**. 2018, 120 p. Tese (Doutorado). Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2018.

LEITE, W. S. *et al.* Estimativas de parâmetros genéticos, correlações e índices de seleção para seis caracteres agrônômicos em linhagens F8 de soja. **Comunicata Scientiae**, v. 7, n. 3, p. 302-310, 2016.

LEMOES, M. L. F.; GUIMARÃES, D. D.; MAIA, G. B. S.; AMARAL, G. F. Agregação de valor na cadeia da soja. **BNDES Setorial**, n. 46, p. 167–217, 2017.

SILVA, P.N.L.; LANNA, N.B.L.; CARDOSO, A.I.I. Produção de beterraba em função de doses de torta de mamona em cobertura. **Horticultura Brasileira**, v.34, p.416-421, 2016.

MARUDI, R., COLLOZZO, C., VICENTE, K. D. P. T., SANTOS, G. A. D., & GUIMARÃES, B. L. **Aumento do preço de fertilizantes no Brasil: impactos do conflito entre Rússia e Ucrânia**, 2022.

MELO, L. D. F. A. VIANA, J. S.; GONÇALVES, E. P.; MELO JÚNIOR, J. L. A.; SILVA, A. C.; SOUTO, P. C. Peanut seed yield under influence of fertilizer and biostimulant. **Australian Journal of Crop Science**, v. 12, p. 1169-1176, 2018.

ORT, N. W. W. *et al.* Photoperiod affects node appearance rate and flowering in early maturing soybean. **Plants**, v. 11, n. 7, p. 1–10, 2022.

PANIZZI M. C.C., *et al.* **Teor de óleo e proteína em genótipos de soja semeados em diferentes épocas no Rio Grande do Sul**. Embrapa Mandioca e Fruticultura, (Circular Técnica, 70), p.20, 2022.

PÍPOLO, E. A.; HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J. C.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; DEBIASI, H.; MANDARINO, J. M. G. **Teores de óleo e proteína em soja: fatores envolvidos qualidade para a indústria**. Londrina: Embrapa Soja, (Embrapa Soja. Comunicado técnico online 86), p. 14, 2015.

SETTIYONO, T. D. Understanding and modeling the effect of temperature and daylength on soyben phenology under high-yield conditions. **Fild Crops Research**, v. 100, p.257-271, 2017.

SILVA, J. P. S. D. **Produção e crescimento de genótipos de soja em área de renovação de canavial**, 2022.

SILVA, P.N.L.; LANNA, N.B.L.; CARDOSO, A.I.I. Produção de beterraba em função de doses de torta de mamona em cobertura. **Horticultura Brasileira**, v.34, p.416-421, 2016.

SOARES, K. R. M.; FERREIRA, C. C.; DA SILVA RAMOS, A.; LOBATO, A. C. N.; FRAXE, T. J. P.; DOS SANTOS PEREIRA, H.; DE CASTRO, A. Production of Arugula Under Doses of Bokashi Fermented Compound. **Journal of Agricultural Science**, 2020.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.M.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

VIANA, J. S.; OLIVEIRA, J. F.F.; GONÇALVES, E. P.; SILVA, M. **Does the use of phytostimulants and the cutting times influence the productivity of the soybean crop**, 2023.



CAPÍTULO 12

AVALIAÇÃO DA COMPACTAÇÃO DO SOLO SOB DIFERENTES CULTIVARES DE PASTAGENS COM E SEM ADUBAÇÃO

Vivelino Evangelista Ribeiro   

Instituto Federal do Maranhão/ Campus São Raimundo das Mangabeiras, Brasil

Richardson Soares de Sousa Melo   

Instituto Federal do Maranhão/ Campus São Raimundo das Mangabeiras, Brasil

Laura Evenly dos Reis Rosa   

Instituto Federal do Maranhão/ Campus São Raimundo das Mangabeiras, Brasil

Ana Carolina de Assis Dantas   

Instituto Federal do Maranhão, Campus São Raimundo das Mangabeiras, Brasil

Denis Pereira Ribeiro   

Instituto Federal do Maranhão/ Campus São Raimundo das Mangabeiras, Brasil

Lykayane Sousa Nascimento   

Instituto Federal do Maranhão/ Campus São Raimundo das Mangabeiras, Brasil

Lucineia dos Santos Ferreira   

Instituto Federal do Maranhão/ Campus São Raimundo das Mangabeiras, Brasil

Davi Longo Pinatti   

Instituto Federal do Maranhão, Campus São Raimundo das Mangabeiras, Brasil

Wesley Pereira Ribeiro   

Instituto Federal do Maranhão/ Campus São Raimundo das Mangabeiras, Brasil

Kevin Chaves de Lima Reis   

Instituto Federal do Maranhão/ Campus São Raimundo das Mangabeiras, Brasil

DOI: 10.52832/wed.169.973 

Resumo: Agropecuária está mais competitiva, gerando pressão sobre o solo podendo causar compactação que prejudica o desenvolvimento radicular das gramíneas. Porém, algumas podem ajudar na reversão desse processo. Assim, o presente estudo teve por objetivo avaliar a resistência à penetração do solo sob diferentes tipos de pastagens com e sem adubação mineral. A pesquisa foi realizada no Instituto Federal do Maranhão (IFMA)–*Campus* São Raimundo das Mangabeiras. Utilizou-se o delineamento experimental em blocos ao acaso, três blocos, cada bloco com cinco parcelas, duas parcelas com e sem adubação e quatro subparcelas para profundidade do solo. Os dados foram submetidos à ANOVA, aplicando o teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Os resultados sobre resistência mecânica do solo foram classificados de acordo com a metodologia de Soilsurvey Staff (1993). Os maiores valores de resistência à penetração foram observados nas camadas 11 a 30 cm, sendo eles acima de 2,0 Mpa o que já podem limitar o crescimento radicular de muitas culturas. A cultivar Planaltina apresentou resistência consistentemente alta, especialmente entre 11-30 cm com adubação sugere u raiz agressiva.

Palavras-chave: Gramíneas. Penetrômetro. Resistência.

1 INTRODUÇÃO

A produção de alimentos está aumentando cada vez mais gerando pressão sobre o solo. Segundo a FAO (2022) cerca de um terço do solo já apresenta algum nível de degradação, e especialistas alertam que, se esse ritmo continuar, a erosão pode causar uma redução de até 10% na produção agrícola global até 2050. Vinculado a isso, observa-se que devido ao aumento da produção é necessário se fazer mais uso de maquinários e operações agrícolas, que muitas vezes são utilizados de forma errada, acarretando a compactação do solo.

O processo de compactação acaba aumentando a densidade do solo fazendo com que ele acabe tendo menor permeabilidade e menor disponibilidade de nutrientes e água. A resistência do solo à penetração é um atributo muito utilizado para estimar a compactação, bem como para encontrar camadas do solo compactadas, por apresentar relações diretas com o desenvolvimento das plantas e por ser mais eficiente na identificação de estados de compactação comparada à densidade do solo (Cunha, 2018).

As gramíneas forrageiras dispõem de um sistema radicular do tipo fasciculado, que realiza funções primordiais para o desenvolvimento da planta como sustentação e absorção de nutriente, sendo influenciado diretamente pela disponibilidade de nutrientes e água (Gurgel, 2018). Santos (2010), acrescenta que o efeito benéfico das forrageiras pode ser potencializado com a adubação, que favorece o desenvolvimento radicular e aéreo das plantas.

No entanto, o impacto das gramíneas sobre a compactação varia com o tipo de solo, cultura e manejo. A literatura sobre o efeito das raízes forrageiras na estrutura do solo ainda é limitada, indicando a necessidade de mais estudos com diferentes espécies e condições de cultivo (STUMPF, 2015).

Visto tudo isso, o presente projeto buscou avaliar o grau de compactação do solo sob diferentes tipos de gramíneas, em parcelas adubadas e não adubadas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no Instituto Federal do Maranhão (IFMA), localizado na cidade de São Raimundo das Mangabeiras, com localização geográfica: 7°1'19.75"S e 45°28'49.95", situada a 83 km Norte Leste de Balsas, que é o maior centro nos arredores dessa cidade. O clima dessa região é classificado como Aw, ou seja, de clima tropical, segundo Köppen e Geiger. A temperatura média anual é de 26,4 °C com pluviosidade média anual de 1157 mm. O solo da área experimental do campus do IFMA em São Raimundo das Mangabeiras, foi classificado na ordem dos LATOSSOLOS (Silva, 2018).

A área experimental foi implantada em março de 2019, utilizando-se o delineamento experimental em blocos ao acaso, em três blocos e cinco tratamentos de gramíneas sendo eles: *Andropogon gayanus* cv. *Planaltina*; *Panicum maximum* cv. *Massai*; *Panicum maximum* cv. *Tanzânia*, *Panicum maximum* cv. *Aruana* e *Panicum maximum* cv. *Mombaça*. As parcelas têm dimensões de 5m por 10m, subdivididas com ausência e presença de adubação mineral.

A compactação do solo foi avaliada em 16/11/2022 usando um penetrômetro automatizado Falker (modelo PGL 2150), que mede a resistência à penetração do solo até 60 cm de profundidade, com leitura centímetro a centímetro.

As medições foram feitas em quatro camadas do solo (0–10, 11–20, 21–30 e 31–40 cm), com três repetições por subparcela. Os dados obtidos foram classificados conforme valores padrão de resistência mecânica (Tabela 1).

Tabela 1 – Classes de resistência do solo à penetração (RP).

Classe	RP (Mpa)
Extremamente baixa	<0,01
Muito baixa	0,01-0,1
Baixa	0,1-1,0
Moderada	1,0-2,0
Alta	2,0-4,0
Muito alta	4,0-8,0
Extremamente alta	> 8,0

Fonte: Adaptada de Soilsurvey Staff, 1993.

A umidade do solo foi determinada com base em 10 amostras, pesadas antes e depois de serem secas em estufa a 110 °C por 24 horas (17–18/11/2022). O cálculo foi feito pelo método gravimétrico, comparando o peso úmido e seco: $[\text{Peso úmido (g)} - \text{Peso seco (g)} / \text{Peso seco (g)}] \times 100$.

Sendo permitida a análise conjunta, o experimento foi analisado em blocos ao acaso com parcelas sub-subdivididas, tendo nas parcelas as gramíneas, nas subparcelas com e sem adubações e nas sub-subparcelas quatro profundidades. Os dados foram submetidos a ANOVA, quando a análise de variância e médias entre tratamentos não forem estatisticamente iguais, foi aplicado o teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 3, onde se observa a análise da resistência à penetração do solo, verifica-se que houve diferenças significativas entre as profundidades avaliadas. A camada de 0 a 10 cm teve os menores valores, devido à maior concentração de raízes e matéria orgânica, o que melhora a estrutura do solo. A pressão menor na primeira camada se deve a maior aeração, porosidade e macroporosidade condicionada pelo sistema radicular das gramíneas que vai de encontro com os resultados obtidos por Ralisch *et al.* (2018).

As maiores pressões ocorreram entre 11 a 30 cm, atribuídas à formação do “pé de grade”, causado por operações agrícolas anteriores. Neves Neto *et al.* (2013), em suas pesquisas perceberam que a camada de 10 cm de profundidade obteve os melhores índices físicos e químicos que a camada subsuperficial e isso muito provavelmente foi proveniente da matéria orgânica. Outro atenuante é a umidade, ao analisarmos a área experimental constatou-se que a mesma continha 5,05 % de umidade, sendo um valor relativamente baixo. Ibarra *et al.* (2005) observaram que a umidade apresenta uma relação inversa a resistência a penetração (RP), sendo que ao diminuir o teor de umidade do solo, há um aumento significativo no valor de RP.

Tabela 3 – Resistência a penetração do solo para diferentes profundidades sob diferentes tipos de pastagens.

Pastagem	Profundidade (cm)			
	0 a 10	11 a 20	21 a 30	31 a 40
Resistência à penetração (Mpa)				
Tanzânia	1,37 a	2,68 c	2,89 c	2,07 b
Mombaça	1,55 a	2,95 c	2,92 c	2,24 b
Massai	1,73 a	2,78 b	2,64 b	2,25 b
Aruana	1,75 a	3,04 b	2,87 b	2,13 a
Planaltina	2,15 a	3,38 b	2,92 b	2,21 a

*médias comparadas entre linhas

Fonte: Ribeiro, 2022.

Analizando a Tabela 4, onde mostra a resistência à penetração do solo para diferentes cultivares de gramíneas em tratamentos com e sem adubação mineral, percebe-se que na camada superficial, diferenças não significativas foram observadas entre os tratamentos com e sem adubação na camada superficial. Todos os cultivares apresentaram valores semelhantes entre os tratamentos nesta profundidade, o que indica que a adubação mineral não teve impacto expressivo na resistência à penetração do solo superficial. No entanto, a cultivar Planaltina apresentou os maiores valores médios nessa camada (acima de 2 MPa), o que pode indicar um solo mais compactado independentemente da adubação. Comparando com outros trabalhos como o de Soilsurvey Staff (1993); Pellegrini *et al.* (2016) as pressões consideradas altas vão de 2 a 4 Mpa.

Tabela 4 - Resistência a penetração do solo para diferentes cultivares de gramíneas em tratamentos com e sem adubação mineral.

Cultivares	sem adubação mineral:							
	0 a 10 cm		11 a 20 cm		21 a 30 cm		31 a 40 cm	
	Adubação							
	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem
Tanzânia	1,20 a	1,54 a	2,39 b	3,06 b	2,80 b	2,95 b	2,03 ab	2,12 a
Mombaça	1,30 a	1,80 a	2,91 bc	2,99 c	3,18 c	2,67 bc	2,34 b	2,13 ab
Massai	1,82 a	1,63 a	2,80 b	2,77 b	2,71 b	2,58 b	2,26 ab	2,24 ab
Aruana	1,64 a	1,85 a	3,28 b	2,80 b	3,22 b	2,53 b	2,05 a	2,21 b
Planaltina	2,18 a	2,11 a	3,47 b	3, 29 b	2,95 b	3,89 ab	2,27 a	2,16 a

*médias comparadas entre linhas

Fonte: Ribeiro, 2022.

Camadas Intermediárias entre 11 a 30 cm, é possível observar diferenças significativas, A Planaltina mantém os maiores valores de resistência entre 11 e 20 cm (3,47 com adubação) considerada alta RP de acordo com Soilsurvey Staff (1993). Para as camadas entre (31 a 40 cm): As diferenças entre cultivares tendem a diminuir nesta camada, com valores de resistência variando menos entre os tratamentos.

Analizando genericamente as cultivares, podemos observar que Tanzânia Baixa resistência em todas as profundidades; responde pouco à adubação, Mombaça Alta resistência com adubação entre 11-20 cm. Boa estrutura nas camadas mais profundas. Massai Relativamente estável entre os tratamentos, Aruana Maior variação entre as camadas; menor resistência com adubação a partir dos 21 cm e Planaltina Resistência consistentemente alta, especialmente entre 11-30 cm com adubação — possível indicação de solo mais compactado ou raiz agressiva.

4 CONCLUSÃO

Os maiores valores de resistência à penetração foram observados nas camadas 11 a 30 cm, sendo eles acima de 2,0 Mpa o que já podem limitar o crescimento radicular de muitas culturas.

A cultivar Planaltina apresentou resistência consistentemente alta, especialmente entre 11-30 cm com adubação sugere raiz agressiva.

REFERÊNCIAS

- CUNHA, L. R. de A. **Resistência à penetração em latossolo amarelo sob diferentes condições de uso**. 2018.
- FAO. **Solos saudáveis para as pessoas e para o planeta**: FAO pede reversão da degradação do solo. Roma/Berlim. FAO, 2022.
- GURGEL, A. L. C. *et al.* **Efeito do manejo do pasto nas características físicas do solo e no sistema radicular de gramíneas forrageiras**. 2018.
- IBARRA, S.Y.; MCKYES, E.; BROUGHTON, R.S. Measurement of tensile strength of unsaturated sandy loam soil. **Soil & Tillage Research**, v.81, p.15-23, 2005.
- NEVES NETO, D. N. *et al.* Análise espacial de atributos do solo e cobertura vegetal em diferentes condições de pastagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, p. 995-1004, 2013.
- PELLEGRINI, A.; MEINERZ, G. R.; KAISER, D. R. **Compactação do solo em sistemas intensivos de integração lavoura-pecuária leiteira**. Práticas alternativas de manejo visando a conservação do solo e da água, 2016.
- RALISCH, R.; MIRANDA, T.M.; OKUMURA, R.S.; BARBOSA, G.M.de C.; GUIMARÃES, M. de F.; SCOPEL, E.; BALBINO, L.C. Resistência à penetração de um Latossolo Vermelho-Amarelo do Cerrado sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, n.4, p.381-384, 2018.
- REICHERT, J. M.; SUZUKI, L. E. A. S.; REINERT, D. J. Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: identificação, efeitos, limites críticos e mitigação. **Tópicos em ciência do solo**, v. 5, p. 49-134, 2017.
- SANTOS, P. M; PRIMAVESI, O.; BERNARDI, A.C. de C. **Adubação de pastagens**. 2010.
- SILVA, Jânio Fernandes. **Caracterização dos solos do Instituto Federal do Maranhão, Campus São Raimundo das Mangabeiras, região sul-maranhense**. Dissertação de mestrado. Universidade Estadual Paulista –UNESP. Câmpus de Jaboicabal – SP. 2018.
- SOIL SURVEY STAFF. **Soil survey manual**. Washington, USDASCS. U.S. Gov. Print. Office, 1993. 437p. (Handbook, 18).
- STUMPF, L. **Desenvolvimento radicular de gramíneas perenes e sua eficiência na recuperação de atributos físicos de um solo construído compactado em área de mineração de carvão**. 2015.

CAPÍTULO 13

Plutella xylostella L. 1758 (LEPIDOPTERA: PLUTELLIDAE): MORFOLOGIA, IMPACTO ECONÔMICO E DESAFIOS PARA A AGRICULTURA

Isabella Maria Pompeu Monteiro Padial   
UFGD, Brasil

Silvana Aparecida de Sozua   
UFGD, Brasil

Maria Julia Lopes de Souza Sete   
UFGD, Brasil

Heloize Maia dos Santos   
UFGD, Brasil

Rosilda Mara Mussury   
UFGD, Brasil

DOI: 10.52832/wed.169.974 

Resumo: *Plutella xylostella*, conhecida como traça-das-crucíferas, é uma praga cosmopolita que afeta culturas de Brassicas, como repolho, brócolis e couve-flor. Sua alta fecundidade e resistência a inseticidas químicos tornam seu manejo desafiador, exigindo estratégias sustentáveis. O conhecimento da morfologia, ecologia e histórico de *P. xylostella* é fundamental para o desenvolvimento de estratégias mais eficazes e duradouras no controle dessa praga, nesse contexto, a revisão de informações atualizadas sobre a compreensão dessa praga como um todo é uma ferramenta poderosa. Esta revisão bibliográfica foi conduzida por meio de busca sistemática em Google Scholar e SciELO. Foram priorizados artigos publicados nos últimos 10 anos, além de estudos clássicos relevantes. A seleção seguiu critérios de inclusão que abordam morfologia, impacto econômico e resistência da praga, além de estratégias de manejo. O objetivo deste estudo é compilar e expor as informações mais recentes sobre *P. xylostella*, fornecendo uma visão atualizada sobre suas características biológicas, impactos econômicos e métodos de controle.

Palavras-chave: Resistência. Manejo sustentável. Traça-das-crucíferas. Crucíferas.

1 INTRODUÇÃO

Plutella xylostella L. 1758 (Lepidoptera: Plutellidae) é considerada a principal praga de crucíferas em nível global, causando perdas significativas na produção agrícola (Furlong *et al.*, 2013; Mason, 2022). Sua ampla distribuição geográfica e alta capacidade de adaptação a diferentes condições climáticas tornam seu manejo desafiador (Hardy, 1938; Capineira, 2002). Além disso, seu curto ciclo de vida e alta fecundidade favorecem sua rápida dispersão e colonização de novas áreas (Talekar e Shelton, 1993; Sayyed *et al.*, 2008; Machekano *et al.*, 2018). O controle dessa praga tem sido historicamente baseado no uso intensivo de inseticidas sintéticos. Entretanto, *P. xylostella* desenvolveu resistência a diversos compostos químicos, incluindo piretróides e toxinas de *Bacillus thuringiensis* (Tabashnik *et al.*, 1990; Kirsch; Schmutterer, 1988; Mason, 2022). Esse fenômeno exige a busca por estratégias alternativas, como o manejo integrado de pragas e o uso de agentes biológicos (Zalucki *et al.*, 2012).

Neste contexto, a realização de uma revisão bibliográfica se torna essencial para consolidar o conhecimento atual sobre a *P. xylostella* e seus impactos econômicos. O objetivo dessa revisão é compilar dados sobre a morfologia, ecologia, histórico e status dessa praga ao redor do mundo atualmente. Ao sistematizar as informações disponíveis, busca-se não apenas entender a magnitude do desafio que essa praga representa, mas também compreender se as técnicas empregadas convencionalmente para o manejo de *P. xylostella* são eficientes para garantir a segurança alimentar da população a longo prazo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização desta revisão bibliográfica, foi conduzida uma busca sistemática por artigos, teses, dissertações, e guias técnicos nas plataformas Google Scholar e SciELO. Os termos de busca utilizados foram "*Plutella xylostella*", "controle alternativo", "danos econômicos" e

"inseticidas botânicos", empregados de forma combinada para abranger estudos relevantes sobre os impactos econômicos da praga e os métodos alternativos de controle.

Foram selecionados artigos publicados em periódicos revisados por pares, priorizando aqueles dos últimos 10 anos para garantir a atualidade das informações. No entanto, estudos clássicos e amplamente citados, independentemente do ano de publicação, também foram considerados quando relevantes para a fundamentação teórica.

A análise dos artigos seguiu os seguintes critérios de inclusão: (i) trabalhos clássicos que descrevessem a morfologia e ecologia de *P. xylostella* (ii) estudos que abordam os danos econômicos causados por ela em diferentes culturas agrícolas; (iii) pesquisas sobre resistência de pragas ao controle químico; (iv) revisões e meta-análises que sintetizam estratégias de manejo da praga.

Foram identificados e inclusos 30 estudos, os dados extraídos das publicações selecionadas foram organizados de forma temática, de modo a estruturar a discussão.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A) MORFOLOGIA E ECOLOGIA

Plutella xylostella L. 1758 (Lepidoptera: Plutellidae), também conhecida como traça-das-crucíferas, ataca preferencialmente as Brassicas (Talekar; Shelton, 1993). A traça pode ocorrer em uma grande faixa de temperatura, assim ela possui distribuição cosmopolita e pode ser encontrada na América do Sul, América do Norte, Europa, Sudeste Asiático, Austrália e Nova Zelândia. Entretanto, ela prefere temperaturas mais elevadas para o local do seu desenvolvimento (Hardy, 1938; Capineira, 2002).

Essa é uma praga com um curto período entre gerações e alta fecundidade, facilitando sua dispersão (Talekar; Shelton, 1993; Sayyed *et al.*, 2008; Furlong *et al.*, 2013; Machekano *et al.*, 2018; Zhu *et al.*, 2018). Seu ciclo de vida é composto pelos estágios de ovo, larva, pupa e mariposa (Talekar; Shelton, 1993). Ele dura entre 25 a 30 dias, chegando a 12 gerações por ano em países do Hemisfério Sul, que possuem invernos menos rigorosos (Figura 1) (Capineira, 2002). A flutuação populacional desse inseto pode ser afetada por variáveis climáticas, como chuva temperatura e humidade relativa, contudo, esse inseto possui alta capacidade de adaptação ao meio e pode ser encontrado mesmo em locais em que suas culturas de interesse não sobrevivem durante o inverno, como o Canadá (Capineira, 2002; Eziah *et al.*, 2011; Alam *et al.*, 2016; Li *et al.*, 2016).

Os adultos consistem em microlepidópteros de coloração parda, com aproximadamente 9 mm de comprimento e 12-15 mm de envergadura (Figura 2a) (Reid; Cuthbert, 1971; Vacari *et al.*, 2008). Eles são voadores fracos e não podem avançar longas distâncias, permanecendo em torno de 2 metros acima do chão, contudo, são facilmente arrastados pelo vento (Capineira, 2002),

viajando distâncias que podem alcançar 400-500km por noite (Chapman *et al.*, 2002; Hopkinson; Soroka, 2010). As mariposas possuem hábitos noturnos e crepusculares, sendo que a cópula ocorre, quando possível, logo após a emergência e, cada fêmea pode ovipositar cerca de 200 ovos (Talekar; Shelton, 1993; Åsman *et al.*, 2001). É possível identificar o macho e a fêmea através da morfologia do último segmento do abdome, enquanto o macho possui uma “fenda”, as fêmeas possuem duas manchas circulares de tom escuro (Vacari, 2009). Esse estágio pode durar de 12 a 16 dias (Capineira, 2002), a depender das condições abióticas.

Os ovos de *P. xylostella* podem ser postos algumas horas após a cópula, caso haja hospedeiros viáveis disponíveis (Talekar; Shelton, 1993; Åsman *et al.*, 2001). Eles são achatados, medindo 0,44mm de comprimento e 0,26mm de largura (Figura 1a) (Capineira, 2002). São ovipositados individualmente ou em grupos, preferencialmente nas depressões das folhas ou próximo a nervuras e, seu desenvolvimento leva cerca de 5 dias (Talekar; Shelton, 1993; Silva; Furlong, 2012).

O corpo das larvas tem tom esverdeado e cabeça marrom/preta, além disso, ele possui cerdas delimitadas por manchas brancas. Seu corpo é segmentado e possui 5 pares de pernas, sendo que o último par possui um formato de “V” característico (Figura 1b) (Mason, 2022). O desenvolvimento desse estágio é marcado por 4 ínstar. No primeiro ínstar a larva pode ser incolor, ele dura de 4-7 dias e, ela chega a 1,7mm de comprimento com 0,16mm de cápsula encefálica. Nessa fase, ela possui comportamento minador, se alimentando do parênquima foliar e criando um efeito de “rendilhado” na planta, ao fim do primeiro ínstar, ela emerge das minas e se torna visível (Capineira, 2002).

No segundo ínstar, seu comprimento alcança 3,5mm e 0,25mm de cápsula encefálica. Larvas podem permanecer nesse ínstar de 2-7 dias, esse é o estágio em que elas começam a se alimentar vorazmente da epiderme da folha, criando marcas irregulares de dano em uma das faces, enquanto a outra, geralmente, permanece intacta, criando áreas transparentes na folha. O terceiro ínstar dura entre 2-8 dias e a larva pode crescer até 7mm de comprimento, com cápsula encefálica de 0,37mm. No quarto ínstar, ela chega a 11,2mm de comprimento e 0,61mm de cápsula encefálica. Essa fase dura de 2-10 dias, nela, as larvas passam a se alimentar da totalidade da folha, criando buracos ovais no tecido (Capineira, 2002).

No final do último ínstar, elas param de comer e começam a criar um casulo de seda, momento em que entram no estágio de pré-pupa, que pode durar até 3 dias (Golizadeh *et al.*, 2007). As pupas geralmente se formam em locais que possam promover abrigo contra inimigos, elas são do tipo obtecta, com uma coloração que muda gradualmente até atingir um tom marrom, quando

próximo da emergência. Elas possuem de 7 a 9mm e permanecem nesse estágio uma média de 8,5 dias (Castelo Branco; França, 2001; Capineira, 2002; Thuler, 2009).

B) IMPORTÂNCIA ECONÔMICA E CONTROLE ALTERNATIVO

Plutella xylostella provoca danos econômicos durante a fase larval, quando pode chegar a remover completamente o tecido vegetal, deixando apenas as nervuras. Ela é uma praga perigosa para mudas de plantas, mas pode afetar a formação da cabeça de repolho (*Brassica oleracea* var. capitata), brócolis (*Brassica oleracea* var. italica) e couve-flor (*Brassica oleracea* L. var. botrytis L.). Além disso, a sua presença no vegetal pode gerar uma rejeição do produtor, mesmo que não haja danos a cultura (Capineira, 2002).

Ela é considerada a praga mais importante de crucíferas no mundo inteiro (Furlong *et al.*, 2013) e tem sido especialmente séria no Sudeste Asiático, uma vez que esse tipo de vegetal consiste em uma parte fundamental da dieta chinesa (Mason, 2022). O último levantamento econômico sobre essa traça mostrou que o custo anual para o seu controle era estimado em U\$4-5 bilhões de dólares (Zalucki *et al.*, 2012), valor que saltou de U\$1 bilhão, no início da década de 90, acompanhando o aumento no cultivo de crucíferas e oleaginosas ao redor do mundo (Javier, 1992; Mason, 2022).

Atualmente, a base do controle desse inseto consiste, sobretudo, no uso de inseticidas, principalmente em países em desenvolvimento, localizados em regiões tropicais e subtropicais, pois a produção é dominada por pequenos agricultores. Em boa parte desses locais, os pesticidas podem ser importados de países desenvolvidos a um baixo custo, ao mesmo tempo, alguns governos também subsidiam seu uso. Junta-se isso ao fato que, nessas regiões, *P. xylostella* poder chegar a 20 gerações por ano e, torna-se possível compreender a completa dependência de pesticidas químicos para o controle dessa praga (Mason, 2022).

Esse cenário, contudo, propiciou um quadro de resistência generalizada desse inseto a inseticidas, dificultando seu controle. Em 1980, foi confirmada sua resistência a piretróides e logo depois, vários outros produtos se tornaram ineficientes, incluindo *Bacillus thuringiensis* (Kirsch; Schmutterer, 1988; Tabashnik *et al.*, 1990; Capineira, 2002; Mason, 2022). Atualmente, há mais de 1079 casos de resistência arquivados, sendo que ela é resistente a pelo menos 102 ingredientes ativos (Aprd, 2024). Alguns autores consideram que uma redução no uso de inseticidas, particularmente na eliminação de piretróides para seu manejo, pode auxiliar a reduzir a população de *P. xylostella*, retornando esse inseto a um status de praga minoritária (Capineira, 2002).

Nesse sentido, *P. xylostella* continua sendo amplamente usada como inseto modelo para pesquisas que envolvam resistência de pragas a inseticidas e, seus mecanismos de defesa continuam

sendo investigados (Banazeer *et al.*, 2021; Chen *et al.*, 2023; Shehzad *et al.*, 2023; Sun *et al.*, 2023; Xia *et al.*, 2023; Liu *et al.*, 2024). A ineficácia dos inseticidas sintéticos no controle de *P. xylostella*, aliada à rápida evolução de resistência desta praga, destaca a necessidade de explorar estratégias de controle alternativas.

4 CONCLUSÃO

P. xylostella, ou traça-das-crucíferas, é uma praga significativa que afeta culturas de crucíferas, apresentando desafios crescentes devido à resistência a inseticidas, como piretróides e *B. thuringiensis*. Com mais de 1079 casos de resistência a 102 ingredientes ativos, o controle dessa praga tem se tornado cada vez mais difícil, resultando em perdas econômicas substanciais. A compreensão da ecologia e morfologia da praga é essencial para um controle eficiente. Diante desse cenário, é vital adotar abordagens alternativas para seu controle. Além disso a pesquisa sobre os mecanismos de resistência é essencial para o desenvolvimento de novos métodos de controle mais eficazes.

Agradecimentos e financiamento

A Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), ao Programa de Pós-graduação em Entomologia e Conservação da Biodiversidade, a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e a Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul (FUNDECT).

REFERÊNCIAS

- ALAM, T., RAJU, S. V. S.; RAGHURAMAN, M.; KUMAR, K. R. Population dynamics of diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.) on cauliflower *Brassica oleracea* L. var. Botrytis in relation to weather factors of eastern uttar pradesh region. **Journal Of Experimental Zoology India**, v.19, n.1, p.289–292, 2016.
- APRD. Arthropod Pesticide Resistance Database. *Plutella xylostella*. Disponível em: <https://www.pesticideresistance.org/display.php?page=speciessearch&speciesId=571>.
- ÅSMAN K., EKBOM B., RÄMERT B. Effect of Intercropping on Oviposition and Emigration Behavior of the Leek Moth (Lepidoptera: Acrolepiidae) and the Diamondback Moth (Lepidoptera: Plutellidae). **Environmental Entomology**, v.30, n.2, p.288–294, 2001. <https://doi.org/10.1603/0046-225X-30.2.288>
- BANAZEER A.; AFZAL, M. B. S.; HASSAN, S.; IJAZ, M.; SHAD, S. A.; SERRÃO, J. E. Status of insecticide resistance in *Plutella xylostella* (Linnaeus) (Lepidoptera: Plutellidae) from 1997 to 2019: cross-resistance, genetics, biological costs, underlying mechanisms, and implications for management. **Phytoparasitica**, v.50, n.2, p.465–485, 2021. <https://doi.org/10.1007/s12600-021-00959-z>

CAPINEIRA, J. L. Diamondback Moth, *Plutella xylostella* (Linnaeus) (Insecta: Lepidoptera: Plutellidae): EENY-119/IN276. **Rev. 5/2000**, v.8, 2002. <https://doi.org/10.32473/edis-in276-2000>.

CASTELO BRANCO, M.; FRANÇA, F. H. **Histórico e impacto das introduzidas no Brasil**. Ribeirão Preto: Holos, 2001.

CHAPMAN, J. W.; REYNOLDS, D. R.; SMITH, A. D.; RILEY, J. R.; PEDGLEY, D. E.; WOIWOD, I. P. High-altitude migration of the diamondback moth *Plutella xylostella* to the U.K.: a study using radar, aerial netting and ground trapping. **Ecological Entomology**, v.27, n.6, p.641-650, 2002. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2311.2002.00472.x>

CHEN, W.; AMIR M. B.; LIAO, Y.; YU, H.; HE, W.; LU, Z. New Insights into the *Plutella xylostella* Detoxifying Enzymes: Sequence Evolution, Structural Similarity, Functional Diversity, and Application Prospects of Glucosinolate Sulfatases. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 71, n. 29, p. 10952–10969, 2023. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.3c03246>

EZIAH, V. Y.; ROSE, H. A.; WILKES, M.; CLIFT, A. D.; MANSFIELD, S. Population dynamics of the diamondback moth *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Yponomeutidae) in the Sydney region of Australia. **International Journal of Biological and Chemical Sciences**, v.4, n.4, p.1062–1082, 2011. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v4i4.63044>

FURLONG, M. J.; WRIGHT, D. J.; DOSDALL, L. M. Diamondback moth ecology and management: problems, progress, and prospects. **Annual Reviews Entomology**, v. 58, p. 517-541, 2013. <http://doi.org/10.1146/annurev-ento-120811-153605>

GOLIZADEH, A.; KAMALI, K.; FATHIPOUR, Y.; ABBASIPOUR, H. Temperature-dependent Development of Diamondback Moth, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) on Two Brassicaceous Host Plants. **Insect Science**, v.14, n.4, p.309-316, 2007. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7917.2007.00157.x>

HARDY, J. E. *Plutella maculipennis*, Curt., its natural and biological Control in England. **Bulletin of Entomological Research**, v.29, n.4, p. 343-372, 1938. <https://doi.org/10.1017/S0007485300026274>

HOPKINSON, R. F., SOROKA, J. J. Air trajectory model applied to an in-depth diagnosis of potential diamondback moth infestations on the Canadian Prairies. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.150, n.1, p.1-11, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2009.07.015>

JAVIER, E. Q. Diamondback moth and other crucifer pests. In: 2nd international workshop, 1990, Taiwan. **Anais [...]**. Taiwan: The World Vegetable Center's Present and Future, 1992. Trabalho 16833. Disponível em: <https://worldveg.tind.io/record/16833?v=pdf>. Acesso em: 10 jan. 2025.

KIRSCH, K., SCHMUTTERER, H. Low efficacy of a *Bacillus thuringiensis* (Berl.) formulation in controlling the diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.), in the Philippines. **Journal of Applied Entomology**, v.105, n.3, p.249-255, 1988. [10.1111/j.1439-0418.1988.tb00183.x](https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.1988.tb00183.x)

LI, Z.; FENG, X.; LIU, S.-S.; YOU, M.; FURLONG, M. J. Biology, ecology, and management of the diamondback moth in China. **Annual Review of Entomology**, v.61, n.1, p.277–296, 2016. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-010715-023622>

LIU, J. TIAN, Z.; LI, R.; NI, S.; SUN, H.; YIN, F.; LI, Z.; ZHANG, Y.; LI, Y. Key Contributions of the Overexpressed *Plutella xylostella* Sigma Glutathione S-Transferase 1 Gene (*PxGST1*) in the Resistance Evolution to Multiple Insecticides. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 72, n. 5, p. 2560–2572, 2024. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.3c09458>

MACHEKANO, H., MVUMI, B. M.; NYAMUKONDIWA, C. Loss of coevolved basal and plastic responses to temperature may underlie trophic level host-parasitoid interactions under global change. **Biological Control**, v.118, p.44–54, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2017.12.005>

MASON, P. *Plutella xylostella* (diamondback moth). **CABI Compendium**, v. CABI Compendium. 2022. Disponível em: <https://www.cabi.org/cpc/datasheet/42318>. Acesso em: Acessado em: 10 jan. 2025.

REID, W. J.; CUTHBERT, F. P. **Control of caterpillars on commercial cabbage and other cole crops in the south**. Disponível em: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/19650303340>

SAYYED, A. H.; SAEED, S.; NOOR-UI-ANE, M.; CRICKMORE, N. Genetic, biochemical, and physiological characterization of spinosad resistance in *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). **Journal of Economic Entomology**, v.101, n.5, 1658–1666, 2008. [https://doi.org/110.1603/0022-0493\(2008\)101\[1658:gbapco\]2.0.co;2](https://doi.org/110.1603/0022-0493(2008)101[1658:gbapco]2.0.co;2)

SHEHZAD, M.; BODLAH, I.; SIDDIQUI, J. A.; BODLAH, M. A.; FAREEN, G. A.; ISLAM, W. Recent insights into pesticide resistance mechanisms in *Plutella xylostella* and possible management strategies. **Environmental Science and Pollution Research**, v.30, p.95296–9531, 2023. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-29271-5>

SILVA, R., FURLONG, M. J. Diamondback Moth Oviposition: Effects of Host Plant and Herbivory. **Entomologia Experimentalis Et Applicata**, v.143, n.3, p.218-30, 2012. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.2012.01255.x>

SUN, X.; HUA, W.; WANG, K.; SONG, J.; ZHU, B.; GAO, X.; LIANG, P. A novel V263I mutation in the glutamate-gated chloride channel of *Plutella xylostella* (L.) confers a high level of resistance to abamectin. **International Journal of Biological Macromolecules**, v.230, p.123389–123389, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.123389>

TABASHNIK, B. E.; CUSHING, N. L.; FINSON, N.; JOHNSON, M. W. Field development of resistance to *Bacillus thuringiensis* in diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae). **Journal of Economic Entomology**, v.84, p.49-55, 1990. <https://doi.org/10.1093/jee/83.5.1671>

TALEKAR, N. S.; SHELTON, A. M. Biology, ecology, and management of the diamondback moth. **Annual Review of Entomology**, v.38, n.1, p.275-301, 1993.

THULER, R. T. **Criação de insetos: da base à biofábrica**. Jaboticabal: Edição própria, 2009. VACARI, A. M. **Caracterização biológico-comportamental de *Podisus nigrispinus* (DALLAS, 1851) predando *Plutella xylostella* (L., 1758)**. 2009. Tese. Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2009.

VACARI, A. M.; VOLPE, H.; GOULART, R. M.; VIANA, C. L. T. P.; BENVENGA, S. R.; CARVALHO, J. S.; THULER, R. T.; BORTOLI, S. Integração de métodos de controle de

pragas em hortaliças: experiência prévia para uma aplicação segura. *In*: Araújo, E. S. **Tópicos em entomologia agrícola**. Ribeirão Preto: Maxicolor Gráfica e Editora, 2008.

XIA, X.; WANG, Q.; GURR, G. M.; VASSEUR, L.; HAN, S.; YOU, M. Gut bacteria mediated adaptation of diamondback moth, *Plutella xylostella*, to secondary metabolites of host plants. **MSystems**, v.8, n.6, 2023. <https://doi.org/10.1128/msystems.00826-23>

ZALUCKI, M. P.; SHABBIR, A.; SILVA, R.; ADAMSON, D.; SHU-SHENG, L.; FURLONG, M. J. Estimating the economic cost of one of the world's major insect pests, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae): just how long is a piece of string? **Journal of Economic Entomology**, v.105, n.4, p.1115-1129, 2012. <https://10.1603/EC12107>

ZHU, L.; Li, Z.; ZHANG, S.; XU, B.; ZHANG, Y.; ZALUCKI, M. P.; WU, Q.; YIN, X. Population dynamics of diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.) in northern China: The effect of migration, cropping patterns and climate. **Pest Management Science**, v.74, n.8, p.1845–1853, 2018. <https://doi.org/10.1002/ps.4885>

CAPÍTULO 14

DINÂMICA DA VITICULTURA NO AGRESTE PARAIBANO: ANÁLISE DE PRODUÇÃO E INDICADORES ECONÔMICOS (2010-2023)

Djair Alves da Mata   

Doutorando em Agronomia, Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Areia-PB, Brasil

Francisco Gledson da Silva   

Doutorando em Agronomia, Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Areia-PB, Brasil

Thayná Kelly Formiga de Medeiros   

Doutoranda em Agronomia, Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Areia-PB, Brasil

Valdeir de Souza Oliveira   

Doutor em Agronomia, Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Areia-PB, Brasil

Mirelly Miguel Porcino   

Doutora em Agronomia, Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Areia-PB, Brasil

Alison Batista da Silva   

Graduado em Agroecologia, Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), Lagoa Seca-PB, Brasil

Camila Vieira de Sousa Gurjão   

Pós-Graduação em Arte e Tecnologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Brasil

Rossino Ramos de Almeida   

Mestre em Gestão em Sistemas Agroindustriais, Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Pombal-PB, Brasil

Aline Carla de Medeiros   

D. Sc. em Engenharia de Processos, Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campina Grande-PB, Brasil

Patricio Borges Maracaja   

D. Sc. pela Universidade de Cordoba – Espanha (UCO)

DOI: 10.52832/wed.169.975 

Resumo: O presente estudo analisa a dinâmica da viticultura no Agreste Paraibano entre 2010 e 2023, com foco em indicadores de produção e econômicos: área plantada, quantidade produzida, rendimento e valor da produção. Os dados foram obtidos do SIDRA/IBGE (2025) e analisados por meio de estatísticas descritivas, correlações (Pearson, Spearman, Kendall), regressões linear e polinomial, análise de componentes principais (PCA) e visualizações gráficas. Os resultados indicaram forte dependência entre área colhida e produção ($r = 1,00$), confirmada pela regressão linear ($R^2 = 0,977$), evidenciando o predomínio de um crescimento extensivo. O rendimento médio apresentou baixa variabilidade ($CV = 5,06\%$), apontando estabilidade na produtividade por hectare. Por outro lado, o valor da produção mostrou alta volatilidade ($CV = 30,40\%$), associada a oscilações de mercado e preços. A PCA reforçou a centralidade da área colhida e da quantidade produzida como principais eixos de variabilidade, com destaque para o ano de 2014, que apresentou picos em todos os indicadores. Conclui-se que o crescimento do setor vitícola regional depende da expansão da área cultivada, mas requer políticas públicas voltadas à adoção de tecnologias e à mitigação da volatilidade econômica para garantir sua sustentabilidade e competitividade.

Palavras-chave: Agricultura semiárida. Indicadores produtivos. Regressão linear. Sustentabilidade agrícola. Vitivinicultura regional.

1 INTRODUÇÃO

A viticultura no Agreste Paraibano constitui uma atividade agrícola de crescente relevância econômica e social, inserida em um contexto de condições ambientais desafiadoras e dinâmicas de mercado voláteis. A região, marcada por solos semiáridos e clima tropical com períodos de seca, destaca-se pela adaptação de cultivares de uva que suportam tais condições, contribuindo para o fortalecimento da economia local (Gepts, 2023; Keller, 2023; Pastore *et al.*, 2023). A produção de uvas no Agreste da Paraíba, embora ainda em desenvolvimento frente a polos tradicionais do Sul do Brasil, ganha espaço pelo potencial de geração de renda e pela diversificação agrícola em áreas rurais com alternativas econômicas limitadas (Agreste, 2022; Basso *et al.*, 2024; Santos *et al.*, 2025).

O cultivo da uva (*Vitis vinifera* L.) no Nordeste brasileiro, especialmente no Agreste Paraibano, é impulsionado pela crescente demanda por produtos agrícolas de qualidade e pelo avanço de técnicas de manejo que viabilizam maior produtividade em condições adversas (Andrade, 2018). Práticas como irrigação controlada e seleção de variedades resistentes têm permitido a expansão da viticultura em ambientes de baixa pluviosidade (Sousa *et al.*, 2021). Contudo, o setor enfrenta desafios como a volatilidade dos preços de mercado, os impactos climáticos sazonais e a necessidade de investimentos em tecnologia e infraestrutura para ampliar sua competitividade (Embrapa, 2018).

Este estudo tem como objetivo analisar a dinâmica da viticultura no Agreste Paraibano no período de 2010 a 2023, com foco na avaliação de indicadores de produção e econômicos, incluindo área plantada, quantidade produzida, rendimento médio e valor da produção. A pesquisa busca identificar padrões de crescimento, variabilidade e relações entre essas variáveis, fornecendo subsídios para o desenvolvimento de políticas públicas e estratégias que promovam a

sustentabilidade e a competitividade do setor vitivinícola regional (Polita; Madureira, 2022; Trindade *et al.*, 2022).

2 MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo analisou a cultura da uva no Agreste Paraibano entre 2010 e 2023, com base em informações obtidas em 2025 por meio do Sistema IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) de Recuperação Automática (SIDRA), abordando variáveis como área plantada e colhida, produção, rendimento médio e valor da produção anual. Os dados foram organizados e tratados no RStudio para análise estatística, com aplicação inicial de estatísticas descritivas (médias, desvios padrão e coeficientes de variação) e cálculo das taxas de crescimento anual da área colhida, produção e valor da produção. As correlações entre variáveis foram avaliadas pelos métodos de Pearson, Spearman e Kendall, representadas em mapas de calor, e a Análise de Componentes Principais (PCA) foi utilizada para identificar os principais eixos de variabilidade. Além disso, foram ajustados modelos de regressão linear e polinomial de segundo grau entre produção e área colhida, com estimativa dos coeficientes, verificação do ajuste e apresentação gráfica das equações. A análise gráfica integrou visualizações temporais, comparações anuais, relações entre variáveis e variações percentuais, oferecendo uma compreensão ampla e articulada dos dados.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise da produção de uva no Agreste Paraibano entre 2010 e 2023 revelou oscilações significativas nas principais variáveis produtivas e econômicas. A área plantada e colhida, que permaneceram iguais ao longo do período, apresentaram média de 122 ha, com desvio padrão de 28,77 ha e coeficiente de variação de 23,58%, refletindo certa instabilidade no uso da terra, possivelmente influenciada por decisões de investimento dos produtores. A quantidade produzida mostrou elevada variação (CV de 26,42%), com média de 2.360,71 t, indicando sensibilidade a fatores como clima e manejo (Medeiros *et al.*, 2014; Rombaldi *et al.*, 2004).

O rendimento médio foi relativamente estável (19.257,21 kg/ha e CV de 5,06%), sugerindo uso consistente de tecnologias e práticas agronômicas (Hein *et al.*, 2021; Angolito *et al.*, 2024). Já o valor da produção foi o mais volátil (média de R\$ 6.635,36 mil; CV de 30,40%), refletindo oscilações de mercado e preços de insumos (Cyr *et al.*, 2023). As variações anuais reforçam essa instabilidade: a área colhida variou de -27,78% a 98,04%; a produção, de -32,24% a 119,70%; e o valor da produção, de -32,27% a 128,70%. Esses resultados destacam a vulnerabilidade do setor vitivinícola regional a fatores externos e evidenciam a necessidade de estratégias públicas e privadas que promovam maior estabilidade e resiliência produtiva (Markovic *et al.*, 2025).

A matriz de correlação (Figura 1) aponta relações de forte magnitude entre as variáveis de produção. O Valor da Produção está fortemente correlacionado com a Quantidade (0,98) e a Área Plantada/Colhida (0,87). A relação entre Rendimento e Quantidade é moderada (0,46), enquanto a correlação entre Rendimento e Valor da Produção é de 0,55.

Figura 1 – Panorama da Vitivinicultura: Desempenho e Flutuações da Produção de Uva (2010-2023).



Fonte: Adaptado de SIDRA-IBGE, 2025.

A análise das correlações revela que a expansão da área cultivada é o principal motor do crescimento da produção e da receita na viticultura do Agreste Paraibano, evidenciada pela forte associação entre Área Plantada, Quantidade Produzida e Valor da Produção. Isso indica um crescimento predominantemente extensivo, com menor ênfase no aumento da produtividade por hectare. A correlação moderada entre Rendimento e as demais variáveis reforça essa interpretação, embora a relação de 0,55 entre Rendimento e Valor da Produção demonstre que ganhos de produtividade ainda contribuem significativamente para a receita. A alta volatilidade observada no Valor da Produção resulta da interação entre oscilações na produção e variações de preço, expondo os produtores a riscos de mercado relevantes (Souza Junior *et al.*, 2019; Carvalho *et al.*, 2020).

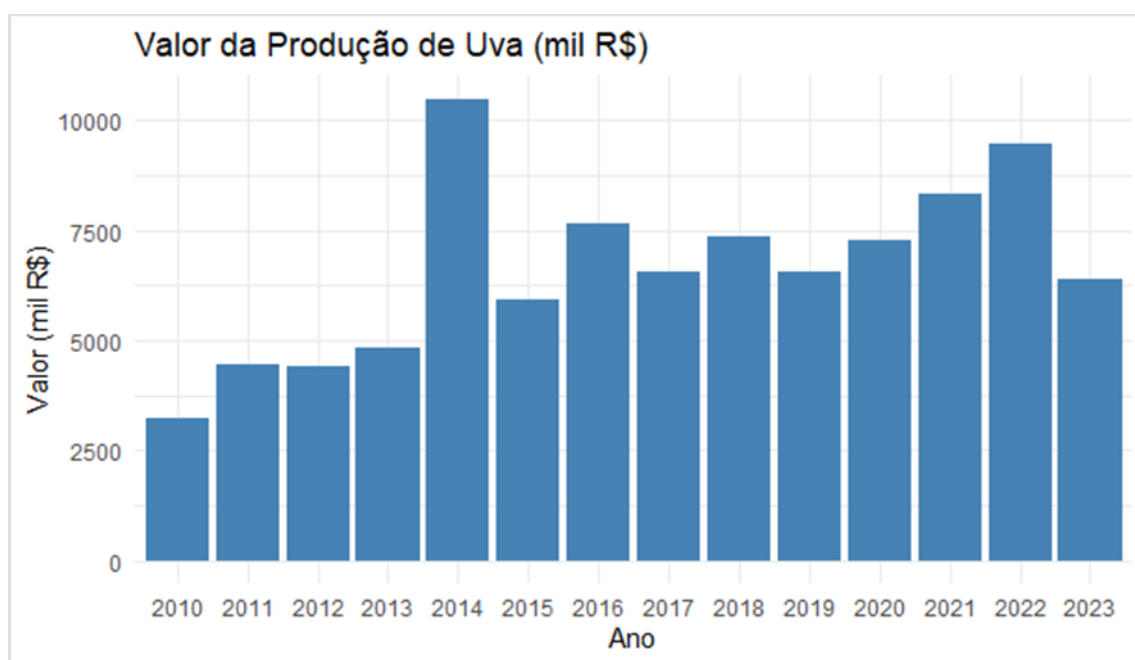
A instabilidade no Crescimento da Área Colhida, por sua vez, reflete decisões dos produtores em resposta a condições climáticas e expectativas de mercado, alternando entre expansão em anos favoráveis e retração em períodos adversos (Estêvão, 2019; Flores *et al.*, 2024). Esses achados são fundamentais para orientar políticas que promovam um desenvolvimento mais

sustentável, combinando expansão planejada com inovações que elevem a produtividade de forma estável.

A relação entre a área cultivada e a produção total é um indicador fundamental do desenvolvimento do setor. A evolução da área colhida (ha) e da produção (t) de uva no Agreste da Paraíba entre 2010 e 2023, evidencia uma forte correlação entre essas variáveis. Observa-se um aumento expressivo entre 2010 e 2014, com picos de 202 ha e 4.036 t em 2014, seguido por estabilização entre 2015 e 2022 (média de 129 ha e 2.601 t) e declínio em 2023 (80 ha e 1.600 t). Essa trajetória sugere influência de fatores como condições de mercado ou variáveis climáticas, impactando a expansão e retração da viticultura (Dantas, 2023; Sousa et al., 2023). A sincronia entre as curvas reforça a dependência da produção total em relação à área cultivada ($r = 1,00$, $p < 0,01$).

Já em relação ao valor da produção (mil R\$), a figura (2) destaca flutuações significativas ao longo do período, com pico em 2014 (R\$ 10.490 mil) e redução em 2023 (R\$ 6.400 mil). A variabilidade (coeficiente de variação de 30,40%) reflete a sensibilidade do setor a fatores econômicos, como preços de mercado e custos de produção (Gruppelli et al., 2008; Aguiar et al., 2022). O aumento do valor em anos de maior produção (e.g., 2014) indica que a escala produtiva é um determinante chave do retorno financeiro, embora a queda em 2023 sugira desafios recentes, possivelmente relacionados à redução da área colhida.

Figura 2 – O Pulsar Econômico da Uva: Valor da Produção no Agreste da Paraíba (2010-2023)

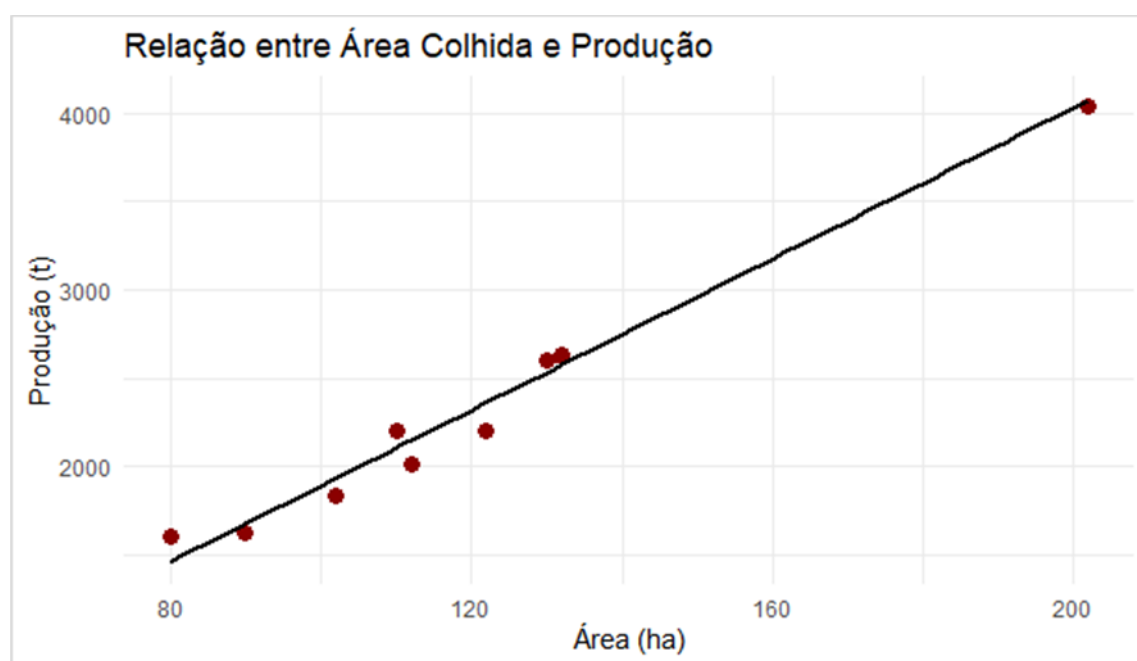


Fonte: Adaptado de SIDRA-IBGE, 2025.

Ademais, o rendimento médio (kg/ha) mostra estabilidade relativa, com valores oscilando entre 18.000 kg/ha (2010-2013) e 20.000 kg/ha (2019-2023). A baixa variabilidade (coeficiente de variação de 5,06%) sugere consistência na produtividade por hectare, possivelmente associada a práticas agrícolas consolidadas (Maia *et al.*, 2018; Protas *et al.*, 2024). Contudo, a ausência de incrementos significativos no rendimento ao longo do período indica limitação no avanço tecnológico ou adaptação a condições ambientais, o que pode restringir a competitividade da viticultura regional.

É importante salientar, que a linha de regressão linear confirma a relação direta entre área colhida e quantidade produzida ($r = 1,00$, $p < 0,01$) (Figura 3). A inclinação da reta indica que cada hectare adicional resulta em aumento proporcional na produção, com pontos concentrados em torno da linha de ajuste, reforçando a robustez dessa associação. Esse padrão é consistente com estudos que destacam a área cultivada como principal driver da produção agrícola em sistemas extensivos (Permanhani *et al.*, 2014; Farinassi, 2022).

Figura 3 – Sinergia Agrícola entre Área Plantada e Produção de Uva no Agreste Paraibano (2010–2023).

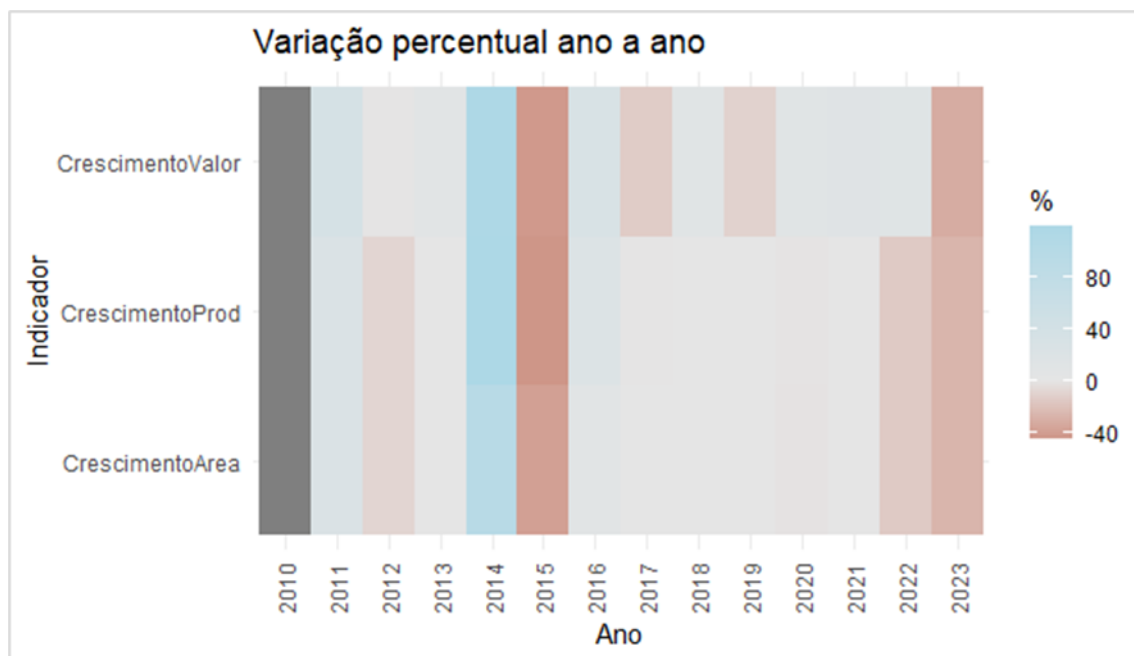


Fonte: Adaptado de SIDRA-IBGE, 2025.

Em complemento a isso, o heatmap de variação percentual (Figura 4) revela picos de crescimento em 2014 (124,44% na área colhida e 149,38% na produção), contrastando com declínios acentuados em 2023 (-27,27% em área e produção; -32,35% no valor). As cores intensas (vermelho para quedas e verde para aumentos) destacam a volatilidade, especialmente no valor da produção, que variou de -37,55% (2015) a 137,62% (2014). Esses resultados sugerem que a

viticultura no Agreste da Paraíba é altamente suscetível a fatores externos, demandando estratégias de mitigação, como diversificação de cultivares ou acesso a mercados mais estáveis (Lessa *et al.*, 2024).

Figura 4 – Variação Percentual de Indicadores da Produção de Uva no Agreste da Paraíba (2010-2023).

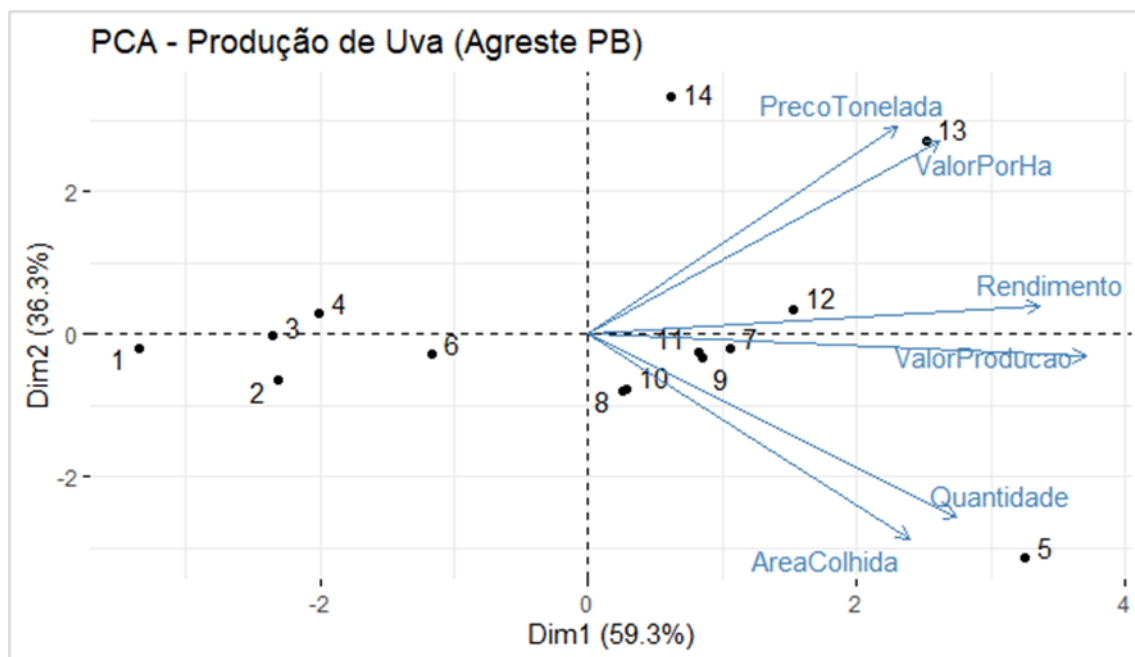


Fonte: Adaptado de SIDRA-IBGE, 2025.

A Análise de Componentes Principais (PCA) foi aplicada para identificar padrões entre as variáveis área colhida, quantidade produzida, rendimento, valor da produção, preço por tonelada e valor por hectare, com dados de 2010 a 2023. Um biplot foi gerado, representando anos como pontos e variáveis como vetores nas duas primeiras componentes principais (PC1 e PC2). No biplot, vetores longos indicam maior influência na variabilidade, e pontos próximos refletem semelhanças entre anos (Santi *et al.*, 2012; Helfer *et al.*, 2015).

A área colhida e a quantidade produzida mostram forte correlação positiva ($r = 1,00$, $p < 0,01$), alinhadas no mesmo quadrante, sendo os principais drivers da PC1 (Queiroz *et al.*, 2023). O valor da produção, correlacionado à quantidade produzida ($r = 0,92$, $p < 0,01$), também se alinha a essas variáveis, indicando dependência da escala produtiva (Figura 5). O rendimento, com baixa variabilidade ($CV = 5,06\%$) e posição ortogonal no biplot, sugere independência relativa, influenciada mais por fatores técnicos, como manejo, do que por área ou produção (Jung *et al.*, 2023; Verma *et al.*, 2025).

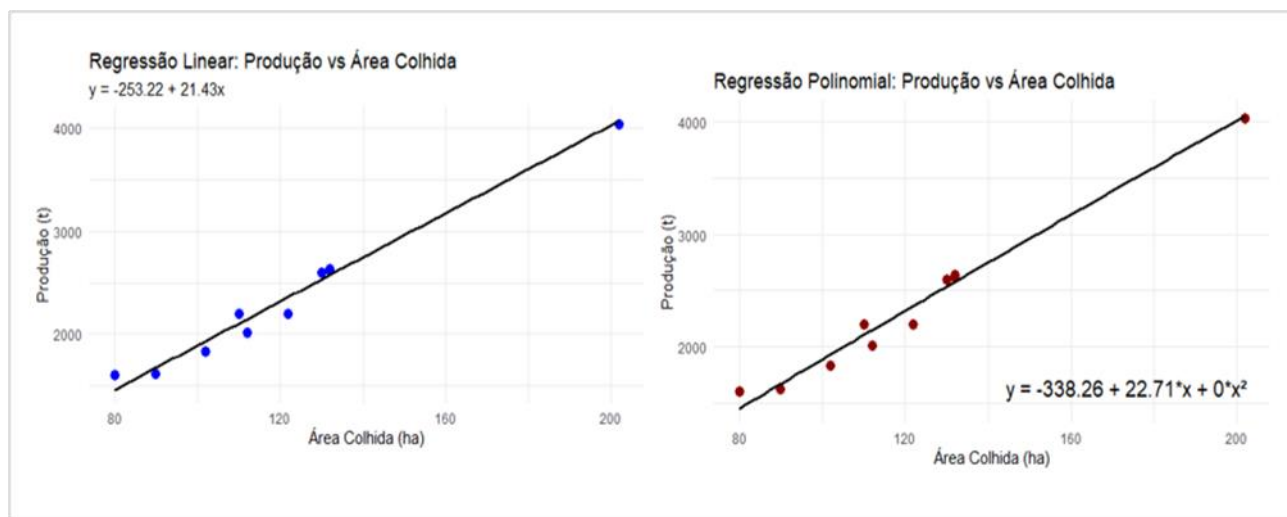
Figuta 5 – Biplot da PCA da Produção de Uva no Agreste Paraibano (2010-2023).



Fonte: Adaptado de SIDRA-IBGE, 2025.

A análise de indicadores econômicos no biplot da PCA revelou que o preço por tonelada (R\$/t) alinha-se com o valor da produção, indicando influência das flutuações de mercado no retorno econômico, enquanto o valor por hectare (R\$/ha) mostra maior dispersão ($CV = 30,40\%$), refletindo variabilidade devido a custos de produção ou valorização do produto (Dang *et al.*, 2024). No biplot, 2014 destaca-se como atípico, com alta área colhida (202 ha), quantidade produzida (4.036 t) e valor da produção (R\$ 10.490 mil), contrastando com 2023, que apresenta valores reduzidos (80 ha, 1.600 t, R\$ 6.400 mil), sugerindo declínio na viticultura, possivelmente por fatores climáticos ou econômicos (Errichiello *et al.*, 2024; Ragyák *et al.*, 2025). Os anos de 2015 a 2022 formam um cluster central, indicando estabilização (média de 129 ha e 2.601 t).

A PCA confirmou a área colhida como principal fator da quantidade produzida, com forte relação linear. Modelos de regressão linear e polinomial foram aplicados para quantificar essa relação. O modelo linear ($y = -253,22 + 21,43x$), onde y é a produção (t) e x a área colhida (ha), apresentou $R^2 = 0,977$, explicando 97,7% da variabilidade na produção, com coeficiente de 21,43 t/ha ($p = 3,37 \times 10^{-11}$) e intercepto marginalmente significativo ($p = 0,054$). A figura de regressão (6) confirma a forte correlação ($r = 1,00$, $p < 0,01$), reforçando a área colhida como determinante da produção de uva no Agreste da Paraíba (Chein, 2019; Lessa *et al.*, 2024; Cargnelutti Filho *et al.*, 2024; Amador-Sacoto *et al.*, 2025).

Figura 6 – Produção de Uva no Agreste Paraibano: Uma Abordagem via PCA e Biplot (2010–2023).

Fonte: Adaptado de SIDRA-IBGE, 2025.

Um modelo polinomial de segundo grau ($y = -216,32 + 19,91x + 0,01x^2$) foi ajustado para explorar relações não lineares entre área colhida (x , em ha) e produção (y , em t), mas o termo quadrático não melhora significativamente o ajuste ($R^2 = 0,977$) em comparação ao modelo linear ($y = -253,22 + 21,43x$), que explica 97,7% da variabilidade com erro padrão residual de 98,43 t. A relação é predominantemente linear, com a área colhida como principal fator da produção de uva no Agreste da Paraíba, corroborada por anos como 2012 e 2013 (e.g., ~1.889,8 t previstas para 100 ha, próximo a 1.836 t observados) (Costa *et al.*, 2012; Debastiani *et al.*, 2015).

A leve curvatura do modelo polinomial de grau 2 reflete pequenas flutuações não lineares, especialmente em anos atípicos como 2014 (4.036 t em 202 ha). Essas variações, possivelmente decorrentes de fatores exógenos como clima ou manejo, não justificam modelos mais complexos. O modelo quadrático equilibra ajuste e parsimônia, capturando as tendências principais sem perda de robustez ou interpretabilidade, conforme apontam Benitez Alfonso *et al.* (2023) e Hu *et al.* (2024).

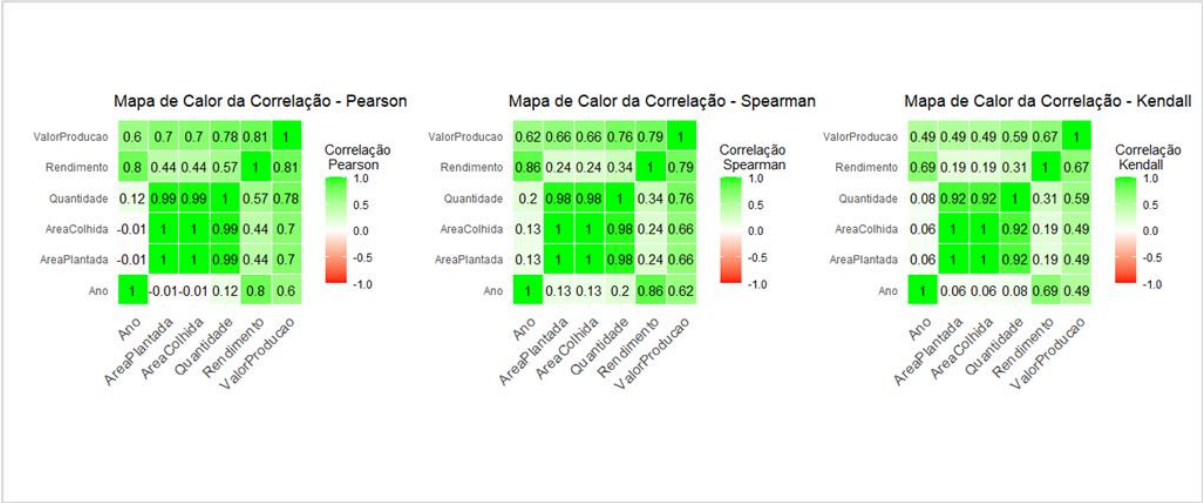
Correlações (Pearson, Spearman, Kendall) foram visualizadas em um mapa de calor (Figura 7), com coeficientes de -1 (vermelho) a +1 (verde). Resultados principais:

- Área Plantada e Colhida: Correlação perfeita ($r = 1,00$, $\rho = 1,00$, $\tau = 1,00$, $p < 0,01$), indicando total aproveitamento da área plantada.
- Área Colhida e Quantidade Produzida: Correlação perfeita ($r = 1,00$, $\rho = 1,00$, $\tau = 1,00$, $p < 0,01$), confirmando dependência direta em sistemas extensivos.

- Quantidade Produzida e Valor da Produção: Correlação alta ($r = 0,92$, $\rho = 0,91$, $\tau = 0,80$, $p < 0,01$), com diferenças em τ sugerindo influências não lineares em 2014 (4.036 t, R\$ 10.490 mil) e 2023 (80 ha, 1.600 t).
- Rendimento: Correlações fracas ($r < 0,30$, $\rho < 0,35$, $\tau < 0,25$), com baixa variabilidade (CV = 5,06%), indicando influência de fatores técnicos.
- Preço por Tonelada e Valor por Hectare: Correlação moderada com valor da produção ($r = 0,65$, $\rho = 0,62$, $\tau = 0,50$) e fraca com quantidade ($r < 0,30$), sugerindo impacto de preços de mercado.

Os métodos mostram consistência, com correlações perfeitas para área colhida e produção, e pequenas diferenças em anos atípicos (2014, 2023) reforçam a robustez para dados agrícolas (Armstrong *et al.*, 2023; Asadullayev *et al.*, 2025).

Figura 7 – Correlações entre Indicadores Agrícolas: Métodos de Pearson, Spearman e Kendall.



Fonte: Adaptado de SIDRA-IBGE, 2025.

Além disso, o mapa de calor confirma a área colhida como principal determinante da produção ($r = 1,00$, $p < 0,01$) e do valor da produção ($r = 0,92$, $p < 0,01$). O rendimento, independente, sugere foco em manejo para aumentar a produtividade por hectare. A consistência entre Pearson, Spearman e Kendall valida os resultados, e o mapa unificado oferece clareza visual.

4 CONCLUSÃO

A análise da viticultura no Agreste da Paraíba (2010-2023) revelou que a área colhida é o principal determinante da quantidade produzida ($r = 1,00$, $p < 0,01$) e do valor da produção ($r = 0,92$, $p < 0,01$), com forte dependência em sistemas extensivos. A regressão linear ($y = -253,22 + 21,43x$, $R^2 = 0,977$) confirmou a robustez dessa relação, enquanto o modelo polinomial indicou nuances marginais em anos atípicos, como 2014. O rendimento, com baixa variabilidade ($CV = 5,06\%$), sugere estabilidade agronômica, mas limitada adoção de tecnologias intensivas.

A alta volatilidade do valor da produção ($CV = 30,40\%$) reflete a sensibilidade a fatores de mercado, demandando estratégias de mitigação, como diversificação de cultivares e estabilização de preços.

Estes resultados reforçam a necessidade de políticas públicas que promovam a expansão sustentável da área cultivada e inovações no manejo para aumentar a produtividade e a resiliência do setor vitivinícola regional.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, A. L. M. *et al.* **Breve historicidade da vitivinicultura: evolução na região nordestina brasileira.** Recife: O Autor, 2022.

AMADOR-SACOTO, C. *et al.* Influence of harvest timing on sugarcane quality parameters in Ecuador: a multivariate analysis using PCA and MANOVA biplot. **Scientific Reports**, [S. l.], v. 15, n. 1, p. 17737, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-025-93393-8>

AGRESTE. **Recensement agricole 2020: progression des vergers, recul des vignes – Pyrénées-Orientales.** Toulouse: Direction régionale de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt d'Occitanie, Service régional de l'information statistique, économique et territoriale, 2022. (Agreste Études, n. 9). Disponível em: <https://draaf.occitanie.agriculture.gouv.fr/fiches-des-principales-donnees-departementales-et-regionale-a6674.html>. Acesso em: 6 ago. 2025.

ARMSTRONG, C. E. J. *et al.* Grape Heterogeneity Index: Assessment of Overall Grape Heterogeneity Using an Aggregation of Multiple Indicators. **Plants**, [S. l.], v. 12, n. 7, p. 1442, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants12071442>

ASADULLAYEV, R. *et al.* Assessment of grape cultivar traits and environmental adaptation in the Absheron Peninsula, Azerbaijan. **DYSONA – Applied Science**, [S. l.], v. 6, n. 1, p. 51–59, 2025. DOI: <https://doi.org/10.30493/das.2024.474693>

BASSO, M. F. *et al.* Evolução, sustentabilidade e tendências da agricultura com foco no agronegócio brasileiro: uma revisão. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, [S. l.], v. 7, p. 1296337, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1296337>

BENITEZ-ALFONSO, Y. *et al.* Enhancing climate change resilience in agricultural crops. **Current Biology**, [S. l.], v. 33, n. 23, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cub.2023.10.028>

CARGNELUTTI FILHO, A. *et al.* Correlação e regressão linear entre caracteres de grão-de-bico. **Revista Caderno Pedagógico**, v. 21, n. 4, p. 1–22, 2024.

CARVALHO, J. C. *et al.* Transmissões de volatilidade de preços entre commodities agrícolas brasileiras. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, [S. l.], v. 58, n. 3, p. 1–20, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2020.193763>

CYR, D. *et al.* Uso potencial de derivativos climáticos para proteger a produtividade agregada da viticultura: uma análise da região de Niágara, no Canadá. **Journal of Wine Economics**, [S. l.], v. 18, n. 2, p. 97–121, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1017/jwe.2023.18>

CHEIN, F. **Introdução aos modelos de regressão linear: um passo inicial para compreensão da econometria como uma ferramenta de avaliação de políticas públicas**. Brasília: Enap, 2019.

COSTA, T. V. *et al.* Caracterização social e tecnológica da produção de uvas para mesa em pequenas propriedades rurais da região de Jales-SP. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 3, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452012000300016>

DANG, X. *et al.* AMMI and GGE biplot analysis for genotype $\times$ environment interactions affecting the yield and quality characteristics of sugar beet. **PeerJ**, [S. l.], v. 12, p. e16882, 2024. DOI: <https://doi.org/10.7717/peerj.16882>

DANTAS, D. L. L. **Vinhos varietais Syrah e Tempranillo do vale submédio do São Francisco: ênfase no perfil fenológico e composição de minerais e potenciais marcadores de tipicidade**. 2023. 102 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2023.

DEBASTIANI, G. *et al.* Cultura da uva, produção e comercialização de vinhos no Brasil: origem, realidades e desafios. **Revista Cesumar**, v. 20, n. 2, p. 471–485, 2015.

EMBRAPA. **Visão 2030: o futuro da agricultura brasileira**. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

ESTÊVÃO, C. I. G. **Estudo comparativo do comportamento de variedades vínicas livres e imobilizadas na mistura simétrica de mosto: dinâmica de interferência envolvida**. 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade de Évora, Évora, 2019.

ERRICHIELLO, F. *et al.* Analysis of Polyphenols During Alcoholic Fermentation of Red Grape Aglianico (*Vitis vinifera* L.). **Molecules**, [S. l.], v. 29, n. 24, p. 5962, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules29245962>

FARINASSI, L. G. **Influência da variabilidade espacial em vinhedo irrigado na qualidade da uva e do vinho “Syrah” de inverno**. 2022. 134 f. Tese (Doutorado em Ciências Agrônomicas) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2022.

FLORES, S. S. *et al.* Vinhos do Cerrado de altitude: o desenvolvimento de uma nova fronteira vitivinícola em Brasília, DF. **Interações**, v. 25, n. 4, e2544691, 2024. DOI: <https://doi.org/10.20435/inter.v25i4.4691>.

GEPTS, P. Biocultural diversity and crop improvement. **Emerging Topics in Life Sciences**, [S. l.], v. 7, n. 2, p. 151–196, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1042/ETLS20230067>

GRUPPELLI, J. L. *et al.* Relação entre as anomalias de TSM e qualidade potencial da uva na região nordeste do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Fruticultura**, [S. l.], v. 30, n. 1, p. 267–270, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452008000100031>

HEIN, N. T. *et al.* Bottlenecks and opportunities in field-based high-throughput phenotyping for heat and drought stress. **Journal of Experimental Botany**, [S. l.], v. 72, n. 14, p. 5102–5116, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1093/jxb/erab021>

HELPER, G. A. *et al.* CHEMOSTAT, um software gratuito para análise exploratória de dados multivariado. **Química Nova**, [S. l.], v. 38, n. 4, p. 454–460, 2015. DOI: <https://doi.org/10.5935/0100-4042.20150063>

HU, T. *et al.* Impacts of climate change on agricultural productivity: a review of empirical findings, statistical crop models, and machine learning methods. **Environmental Modelling & Software**, [S. l.], v. 179, p. 106119, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2024.106119>

JUNG, M. *et al.* Market growth strategies for sustainable smart farm: a correlation and causal relationship approach. **Developments in the Built Environment**, [S. l.], v. 16, p. 100260, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dibe.2023.100260>

KELLER, M. Climate change impacts on vineyards in warm and dry areas: challenges and opportunities. **American Journal of Enology and Viticulture**, [S. l.], v. 74, 2023. DOI: <https://doi.org/10.5344/ajev.2023.23024>

LESSA, L. C. R. *et al.* Estabilidade da agricultura alimentar de sequeiro da Paraíba frente às instabilidades pluviométricas. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, [S. l.], v. 62, n. 3, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2023.274633>

MAIA, J. D. G. *et al.* A viticultura de mesa no Brasil. *Territoires du Vin*, [S. l.], n. 9, 2018. DOI: <https://doi.org/10.58335/territoiresduvin.1546>

MELLO, L. M. R.; MACHADO, C. A. E. **Vitivinicultura brasileira: panorama 2020**. Bento Gonçalves, RS: Embrapa Uva e Vinho, 2021. (Comunicado Técnico, n. 223).

MARKOVIC, D. *et al.* Volatile-mediated plant interactions: an innovative approach to cultivar mixture selection for enhanced pest resilience. **Frontiers in Plant Science**, [S. l.], v. 16, p. 1550678, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2025.1550678>

MEDEIROS, B. B. L. *et al.* Uso da geoestatística na avaliação de variáveis ambientais em galpão de suínos criados em sistema “Wean to Finish” na fase de terminação. **Engenharia Agrícola**, v. 34, n. 5, p. 800–811, 2014

PASTORE, C. *et al.* Editorial: Resilience of grapevine to climate change: from plant physiology to adaptation strategies. **Frontiers in Plant Science**, [S. l.], v. 13, p. 994267, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.994267>

PERMANHANI, M. *et al.* Estimativa de área foliar da videira 'Niagara Rosada' conduzida em sistema de latada, região norte fluminense. **Revista Brasileira de Fruticultura**, [S. l.], v. 36, n. 4, p. 1020–1026, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/0100-2945-314/13>

POLITA, F.; MADUREIRA, L. Transições para a sustentabilidade na agricultura corporativa: inovação agroecológica na viticultura do Douro, Portugal. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, [S. l.], v. 60, n. 2, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2021.236238>

PROTAS, J. F. S. *et al.* **Panorama da vitivinicultura brasileira em 2022**. Bento Gonçalves, RS: Embrapa Uva e Vinho, 2024. (Comunicado Técnico).

QUEIROZ, R. *et al.* Análise de componentes principais em dados agrícolas de produção de soja. **E&S Engineering and Science**, [S. l.], v. 12, n. 3, 2023. DOI: <https://doi.org/10.18607/ES2023123121>

RAGYÁK, Á. *et al.* Long term compositional profiling of historical tokaji aszú wines. **NPJ Science of Food**, [S. l.], v. 9, n. 1, p. 101, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41538-025-00468-x>

ROMBALDI, C. V. *et al.* Produtividade e qualidade de uva, cv. Isabel, em dois sistemas de produção. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, n. 1, p. 89–91, 2004.

SANTI, A. L. *et al.* Análise de componentes principais de atributos químicos e físicos do solo limitantes à produtividade de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [S. l.], v. 47, n. 9, p. 1218–1226, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2012000900020>

SANTOS, R. *et al.* Crop modelling applied to Portuguese viticulture: a brief overview. **Ciência e Técnica Vitivinícola**, [S. l.], v. 40, n. 1, p. 39–52, 2025.

SOUSA, L. H. G. *et al.* **Avaliação da resistência mecânica à penetração do solo em áreas de monocultura e pastejo em um latossolo no Brejo Paraibano**. In: SEMANA DA AGRONOMIA, 18., 2023, João Pessoa. Anais... João Pessoa: Centro de Ciências Agrárias – Universidade Federal da Paraíba, 2023.

SOUSA, S. de F. *et al.* **Caracterização físico-química da uva Merlot cultivada em Garanhuns-Pernambuco**. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DA AGROINDÚSTRIA, 2., 2021, Recife, PE. Inovação, Gestão e Sustentabilidade na Agroindústria. Recife, PE: Instituto Internacional Despertando Vocações – IIDV, 2021. Disponível em: <https://ciagro.institutoidv.org/ciagro2021/uploads/1029.pdf>. Acesso em: 26 jan. 2022.

SOUZA JUNIOR, W. D. *et al.* Análise de opções reais aplicada na diversificação da produção rural no estado do Paraná. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, [S. l.], v. 57, n. 2, p. 237–254, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2019.177157>

VERMA, P. *et al.* Associação de correlação, coeficiente de caminho e análise de componentes principais entre características quantitativas em morango para desbloquear o potencial do sistema de cultivo vertical. **Revista de Ciência do Kuwait**, [S. l.], v. 52, n. 1, p. 100303, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.kjs.2024.100303>

TRINDADE, J. R. *et al.* Discussão teórica sobre os conceitos de sustentabilidade no enoturismo através do bibliometrix. **Revista Brasileira de Pesquisa em Turismo**, [S. l.], v. 16, e-2644, 2022.



CAPÍTULO 15

USO DE INSETICIDAS BOTÂNICOS NO MANEJO INTEGRADO DE PRAGAS: FUNDAMENTOS, APLICAÇÕES E DESAFIOS PARA A AGROECOLOGIA

Matheus Gonçalves Camargo   

UFGD – Universidade Federal da Grande Dourados, Brasil

Heloize Maia dos Santos   

UFGD – Universidade Federal da Grande Dourados, Brasil

Maria Julia Lopes de Souza Sete   

UFGD – Universidade Federal da Grande Dourados, Brasil

Thais Silva de Souza   

UFGD – Universidade Federal da Grande Dourados, Brasil

Silvana Aparecida de Souza   

UFGD – Universidade Federal da Grande Dourados, Brasil

Rosilda Mara Mussury   

UFGD – Universidade Federal da Grande Dourados, Brasil

DOI: 10.52832/wed.169.976 

Resumo: A crescente busca por sistemas agrícolas sustentáveis impulsiona estratégias de controle de pragas com menor impacto ambiental. O Manejo Integrado de Pragas (MIP) combina controle biológico e inseticidas botânicos para reduzir populações de insetos sem comprometer o equilíbrio ecológico, sendo os aleloquímicos botânicos alternativas seletivas a organismos não-alvo. Assim, o objetivo deste trabalho foi discutir, por meio de revisão bibliográfica, os fundamentos, aplicações e desafios do uso dos inseticidas botânicos na agroecologia. Foram analisados livros, dissertações, teses e artigos indexados nas bases Periódico CAPES, SciELO e Google Acadêmico, utilizando os descritores "Limitações", "Inseticidas botânicos", "Parasitoides", "Predadores naturais", "Polinizadores" e "Potencial inseticida", combinados com o operador booleano "and" em português e inglês. O uso de extratos vegetais no controle de pragas, que remonta a civilizações antigas, destaca-se pela redução da dependência de agroquímicos sintéticos, pois apresentam múltiplos modos de ação, dificultando a resistência das pragas e sendo rapidamente biodegradáveis. Contudo, desafios como baixa persistência, necessidade de padronização química e dificuldades regulatórias limitam sua adoção, exigindo pesquisas e formulações mais estáveis para fortalecer uma agricultura sustentável.

Palavras-chave: Biopesticidas. Controle biológico. Extratos vegetais. Sustentabilidade.

1 INTRODUÇÃO

A crescente demanda por sistemas agrícolas sustentáveis tem impulsionado o aprimoramento de estratégias de controle de pragas que minimizem impactos ambientais e preservem a biodiversidade. O Manejo Integrado de Pragas (MIP) surge como uma abordagem essencial na agroecologia, combinando diferentes métodos de controle biológico, cultural, físico e químico, para reduzir populações de insetos-praga sem comprometer o equilíbrio ecológico (Altieri; Nicholls, 2020). Dentro desse contexto, os inseticidas botânicos têm se consolidado como uma alternativa viável e ecologicamente responsável, promovendo o controle de pragas de forma seletiva e menos agressiva aos organismos não-alvos (Rodrigues *et al.* 2016).

Os inseticidas botânicos têm uma longa história de uso na agricultura, com relatos que remontam a civilizações antigas, como os egípcios e chineses, que utilizavam extratos de *Azadirachta indica* (neem) e *Chrysanthemum cinerariifolium* (piretro) para afastar insetos de culturas agrícolas (Isman, 2020). O interesse por esses compostos cresceu ao longo dos séculos, sendo intensificado nas últimas décadas devido à necessidade de reduzir a dependência de agroquímicos sintéticos, que frequentemente estão associados à contaminação ambiental, resistência de pragas e impactos na saúde humana (SNA, 2023).

O uso de inseticidas botânicos se justifica por suas propriedades que contribuem para um manejo de pragas mais sustentável. Muitos desses compostos apresentam modos de ação múltiplos, o que dificulta o desenvolvimento de resistência pelas pragas, e são rapidamente biodegradáveis, reduzindo os riscos de bioacumulação nos ecossistemas. Além disso, sua seletividade permite o controle específico das pragas-alvo sem comprometer polinizadores e inimigos naturais, essenciais para a manutenção do equilíbrio agrícola (Lengai, 2020).

O crescente reconhecimento do potencial dos inseticidas botânicos no Brasil, reforça a necessidade de sua incorporação nas estratégias de MIP. Essa abordagem não só minimiza os impactos ambientais associados ao uso de pesticidas sintéticos, mas também promove uma agricultura mais resiliente e alinhada com os princípios da agroecologia (Ribeiro, 2023).

Diante desse panorama, o objetivo desta pesquisa foi discutir, através da revisão de literatura, os fundamentos dos inseticidas botânicos, suas aplicações no Manejo Integrado de Pragas e os desafios enfrentados para sua adoção na agroecologia, destacando perspectivas futuras para o setor.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O levantamento bibliográfico foi feito a partir de livros, dissertações, teses e artigos, em período indexados no Periódico CAPES, SciELO e Google Acadêmico com os seguintes descritores: "*Limitações*", "*Inseticidas botânicos*" "*Parasitoides*", "*Predadores naturais*" "*Polinizadores*" e "*Potencial inseticida*". Os descritores foram usados em associação com o operador booleano "*and*". Os descritores foram utilizados em português e em inglês, a fim de ampliar os resultados.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Fundamentos dos Inseticidas Botânicos

O interesse em inseticidas elaborados a partir de plantas cresceu ao longo dos anos, pois extratos botânicos possuem baixa toxicidade, oferecendo menos riscos à saúde humana e ao meio ambiente, tornando-se um método de controle de pragas promissor. Além disso, não deixam resíduos em alimentos, tornando-se uma alternativa saudável e sustentável quando comparados aos inseticidas sintéticos, que, por sua vez não apresentam seletividade em organismos não-alvo, e não se degradam rapidamente na natureza ocasionando contaminações no ambiente (Kim *et al.*, 2003; Menezes, 2005, Moreira *et al.*, 2006).

As plantas possuem em sua composição substâncias químicas bioativas, e suas atividades inseticidas sobre os insetos-praga estão intrinsecamente relacionadas a essas substâncias denominadas metabólitos secundários, que são produzidos naturalmente pelas plantas para defesa (Menezes, 2005). Dentre os metabólitos secundários presente em plantas destacam-se taninos, é uma classe de compostos que atuam como uma barreira a insetos-praga, e flavonoides, rutina, quercetina e luteolina que ocasionam alterações em insetos, como redução de sobrevivência larval, mortalidade e redução de peso de pupas em *Plutella xylostella* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Plutellidae), espécie causadora de danos as culturas das crucíferas (Peres *et al.*, 2017).

Ademais, os extratos provenientes de plantas contam com mecanismos de ação antibiose e antixenose, provocam efeitos variados como a diminuição ou inibição o ataque de herbívoros,

tornando a planta pouco atraente. Na antixenose os metabolitos secundários presente no extrato da planta atuam diretamente no comportamento do inseto-praga, acometendo a oviposição, preferência e alimentação, como resultado provoca repelência e diminuição do consumo da planta hospedeira. Já na antibiose, quando o inseto se alimenta do extrato botânico e sua biologia fica comprometida provocando a morte em fase larval e adultos, alteração na metamorfose e redução de biomassa em pupas (Ribeiro; Baldin, 2023).

3.2 Aplicações no Manejo Integrado de Pragas (MIP)

A busca por alternativas sustentáveis tem sido uma forma de mitigar os danos causados pelo uso indiscriminado de inseticidas sintéticos (Sutherland *et al.*, 2002). Assim, surge o Manejo Integrado de Pragas (MIP), que, por meio da sustentabilidade, visa controlar as principais pragas agrícolas, reduzindo os impactos ecológicos, sociais e econômicos (Kogan, 1998; Parra; Kovaleski, 2006). O MIP apresenta técnicas combinadas que não causam impactos à saúde humana ou ao ecossistema (Alves; Zanuncio, 2021). Nesse contexto, destaca-se o uso de inseticidas botânicos, derivados de plantas que contêm metabólitos secundários responsáveis pela inibição ou redução do consumo e do ciclo de vida dos insetos em culturas (Garcez *et al.*, 2013).

Por serem produtos derivados de plantas, eles oferecem vantagens como elevada eficácia no manejo, baixa toxicidade e alta compatibilidade ambiental (Silva *et al.*, 2019; Padial *et al.*, 2020), em conformidade com as táticas de controle elaboradas pelo MIP (Kogan, 1998). Esses produtos minimizam a dependência dos inseticidas sintéticos, contribuindo para a diminuição dos riscos de contaminação do meio ambiente (Isman, 2006). Além disso, não causam grandes impactos em organismos não-alvo, como polinizadores e predadores naturais, pois alguns desses compostos possuem ação seletiva, afetando somente os insetos-alvo (Cosme *et al.*, 2007; Moraes, 2020). Outro ponto positivo é a diversidade de seus modos de ação, que inclui propriedades repelentes, regulação do crescimento e da alimentação das pragas (Rattan, 2010), contribuindo assim para uma agricultura sustentável ao reduzir os impactos no meio ambiente. Tudo isso deve-se à sua rápida biodegradabilidade (Corrêa; Salgado, 2011).

Entretanto, mesmo com todas as vantagens oferecidas pelos extratos vegetais com ação inseticida, eles podem apresentar consequências, como toxicidade letal e subletal em organismos não-alvos (Bernardi *et al.*, 2023), o que pode ocasionar a desestabilização do ecossistema e comprometer as táticas de controle do MIP (Desneux *et al.*, 2007; Isman; Grieneisen, 2014). Dentro do Manejo Integrado de Pragas (MIP), o controle biológico se configura como uma vertente essencial, utilizando microrganismos (vírus, fungos e bactérias) em conjunto com outros métodos que envolvem macroorganismos, como parasitoides e predadores (Pavela; Benelli, 2016).

O controle biológico busca a regulação natural das populações de pragas por meio de seus inimigos naturais, que atacam diversos estágios do ciclo de vida dos insetos, atuando como agentes de mortalidade biótica (Parra *et al.*, 2002). Testes realizados com predadores, como o primeiro instar larval de *Coccinella septempunctata* L. (Coleoptera: Coccinellidae), com parasitoides, como *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae), e com entomopatógenos, como *Beauveria bassiana* (Bals.), demonstram seu papel na regulação do crescimento das pragas (Ahmad *et al.*, 2003; Depieri *et al.*, 2005).

Contudo, pesquisas indicam que, apesar de serem derivados de plantas, esses produtos podem provocar toxicidade letal e subletal em inimigos naturais, como ocorre com compostos de limonoides do Nim (por exemplo, a azadiractina), comprometendo, assim, sua compatibilidade com o MIP (Ribeiro *et al.*, 2023). Desta forma, é de suma importância a realização de testes de toxicidades em organismos que não sejam alvos, como inimigos naturais e polinizadores, para que atenda os critérios do MIP.

3.3 Desafios e Limitações

Apesar das vantagens apresentadas, como a rápida ação e degradação, baixa a moderada toxicidade para mamíferos, maior seletividade e reduzida fitotoxicidade, os inseticidas botânicos enfrentam algumas desvantagens (Isman, 2000). Entre elas, destacam-se a necessidade de compostos sinergistas, a baixa persistência, a falta de pesquisas, a escassez de recursos naturais, a necessidade de padronização química e controle de qualidade, além das dificuldades de registro e custos elevados (Costa *et al.*, 2004). Adicionalmente, a carência de dados sobre fitotoxicidade, persistência e efeitos em organismos benéficos, bem como as dificuldades no isolamento de princípios ativos e na concentração em diferentes partes das plantas, representam barreiras que precisam ser superadas. Portanto, mais estudos nessa área são essenciais (Menezes, 2005).

É fundamental destacar que, ao utilizar inseticidas botânicos, vários fatores devem ser considerados, incluindo o método de extração, a conservação dos extratos, a dosagem adequada, a estabilidade, a toxicidade e o custo. Todos esses aspectos são analisados na identificação das principais substâncias presentes no inseticida (Nogueira; Palmério, 2007).

Além disso, a produção sustentável, por meio da utilização de extrato botânico para controle de pragas requer alguns desafios como, a disponibilidade dos compostos dependente das condições climáticas do local. Contudo para garantir a oferta de plantas com potencial inseticida, assim como plantas medicinais, como o *Azadirachta indica* A. Juss, com propriedades inseticidas em insetos e medicinal para seres humanos, é necessário o plantio para que haja oferta prolongada. Outro fator relevante é a instabilidade que os compostos inseticidas apresentam em diferentes

fatores ambientais, temperatura, umidade e luz, podendo ocasionar redução de sua eficácia no controle de pragas, para esse problema, estabilizadores são estudados com finalidade de assegurar uma ação prolongada e garantindo a estabilidade dos extratos vegetais (Isman, 2000; Menezes, 2005; Souza, 2018).

Embora existam vantagens associadas ao uso de inseticidas naturais, apenas algumas espécies estão disponíveis no mercado, como piretrinas, rotenóides e alcalóides (Viegas Júnior, 2003). Isso se deve, possivelmente, a dificuldade de superar os desafios supracitados.

Os princípios ativos dos inseticidas botânicos geralmente consistem em um conjunto complexo de substâncias. Para que um produto inseticida seja registrado no órgão competente, é imprescindível identificar todas as substâncias ativas e realizar testes toxicológicos. Assim, o registro de produtos elaborados a partir de plantas torna-se um processo desafiador (Menezes, 2005).

Existe uma ideia equivocada de que os inseticidas botânicos são sempre menos tóxicos ou mais seguros do que os sintéticos. Na verdade, há inseticidas botânicos registrados que podem ser tóxicos para peixes, insetos benéficos (como polinizadores e inimigos naturais de pragas) e mamíferos. Alguns inseticidas botânicos podem ser mais prejudiciais ao ser humano do que certos produtos sintéticos. Embora os inseticidas botânicos sejam considerados naturais por serem extraídos de plantas, isso não significa que sejam necessariamente seguros ou menos tóxicos para os humanos. Portanto, a aplicação desses inseticidas requer o uso de equipamentos de proteção individual (EPI), especialmente para produtos em formulação comercial, semi-comerciais ou de preparo caseiro (Costa *et al.*, 2004).

A descontinuidade das pesquisas é um problema que, até o momento, se apresenta como uma difícil solução no Brasil. Embora existam muitos estudos sobre inseticidas botânicos, ainda são raros os programas de pesquisa duradouros com objetivos bem definidos a médio e longo prazo. Nos últimos eventos científicos, constatou-se um grande aumento no número de trabalhos nessa área. No entanto, em alguns casos, essas publicações estão mais relacionadas à possibilidade de obtenção rápida de resultados do que à existência de um programa de pesquisa minimamente estruturado (Ribeiro *et al.*, 2023).

O registro dos derivados vegetais no Brasil, carece de uma instrução normativa específica para produtos fitossanitários com ingredientes ativos de origem vegetal. O registro de óleos essenciais que afetam insetos é feito com base na Instrução Normativa Conjunta (INC) nº 1/2006, que abrange produtos semioquímicos. Produtos vegetais classificados como bioquímicos seguem as normas da ING nº 32/2005. Para aqueles que não se encaixam em nenhuma dessas categorias, o registro deve ser realizado como produto químico convencional, atendendo a todos os requisitos

legais estabelecidos por normas como o Decreto nº 4.074/2002 e a RDC nº 216/2006 (Anvisa, 2020).

3.4 Perspectivas Futuras

Com base no que foi apresentado, observa-se o potencial promissor dos inseticidas botânicos como uma estratégia no manejo de pragas. No entanto, é necessário expandir as pesquisas envolvendo outros extratos e óleos essenciais, realizar ensaios em condições de campo e desenvolver estudos de controle de qualidade. Isso permitirá uma maior aceitação e uso desses produtos naturais por parte de técnicos e agricultores (Vieira *et al.*, 2016).

As pesquisas sobre inseticidas botânicos no Brasil têm acompanhado as tendências globais, com um uso relativamente intenso até a década de 1950. A partir desse período, houve uma significativa redução, impulsionada pelo surgimento dos primeiros inseticidas sintéticos durante a Segunda Guerra Mundial. No entanto, nas últimas décadas, especialmente a partir da década de 1990, observou-se um novo crescimento nessa área. Isso é evidenciado pelo aumento no número de pesquisadores atuando nesse campo, resultando em um considerável incremento no número de artigos publicados e trabalhos apresentados em eventos científicos (Ribeiro *et al.*, 2023).

Isman e Grieneisen (2014) conduziram uma pesquisa cientométrica que analisou mais de 20.000 artigos científicos, com o objetivo de evidenciar o aumento das pesquisas sobre derivados botânicos voltados para o manejo de artrópodes-praga em nível mundial, assim como os respectivos períodos. Essa realidade também reflete, em parte, o que ocorreu no Brasil. Com base nos trabalhos publicados entre 1980 e 2012, os autores destacaram um aumento anual nas publicações sobre o tema ao longo do tempo, passando de 61 em 1980 para 1.207 em 2012. Além disso, observaram um crescimento na proporção de estudos que abordavam inseticidas botânicos em relação a todos os estudos envolvendo inseticidas, aumentando de 1,43% em 1980 para 21,38% em 2012. Os autores também identificaram duas fases que impulsionaram as pesquisas em nível mundial: a descoberta das propriedades do nim e a regulamentação do uso de óleos essenciais em alguns países, como a inclusão na lista GRAS nos Estados Unidos (EPA, 1993).

Felizmente, existem muitas plantas com propriedades inseticidas que ainda precisam ser investigadas e, quando viável, integradas nas práticas agrícolas como uma alternativa para o controle de pragas (Menezes, 2005). Essas plantas são ricas em substâncias bioativas, que geralmente atuam contra um número restrito de espécies. Algumas delas, que não são específicas, costumam ser biodegradáveis e apresentam baixa ou nenhuma toxicidade para mamíferos. Dessa forma, a pesquisa pode levar ao desenvolvimento de novas classes de agentes de controle mais seguros (Kim *et al.*, 2003).

De maneira geral, considerando as pesquisas desenvolvidas no Brasil e os resultados obtidos até o momento, além da diversidade de espécies na flora brasileira, da disponibilidade de matéria-prima e do número de pesquisadores envolvidos, pode-se considerar como mais promissoras as famílias Annonaceae, Asteraceae, Meliaceae, Piperaceae e Solanaceae. Além dessas, outras famílias como Amaranthaceae, Amaryllidaceae, Fabaceae, Lamiaceae, Myrtaceae, Poaceae e Salicaceae também podem ser incluídas. É importante ressaltar que, embora existam grupos expressivos de plantas já estudados, o número de espécies analisadas é relativamente pequeno quando se considera a diversidade botânica existente, especialmente na região Neotropical, que inclui o Brasil (Ribeiro *et al.*, 2023).

As plantas geram uma variedade de compostos de defesa com potencial inseticida, herbicida e fungicida naturais. A busca por tecnologias "verdes" já começou a transformar a maneira de encarar a agricultura convencional, refletindo um crescente interesse das empresas nas descobertas de produtos naturais (Vieira *et al.*, 2016).

Até há poucas décadas, a maioria dos derivados vegetais testados consistia em pós, óleos e extratos, sendo que os extratos eram geralmente aquosos ou etanólicos. Quando outros solventes eram utilizados, a extração costumava se limitar à obtenção de extratos brutos. No entanto, nos últimos anos, houve uma crescente participação de pesquisadores da área de química, tornando comum a realização de estudos biomonitorados. Isso permitiu a utilização de solventes com diferentes polaridades e técnicas cromatográficas (Ribeiro *et al.*, 2023).

Por meio de sucessivos fracionamentos, tem sido possível identificar as frações que contêm os compostos bioativos predominantes, utilizando ensaios toxicológicos com artrópodes bioindicadores em cada etapa do processo, com o objetivo final de identificar os compostos responsáveis pela bioatividade dos derivados vegetais (Ribeiro *et al.*, 2023).

Avanços também têm sido feitos em relação às formulações. Uma das limitações para o uso de derivados botânicos em campo é a rápida degradação de seus ingredientes ativos devido a fatores como temperatura, luz ultravioleta, pH e precipitação, o que resulta na redução do período residual. Nesse contexto, pesquisas estão sendo realizadas no Brasil para prolongar a atividade dos derivados vegetais. Uma das estratégias mais promissoras para evitar essa rápida degradação é o uso de sistemas de proteção e liberação controlada das moléculas por meio de processos nanotecnológicos (Ribeiro *et al.*, 2023).

Quanto à legislação brasileira referente à coleta de espécies vegetais, ela está sendo gradualmente aprimorada para distinguir a pesquisa séria da biopirataria e assegurar o uso sustentável da biodiversidade, minimizando o impacto sobre os ecossistemas e garantindo a repartição de benefícios com as comunidades envolvidas. Assim, a coleta não regulamentada de

espécies vegetais, que ocorreu nas primeiras décadas de uso de inseticidas botânicos, está sendo substituída, aos poucos, por leis, regulamentos e resoluções que permitem o acesso às plantas para pesquisa e uso como inseticidas botânicos, ao mesmo tempo em que buscam preservar as espécies nativas (Vieira *et al.*, 2016).

4 CONCLUSÃO

Pode-se concluir que os inseticidas botânicos possuem potencial como uma alternativa viável e ecologicamente responsável no MIP. Foi possível observar que esses compostos apresentam diferentes modos de ação, reduzindo a resistência das pragas, além de serem biodegradáveis e seletivos, minimizando impactos sobre organismos não-alvo.

No entanto, os desafios relacionados à padronização dos extratos, à regulamentação e à variabilidade na eficácia reforçam a necessidade de mais estudos para validar seu uso em larga escala. Além disso, pesquisas podem contribuir para aprimorar as formulações e métodos de aplicação, garantindo maior eficiência desses compostos no campo. Dessa forma, o desenvolvimento e a integração dos inseticidas botânicos ao MIP representam um passo importante para uma agricultura mais equilibrada e ambientalmente segura.

REFERÊNCIAS

- AHMAD, M.; OSSIEWATSCH, H. R.; BASEDOW, T. Effects of neem-treated aphids as food/hosts on their predators and parasitoids. **Journal of Applied Entomology**, v. 127, p. 458-464, 2003.
- ALTIERI, M. A.; NICHOLLS, C. I. **Agroecology: advances and perspectives**. Boca Raton: CRC Press, 2020.
- ALVES, P. G. L.; ZANUNCIO, J. C. Manejo integrado de pragas florestais. In: LEMES, P. G.; ZANUNCIO, J. C. (org.). **Novo manual de pragas florestais brasileiras**. Montes Claros: Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, p. 26-39, 2021.
- ANVISA. 2020. **Regularização de Produtos - Agrotóxicos**. Registro de produtos biológicos. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/registros-e-autorizacoes/agrotoxicos/produtos/registro-produtos-biologicos>.
- BERNARDI, D.; ANDREAZZA, F.; ZAWADNEAK, M. A. C.; NAVA, D. E. **Compatibilidade de inseticidas botânicos com agentes de controle biológico**. In: RIBEIRO, L. P.; VENDRAMIM, J.
- CORRÊA, J. C. R.; SALGADO, H. R. N. Atividade inseticida das plantas e aplicações: revisão. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 13, p. 500-506, 2011.

COSME, L. V.; CARVALHO, G. A.; MOURA, A. P. Efeitos de inseticidas botânicos e sintéticos sobre ovos e larvas de *Cycloneda sanguinea* (Linnaeus) (Coleoptera: Coccinellidae) em condições de laboratório. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 74, n. 3, p. 251-258, 2007.

COSTA, E. L. N. *et al.* Efeitos, aplicações e limitações de extratos de plantas inseticidas. **Acta Biologica Leopoldensia**, v. 26, n. 2, p. 173-185, 2004.

D.; BALDIN, E. L. L. (org.). **Inseticidas botânicos no Brasil: aplicações, potencialidades e perspectivas**. Local: Editora Fealq, 491-511, 2023.

DEPIERI, R. A.; MARTINEZ, S. S.; MENEZES JR, A. O. Compatibility of the fungus *Beauveria bassiana* (Bals.) *Vuill.* (Deuteromycetes) with extracts of neem seeds and leaves and the emulsible oil. **Neotropical Entomology**, v. 34, p. 601-606, 2005.

DESNEUX, N.; DECOURTYE, A.; DELPUECH, J. The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. **Annu. Rev. Entomol.**, v. 52, n. 1, p. 81-106, 2007.

EPA, 1993. **Flower and vegetable oils: Prevention, pesticides, and toxic substances (7508W)**. EPA-738-F-93-027. Disponível em:
<http://www.epa.gov/oppsrrd1/REDs/factsheets/4097fact.pdf>.

GARCEZ, W. S.; GARCEZ, F. R.; da SILVA, L. M.; SARMENTO, U. C. Substâncias de origem vegetal com atividade larvica contra *Aedes aegypti*. **Revista Virtual de Química**, v. 5, n. 3, p. 363-393, 2013.

ISMAN, M. B. Botanical insecticides in the twenty-first century—fulfilling their promise? **Annual Review of Entomology**, v. 65, p. 233-249, 2020.

ISMAN, M. B. Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. **Annual Review of Entomology**, v. 51, p. 45-66, 2006.

ISMAN, M. B.; GRIEENESEN, M. L. Botanical insecticide research: Many publications, limited useful data. **Trends in Plant Science**, v. 19, p. 140-145, 2014

ISMAN, M. B.; GRIENEISEN, M. L. Botanical insecticide research: many publications, limited useful data. **Trends in plant science**, v. 19, n. 3, p. 140-145, 2014.

KIM, S.I. *et al.* Insecticidal activities of aromatic plant extracts and essential oils against *Sitophilus oryzae* and *Callosobruchus chinensis*. **Journal of Stored Products Research**, v. 39, p. 293-303, 2003.

KOGAN, M. Integrated Pest Management: Historical perspectives and contemporary developments. **Annual Review of Entomology**, v.43, p.243-270, 1998.

LENGAI, G. M. W.; MUTHOMI, J. W.; MBEGA, E. R. Phytochemical activity and role of botanical pesticides in pest management for sustainable agricultural crop production. **Scientific African**, v. 7, 2020.

MENEZES, E. L. A. **Inseticidas botânicos: seus princípios ativos, modo de ação e uso agrícola**. Seropédica, Rio de Janeiro: Embrapa Agrobiologia, 2005. 58 p.

MORAES, F. E. M. **Seletividade dos extratos etanólicos de *Annona muricata* L. e *Annona squamosa* L. (Annonaceae) sobre o predador *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant, 1853 (Coleoptera: Coccinellidae).** 2020. Dissertação (Proteção de Plantas, Centro de Ciências Agrárias) - Universidade Federal de Alagoas, Alagoas.

MOREIRA, M. D.; PICANÇO, M. C.; SILVA, E. D.; MORENO, S. C.; MARTINS, J. C.; VENZON, M.; PALLINI, A. **Uso de inseticidas botânicos no controle de pragas.** Controle alternativo de pragas e doenças. Viçosa: EPAMIG/CTZM, 89-120. 2006.

NOGUEIRA, M.A.S.; PALMÉRIO, M. Practice oriented results on use and production of plant extracts and pheromones in integrated and biological pest control. *In: Workshop Neem and Pheromones*, 1., 2007, Uberaba.

PADIAL, I. M. P. M.; da SILVA MATIASSO, A.; de SOUZA, S. A.; MUSSURY, R. M. Efeito de extratos vegetais de *Styrax camporum* Pohl. sobre a oviposição de *Plutella xylostella* (L., 1758) (Lepidoptera: Plutellidae). **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 9, p. 67038-67055, 2020.

PARRA, J. R. P.; BOTELO, P. S. M.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; BENTO, J. M. S. Controle biológico: terminologia. *In: PARRA, J. R. P. et al. (org.). Controle biológico no Brasil: parasitóides e predadores.* São Paulo: Manole, p. 1-16, 2002.

PARRA, J. R. P.; KOVALESKI, A. Avanços no manejo integrado de pragas (MIP) no Brasil. *In: Ciência, agricultura e sociedade.* Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p. 75-115, 2006.

PAVELA, R.; BENELLI, G. Essential oils as eco-friendly biopesticides? Challenges and constraints. **Trends in Plant Science**, v. 21, n. 12, p. 1000-1007, 2016.

PERES, L.; SOBREIRO, A.; COUTO, I.; SILVA, R.; PEREIRA, F.; VIEIRA, S. H.; MAUAD, M.; SCALON, S.; VERZA, S.; MUSSURY, R. Chemical compounds and bioactivity of aqueous extracts of *Alibertia* spp. in the control of *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae). **Insects**, v. 8, n. 125, p. 2–13, 2017.

RATTAN, R. S. Mechanism of action of insecticidal secondary metabolites of plant origin. **Crop Protection**, v. 29, n. 9, p. 913-920, 2010.

RIBEIRO, L. do P.; VENDRAMIM, J. D.; BALDIN, E. L. L. **Inseticidas botânicos no Brasil: aplicações, potencialidades e perspectivas.** Piracicaba: FEALQ, 2023.

RODRIGUES, J. S.; CASTRO, R. M. de; SILVA, M. G. G. da; SILVA, D. da. Atividade inseticida de extratos vegetais e seletividade a insetos benéficos. **Revista Semiárido De Visu**, v. 5, n. 3, 2016.

SNA – Sociedade Nacional de Agricultura. **Inseticidas biológicos lideram pedidos de registros de bioinsumos no Brasil**, 2023. Disponível em: <https://sna.agr.br/inseticidas-biologicos-lideram-pedidos-de-registros-de-bioinsumos-no-brasil/>. Acesso em: 26 mar. 2025.

SOUZA, V. G. D. **Tecnologias de produção e de controle de qualidade da matéria-prima vegetal, obtida a partir das folhas de angico (*Anadenanthera colubrina* (Vell) Brenan var. cebil (Griseb.) Altschul)**, 2018.

SUTHERLAND, T.; WEIR, K.; LACEY, M.; HORNE, I.; RUSSELL, R.; OAKESHOTT, J. Enriquecimento de uma cultura microbiana capaz de degradar o endossulfato, o metabólito tóxico do endosulfan. **Journal of Applied Microbiology**, v. 92, p. 541–548, 2002.

VASANTHARAJ, D.B. Biotechnological approaches in IPM and their impact on environment. **Journal of Biopesticides**, v. 1, n. 1, p. 1-5, 2008.

VENDRAMIM, J.D.; RIBEIRO, L.P.; BALDIN, E.L.L. Conceitos, histórico e estado da arte das pesquisas com inseticidas botânicos no Brasil, Piracicaba, São Paulo, Brasil. *In: Inseticidas Botânicos no Brasil: Aplicações, potencialidades e perspectivas*, 1 ed.; Ribeiro, L.P., Vendramim, J.D., Baldin, E.L.L. FEALQ: Piracicaba, São Paulo, Brasil, 2023.

VIZZOTTO, M.; KROLOW, A. C. R.; WEBER, G. E. B. **Metabólitos secundários encontrados em plantas e sua importância. Pelotas: Embrapa Clima Temperado**, 2010. 16 p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 316).

CAPÍTULO 16

BIOFERTILIZANTE À BASE DE SUBSTÂNCIAS HÚMICAS PROPORCIONA MELHOR QUALIDADE DE MUDAS DE JENIPAPO (*G. americana* L.)

Lucas Silva Oliveira   

Universidade Federal do Agreste de Pernambuco, Brasil

Maria Gorete dos Santos Silva   

Universidade Federal do Agreste de Pernambuco, Brasil

Ionara Cristina Silva Lucena   

Universidade Federal do Agreste de Pernambuco, Brasil

João Paulo Goes da Silva Borges   

Universidade Federal do Agreste de Pernambuco, Brasil

Adriele Alves de Oliveira   

Universidade Federal do Agreste de Pernambuco, Brasil

Maria Camila Cordeiro da Silva   

Universidade Federal do Agreste de Pernambuco, Brasil

Antônio Augusto Marques Rodrigues   

Universidade Federal do Agreste de Pernambuco, Brasil

Edilma Pereira Gonçalves   

Universidade Federal do Agreste de Pernambuco, Brasil

Jeandson Silva Viana   

Universidade Federal do Agreste de Pernambuco, Brasil

DOI: 10.52832/wed.169.977 

Resumo: O jenipapeiro (*Genipa americana* L.) possui porte arbóreo e grande abrangência em todo Brasil. A produção de mudas de qualidade é fundamental para projetos de recuperação ambiental, e o uso de insumos sustentáveis como biofertilizantes tem se mostrado promissor. Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes doses do biofertilizante Sollus Humic® sobre o crescimento e a fisiologia de mudas de *G. americana*. O experimento foi conduzido em casa de vegetação na UFAP, em delineamento inteiramente casualizado, com quatro doses (0,0; 0,5; 1,0 e 1,5 mL/L), sete repetições e 112 plantas. Aos 180 dias após a semeadura, foram avaliadas variáveis morfofisiológicas. Os resultados demonstraram que a aplicação do biofertilizante influenciou positivamente o número de folhas, a massa fresca da parte aérea e da raiz, além dos teores de clorofilas a, b e total, ajustando-se a modelos quadráticos. A dose de 1,5 mL/L destacou-se por promover maior acúmulo de biomassa e incremento na atividade fotossintética. O uso do Sollus Humic® representa uma estratégia eficiente e sustentável para a produção de mudas de jenipapo.

Palavras-chave: Adubação alternativa. Crescimento vegetal. Jenipapo. Mudas.

1 INTRODUÇÃO

A espécie *Genipa americana* L. é uma planta com porte arbóreo, pertencente à família das Rubiáceas, sua espécie é amplamente difundida em países de clima tropical, úmido e países da América Latina como o Brasil, além disso, possui hábito arbóreo, podendo chegar a 25 m de altura (Santos *et al.*, 2017; Moura 2016; Embrapa 2020). Apresenta grande relevância social, econômica e medicinal. É rica em hidratos de carbono, ferro, cálcio, potássio, bromo, zinco, manganês e vitaminas B1, B2, B5 e C, e sua baga é utilizada na fabricação de compotas, doces, xarope, vinhos e licor (Farias *et al.*, 2024).

A obtenção de recursos dessa espécie ocorre predominantemente por meio do extrativismo, sendo sua exploração comercial incentivada como estratégia para a recuperação de áreas degradadas, bem como uso de extratos em tinturas corporais, com reconhecido valor cultural e histórico para comunidades tradicionais (Mello; Sena; Oliveira, 2017).

A produção de mudas de espécies nativas vem sendo empregada como método de maior usabilidade como principal forma de revitalizar ambientes degradados ou áreas com inexistência de vegetação nativa (Rodrigues; Giuliatti; Pereira Júnior, 2020). Desse modo, avanços no conhecimento sobre a propagação de jenipapo são relevantes para a adoção de tecnologias que aumentem a produção de mudas (Cardoso *et al.*, 2022).

Considerando o papel do substrato nesse processo, sua qualidade exerce influência significativa no processo de germinação, interferindo na absorção de água e nutrientes. Nesse contexto, o uso de substâncias húmicas destaca-se como uma alternativa sustentável, contribuindo não apenas para o desempenho fisiológico das plantas, mas também para práticas de conservação e reaproveitamento de resíduos e enriquecimento do solo.

Essas substâncias húmicas, por sua vez, são compostos orgânicos condensados e estáveis, resultado de ações microbianas que estão diretamente envolvidas na maior parte das reações que

ocorrem no solo (Rosa *et al.*, 2017). Quando incorporadas ao solo, essas substâncias influenciam de forma direta, a estrutura física, química e microbiológica do meio onde são aplicadas, este comportamento atinge o metabolismo e o desenvolvimento das plantas (Canellas *et al.*, 2005).

Esses compostos atuam ativamente melhorando a performance produtiva, sem a adição de compostos irregulares de acordo com a normas estabelecidas para produtos orgânicos (Mapa, 2012). Um exemplo é o ácido fúlvico, que, embora possua estrutura semelhante aos ácidos húmicos, apresenta menor peso molecular é facilmente solúvel em solução ácida e básica, maior quantidade de compostos fenólicos e grupos carboxílicos, além de uma pequena quantidade de estrutura aromática. Essas características lhe conferem maior solubilidade em água e maior capacidade de troca catiônica, sendo usadas como insumos agrícolas com o objetivo de melhorar o solo para desenvolvimento satisfatório, principalmente, do sistema radicular da planta (Camargo *et al.*, 2015).

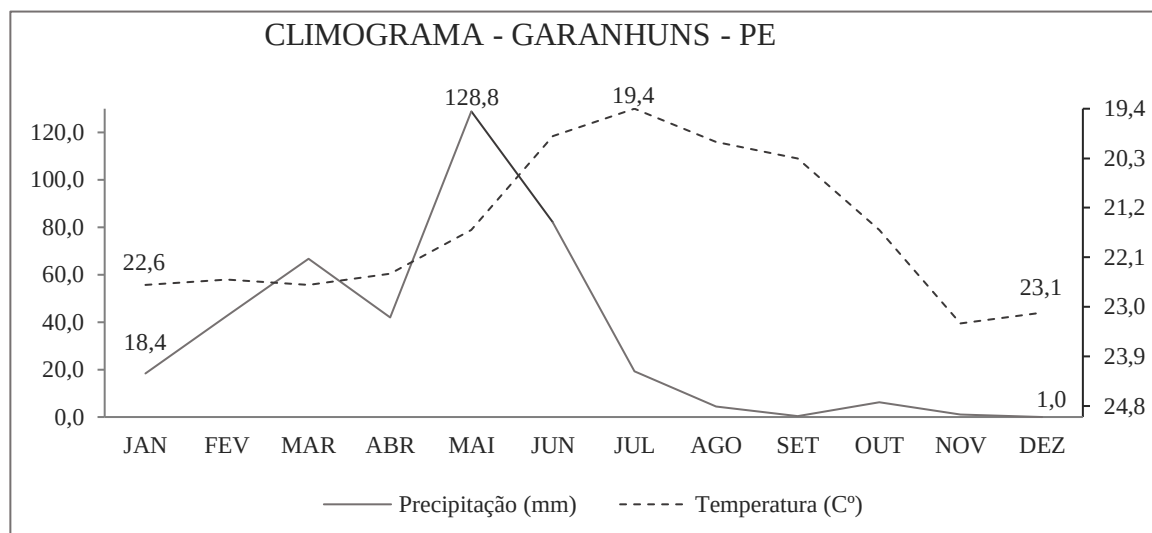
Sendo assim, objetiva-se com este trabalho avaliar o crescimento e o desenvolvimento de mudas de jenipapo sob aplicações de doses de biofertilizante Sollus Humic®.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação pertencentes ao Laboratório de Análises de Sementes e Plantas (LASPLAN), situado na Universidade Federal do Agreste de Pernambuco (UFAPE), em Garanhuns Pernambuco...

O município de Garanhuns está localizado na região geográfica de coordenadas 8°54'24"S e 36°29'39"W, no Agreste Meridional de Pernambuco. A região apresenta clima úmido/seco do tipo tênue (Lucena *et al.*, 2024), com precipitação média anual variando entre 700 mm e 1200 mm e temperatura média anual entre 20,1 °C e 22,0 °C (Barbosa *et al.*, 2016).

Figura 1 – Médias de temperatura e precipitação anuais do município de Garanhuns – PE, durante o experimento. Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).



Fonte: Autores, 2023.

As sementes utilizadas no trabalho foram coletadas em 7 plantas matrizes da cidade de Quipapá localizada na região da mata sul do estado de Pernambuco com coordenadas geográficas de 8°49'36"S e 36°00'41"W. A região possui clima do tipo tropical úmido (AS') segundo a classificação de Köppen (Embrapa, 2021).

Os frutos utilizados foram coletados diretamente no chão, em seguida despolidos e retirada as sementes. Após o processo de beneficiamento, as sementes foram lavadas em água corrente e secas em ambiente de laboratório, sendo em seguida realizados a semeadura em tubetes de plástico com medida de 125 x 61 x 33cm, preenchidos com substrato e semeadas 2 sementes em cada tubete. As bandejas contendo os tubetes foram colocadas em casa de vegetação onde permaneceram até o fim 180 dias do experimento. Após os 30 DAP foi realizado o desbaste de plantas excedentes deixando apenas uma planta por tubete.

O delineamento adotado foi inteiramente casualizado (DIC) composto de 4 doses de biofertilizante, distribuídas em 4 blocos com 7 repetições, totalizando uma unidade amostral de 112 plantas.

Ao surgimento do segundo par de folhas verdadeiras das plantas, foram aplicadas as dosagens de 0,0; 0,5; 1,0 e 1,5 mL do biofertilizante Sollos Humic®, por meio de fertirrigação com o auxílio de pulverizadores acoplados em garrafas pet de 500 mL direcionando a aplicação para o substrato, buscando reduzir o mínimo de deriva da solução durante a aplicação.

Aos 180 dias foram realizadas as avaliações morfofisiológicas das mudas: Número de Folhas (NF), Comprimento da Parte Aérea (CPA), Comprimento da Raiz (CR), Diâmetro do Colo (DC), Clorofila *a* e *b*, Clor. Total e Carotenoides.

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($p \leq 0,05$). Quando houve efeito significativo entre as doses do biofertilizante, foi aplicada análise de regressão polinomial até o segundo grau. Com o objetivo de correlacionar as características que mais diferiram entre as doses de biofertilizante, foi realizada uma análise de correlação e uma análise de componentes principais utilizando o software JMP® 18.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O uso do biofertilizante influenciou diferentes aspectos morfofisiológicos das mudas *de Genipa americana* L., com destaque para a produção de biomassa (número de folhas, massa fresca da parte aérea, massa fresca da raiz) e aumento nos índices de clorofila (Figuras 2 e 3, respectivamente. De acordo com Tavares *et al.* (2022) o estudo das avaliações morfofisiológicas em espécies são fundamentais tanto na identificação de respostas positivas direcionadas ao manejo quanto para detectar limitações causadas por fatores abióticos.

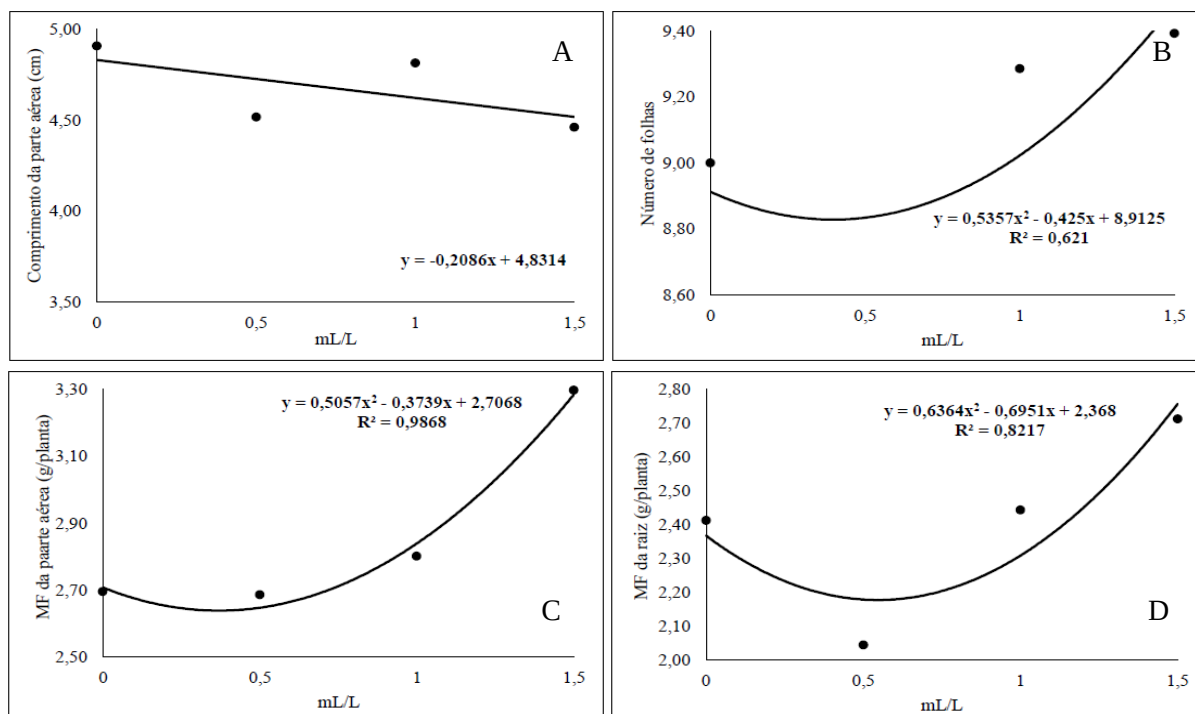
Os resultados do comprimento da parte aérea das plantas (Figura 2A) apresentaram uma redução linear, à medida que aumentou a dose do biofertilizante diminuiu o tamanho das plantas. Evidenciando que maiores concentrações do biofertilizante testado podem ocasionar a redução de parte aérea, devido a feitos fitotóxicos ou realocação de metabólitos. Já para as variáveis biométricas como número de folhas (Figura 2B), massa fresca da parte aérea (Figura 2C) e da raiz (Figura 2D), os dados se adaptaram ao modelo de regressão quadrática, com valores mínimos observados próximos a 0,4 – 0,5 mL/L seguidos por aumento nas doses superiores. Isso sugere que ao ser submetidas a doses mais elevadas de biofertilizante, pode ocorrer o estímulo ao crescimento das mudas de jenipapo, provavelmente devido à maior disponibilidade de compostos bioativos e nutricionais presentes.

O comprimento da raiz e a massa fresca da raiz é um indicador da saúde e vigor do sistema radicular (Judd, 2015). O aumento da massa fresca da raiz das mudas de jenipapo sugere que as plantas têm um sistema radicular mais desenvolvido, o que é crucial para a estabilidade e para a absorção de nutrientes quando levadas ao local definitivo do plantio.

As variáveis diâmetro de colo e comprimento radicular, melhor se enquadraram a um modelo quadrático onde o menor diâmetro de caule ocorre aproximadamente no ponto referente a 1,04 mL/L, com diâmetro médio de 1,28 mm, já o comprimento radicular, foi observado o menor comprimento associado ao ponto mínimo da curva com 1,16 mL/L, apresentando raízes de

comprimento médio de 11,67 cm. Provavelmente a redução do diâmetro de caule e comprimento de raiz pode estar diretamente ligado a diminuição na assimilação de nutrientes e a eficiência fotossintética da planta. Todavia, as doses iniciais do tratamento podem ter ocasionado algum tipo de estresse ou efeito subótimo, o que pode justificar a queda das linhas de tendência observadas.

Figura 2 – Valores para os parâmetros de (A) Comprimento da parte aérea, (B) Número de folhas, (C) Massa fresca da parte aérea, (D) Massa fresca da raiz, em mudas de *G. americana* L. submetidas a doses de biofertilizante.



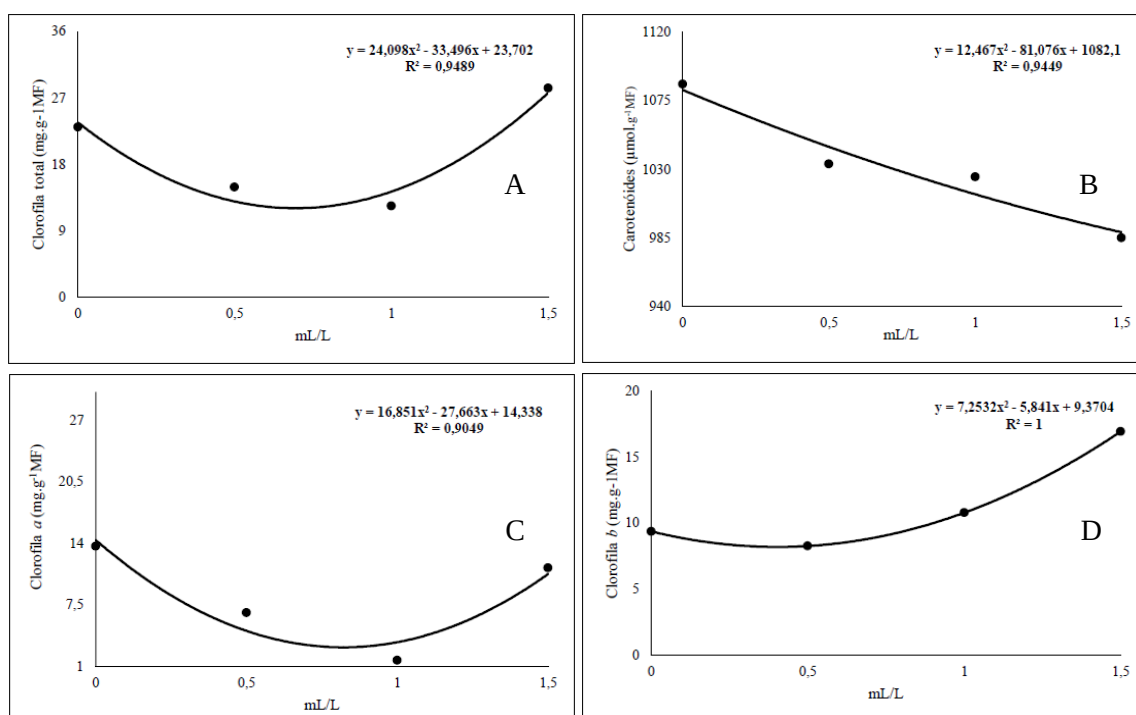
Fonte: Autores, 2023.

A relação entre as doses do tratamento e a clorofila *a* (Figura 3A) e clorofila *b* (Figura 3B), ajustaram-se ao modelo quadrático, aumente. O valor mínimo da curva para clorofila *a* ocorre com 0,70 mL/L, o que sugere que doses com valores inferiores ou superiores pode favorecer maiores teores de clorofila, já para a clorofila *b* isso ocorre no ponto 0,266 mL/L com aumento paralelo das concentrações do pigmento, ou seja, à medida que se aumenta a dose. Esse comportamento pode estar associado ao efeito fisiológico da dose dependente do composto utilizado, que em baixas concentrações pode desencadear estresse leve e inibir parcialmente a síntese de pigmentos, enquanto em doses mais elevadas pode atuar como bioestimulante, promovendo a fotossíntese e a síntese de clorofilas (Taiz; Zeiger, 2017).

No que se diz respeito a clorofila total o gráfico apresentou um ajuste mais adequado ao modelo quadrático negativo com concavidade para cima, indicando um ponto mínimo entre as doses de 0,5 e 1,0 mL/L, onde a dose controle e a dose mais alta (1,5 mL/L) levaram a maiores teores de clorofila total, sugerindo que doses intermediárias podem inibir de forma temporária a

produção e instabilidade da clorofila total. Segundo Taiz e Zeiger (2017) os teores de clorofila refletem indiretamente as concentrações de nitrogênio (N) e magnésio (Mg) nas folhas, pois as moléculas de clorofila são constituídas por um átomo central de magnésio ligado a quatro átomos de nitrogênio. Dessa forma, pode existir uma correlação direta entre a concentração de clorofila e o estado nutricional da planta. Assim, pode reforçar a hipótese de que alterações nos teores de clorofila indicar limitações na absorção desses nutrientes em determinadas doses do biofertilizante Sollos Humic®.

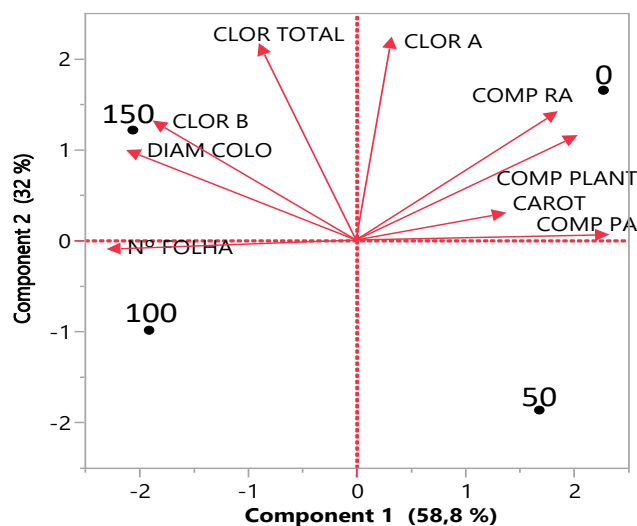
Figura 3 – Valores para o índice de Clorofila *a* (A), Clorofila *b* (B), Clorofila total (C) e Carotenoides (D) em mudas de *G. americana* L. submetidas a diferentes doses do biofertilizante Sollus humic®.



Fonte: Autores, 2023.

A Análise de Componentes Principais (PCA) (Figura 4), sugere que há uma resposta junto ao tratamento, especialmente nas variáveis que estão relacionadas ao crescimento e atividade fotossintética, o que evidenciou que o componente 1 explicou cerca de 58,8% da variância total, afirmando que as variáveis como, comprimento da parte aérea (COMP PA), radicular (COMP RA) e total de planta (COMP PLANT), mostraram uma relação direta e positiva entre si, refletindo o efeito dos tratamentos de biofertilizante referente ao desenvolvimento morfológico. Também mostraram correlação positiva as clorofilas A, B e total, indicando resposta fisiológica coerente aos tratamentos.

Figura 4 – Análise de Componentes Principais (PCA), mostrando a distribuição dos tratamentos e a contribuição das variáveis morfofisiológicas: COMP PA, COMP RA, COMP PLANT, CLOR A, CLOR B, CLOR TOTAL, CAROT, DIAM COLO e N° FOLHA para os componentes principais.

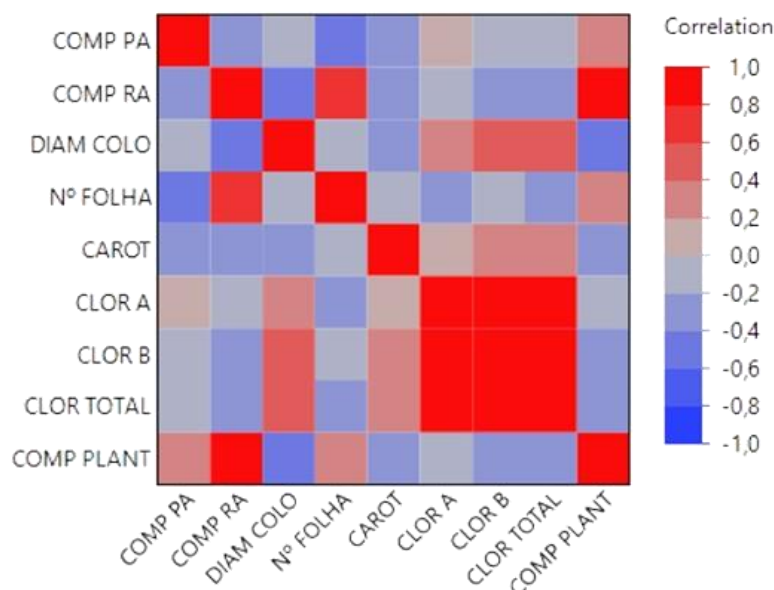


Fonte: Autores, 2025.

A forte correlação entre variáveis de clorofila, mostra que o biofertilizante pode ter potencial para estimular o sistema fotossintético das plantas. Resultados semelhantes foram encontrados por Busato (2016), que utilizou três biofertilizantes em mudas de *Calophyllum brasiliense*, onde os teores de clorofila foram maiores quando comparados com o controle. Da mesma forma, ocorre com as correlações entre medidas de crescimento, como número de folhas e comprimento da parte aérea e radicular reforçam seu efeito promotor de desenvolvimento vegetal. De acordo Baldotto *et al.* (2017) as substâncias húmicas da matéria orgânica atuam no enraizamento de diversas plantas, além de exercem efeitos estimulantes na parte aérea, como incrementos do acúmulo de nutrientes foliares e também síntese de clorofila

A correlação de diâmetro de colo e número folhas indica que plantas que apresentaram um maior diâmetro de caule também tinham uma maior quantidade de folhas. O aumento do número de folhas com doses crescentes de do biofertilizante pode estar associado à maior disponibilidade de nutrientes e à melhoria das condições do solo promovidas pelo produto. A presença de um maior número de folhas aumenta a área foliar total, o que pode resultar em uma maior capacidade fotossintética da planta, fator crucial para a produção de biomassa e para o crescimento vegetativo da planta.

Figura 5 – Matriz de correlação entre variáveis morfofisiológicas de plantas sob diferentes doses do biofertilizante Sollus Humic®. As cores indicam a correlação de Pearson, de -1 (negativa perfeita, azul) a +1 (positiva perfeita, vermelho).



Fonte: Autores, 2025.

A matriz de correlação apresentada na Figura 5, reforçam os resultados encontrados, apontando uma relação entre as variáveis de crescimento e pigmentação, com exceção dos carotenóides que apresentaram comportamentos diferentes, o que pode estar associado a mecanismos com relação a proteção de estresses.

Paiva *et al.* (2019) ressalta que na ausência dessas condições benéficas, a produção de biomassa é prejudicada tanto no crescimento inicial das mudas quanto no estágio mais tardios, com isso, limitando o crescimento dos ramos, do caule e no número de folhas comentam que com isso, a produção de biomassa é prejudicada tanto no crescimento inicial das plantas como também nos estádios mais tardios, limitando o crescimento dos ramos, o crescimento do caule, o número de folhas e a área foliar.

O diâmetro do colo é um indicador importante da robustez, seu aumento em diâmetro a partir da aplicação de Sollus Humic® sugere o desenvolvimento de caules mais fortes e saudáveis, capazes de suportar uma maior biomassa foliar e radicular. Além disso, o diâmetro do caule exerce uma relevância variável para análises de mudas, visto que o maior DC está agregado a um desempenho mais enfatizado da parte aérea e, principalmente, do sistema radicular, contribuindo para sobrevivência e o desenvolvimento da muda após o plantio (Santos *et al.*, 2016).

O aumento da massa fresca da parte aérea indica um acúmulo maior de biomassa acima do solo, o que está diretamente relacionado à capacidade fotossintética da planta. De acordo com Silva *et al.* (2017) para que a muda obtenha um maior desempenho no campo é fundamental tenha bom

desenvolvimento de biomassa que indica acréscimos na taxa fotossintética e, conseqüentemente, na produção de assimilados pela planta. Assim, a obtenção de maior número de folhas pode estar relacionada ao acúmulo de fotoassimilados que é de grande importância no processo metabólico, agregando na função principal das reações que envolvem o ATP.

Os resultados apontam o biofertilizante Sollus Humic® como uma alternativa viável e eficiente para melhorar o desempenho fisiológico e morfoestrutural das mudas de genipapo, contribuindo com práticas agrícolas sustentáveis.

4 CONCLUSÃO

A aplicação da dose de 1,5 mL/L do biofertilizante Sollus Humic® pode melhorar significativamente desenvolvimento de *G. americana* L., aumentando tanto a biomassa quanto a capacidade fotossintética e a resistência a estresses ambientais

Agradecimentos e financiamento

Agradecimentos ao Laboratório de Sementes e Plantas (LASPLAN), a Universidade Federal do Agreste de Pernambuco (UFAPE) e a Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES).

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, A. C. S.; SOUZA, A. F.; RAMOS, F. N.; PEREIRA, T. S.; CRUZ, A. P. M. Germinação de sementes de jenipapo: temperatura, substrato e morfologia do desenvolvimento pós-seminal. **Revista de pesquisa agropecuária bras.**, v.35, n.3, p.609-615, mar. 2000.
- BALDOTTO, M. A.; BALDOTTO, L. E. B. Ácidos húmicos. **Revista Ceres**, v. 61. Suplemento, p. 856-881, nov/dez, 2014.
- BALDOTTO, M. A., SOUZA, A. D. C., VIANA, M. C. M., ALMEIDA, D. D. D., BALDOTTO, L. E. B. Bioatividade das substâncias húmicas extraídas de solos manejados com integração, lavoura, pecuária e floresta. **Revista Ceres**, v. 64, n. 5, p. 540-547, 2017.
- BUSATO, J. G. *et al.* Efeito do extrato húmico solúvel em água e biofertilizante sobre o desenvolvimento de mudas de *Callophyllum brasiliense*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 36, n. 86, p. 161-168, 2016.
- CARDOSO, M. N.; SOARES, A. N. R.; OLIVEIRA, L. A. R.; NASCIMENTO, L. H. A.; LEDO, A. S.; SILVA, A.V. C. Qualidade fisiológica e tolerância de sementes de *Genipa americana* L. à secagem. **Scientia Plena**, v. 18, n. 9, p. 1–11, 2022.
- FARIAS, C. C. M., MORAES, C. E., MACIEL, K. S., LIMA, P. A. M., MENGARDA, L. H. G., OLIVEIRA, S., LOPES, J. C. Teor de água e substrato: fatores-chave para a germinação e vigor de sementes de jenipapo. **Revista caderno pedagógico**, v.21, n.13, p. 01-20. 2024.

JUDD, L.A.; JACKSON, B.E.; FONTENO, W.C. Advancements in Root Growth Measurement Technologies and Observation Capabilities for Container-Grown Plants. **Plants**, v. 4, p. 369-392, 2015. <https://doi.org/10.3390/plants4030369>

LUCENA, R. L.; SILVA, A. D. G.; ESTECA, F. C. N.; GALVANI, E. Clima e balanço hídrico climatológico de áreas serranas e da depressão sertaneja do semiárido brasileiro. **Revista Agrogeoambiental**, v. 16, 2024.

MELLO, A. H.; SENA, D. S.; OLIVEIRA, G. F. Avaliação do desenvolvimento de mudas de jenipapo (*Genipa americana* L.), inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares. **Enciclopédia biosfera, Centro Científico Conhecer**, v. 14, n. 25, p. 258, 2017.

MOURA, S. M. S.; SOUZA, S. R. S.; JÚNIOR, A. M. C. *Genipa americana* L.: prospecção tecnológica. **Jornal Interdisciplinar de Biociências**, v.1, n.2, 2016.

OLIVEIRA, L. M.; SILVA, E. O.; BRUNO, R. L. A.; ALVES, E. U. Períodos e ambientes de secagem na qualidade de sementes de *Genipa americana* L. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, n. 2, p. 495-502, 2011.

PAIVA, J. N.; BRAGA, R. S. S.; SILVA, J. A.; CANTO, J. L. Crescimento e sobrevivência de *Genipa americana* L. no município de Macaíba (Rio Grande do Norte–Brasil). **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 7, n. 3, 2019.

ROSA, D. M.; NÓBREGA, L. H. P.; MAULI, M. M.; LIMA, G. P. D.; PACHECO, F. P. Substâncias húmicas do solo cultivado com plantas de cobertura em rotação com milho e soja. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, p. 221-230, 2017.

SANTOS, M. C. P.; ALMEIDA, D. M.; SOUZA, A. N.; JUNIOR, V. C. B.; COSTA, M. P. **Índice de emergência de jenipapo (*Genipa americana* L.), em diferentes substratos**. In: II CONGRESSO INTERNACIONAL DA DIVERSIDADE DO SEMIÁRIDO, 2017, Campina Grande. Anais [...]. Campina Grande: Realize Editora, 2017.

SANTOS, P. L. F. D.; PAIXÃO, A. P.; SILVA, O. N. M. D.; CASTILHO, R. M. M. D.; FARIA, R. C. D.; VIEIRA, N. C. D. S. Doses de adubo de liberação lenta no crescimento inicial de mudas de tamarindo. **Nucleus** (16786602), v. 15, n. 1, 2018.

SANTOS, S. T.; OLIVEIRA, F. D. A.; MEDEIROS, J. P. B.; NETA, M. L.; ALVES, R.; COSTA, L. P. Qualidade de mudas de cultivares de tomateiro em função de soluções nutritivas de concentrações crescentes. **Revista Agro@mbiente on-line**, v. 10, n. 4, p. 326-333, 2016.

SILVA, A. V. C.; LEDO, A. S.; SILVA JÚNIOR, F. J., in **Descritores para o jenipapeiro**. Brasília, DF. Embrapa, 2020.

SILVA, M. R. R.; BERTOLAIA, M. C.; VANZELA, L. S.; VAZQUEZ, G. H. Fosfogesso no crescimento de mudas de mamão. **Revista Cultura Agronômica**, v. 26, n. 1, p. 42-52, 2017.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.M.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

TAVARES, C.J.; RIBEIRO JUNIOR, W.Q.; RAMOS, M.L.G.; PEREIRA, L.F.; CASARI, R.A.d.C.N.; PEREIRA, A.F.; SOUZA, C.A.F.; SILVA, A.R.; NETO, S.P.d.S.; Mertz-Henning,

L.M. Water Stress Alters Morphophysiological, Grain Quality and Vegetation Indices of Soybean Cultivars. *Plants*, v. 11, 559, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants11040559>.



CAPÍTULO 17

ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA PARA O MUNICÍPIO DE TERESINA, PIAUÍ, POR MÉTODOS EMPÍRICOS

Gonçalves Albino Daula   
Universidade Federal do Piauí, Brasil

Renato Oliveira de Sousa   
Universidade Federal do Piauí, Brasil

Ramón Yuri Ferreira Pereira   
Universidade Federal do Piauí, Brasil

Selma Maria Dias de Moraes Costa   
Universidade Federal do Piauí, Brasil

Vânia Maria Gomes da Costa Lima   
Universidade Federal do Piauí, Brasil

Ana Alice Salmito Nolêto de Campos Ferreira   
Universidade Federal do Piauí, Brasil

Edson Alves Bastos   
Embrapa Meio-Norte e Universidade Federal do Piauí, Brasil

Aderson Soares de Andrade Júnior   
Embrapa Meio-Norte e Universidade Federal do Piauí, Brasil

DOI: 10.52832/wed.169.978 

Resumo: A estimativa da evapotranspiração da referência (ET_o) é fundamental para o manejo eficiente da irrigação na agricultura. Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo estimar a ET_o utilizando métodos empíricos de Hargreaves e Samani, Andrade Júnior e Tanque Classe A, comparando-os ao método padrão Penman-Monteith FAO 56, na escala diária, com o intuito de identificar métodos que apresentam melhor desempenho para às condições climáticas do município de Teresina, Piauí. Foram utilizados dados meteorológicos diários, referentes a um ano, obtidos da Embrapa Meio-Norte, incluindo temperaturas máxima, média e mínima do ar (°C), insolação (horas), umidade relativa do ar (%), velocidade do vento a 2 metros de altura (m s⁻²), pressão atmosférica (mbar) e evaporação do Tanque Classe A (mm). Para a comparação entre os métodos, foram aplicados indicadores estatísticos como coeficiente de determinação (R²), correlação linear de Pearson (r), erro absoluto médio (EAM), raiz do erro quadrático médio (REQM), erro percentual médio (EPM) razão entre as médias (RM) índice de concordância (d) e índice de desempenho (ICS). Os resultados indicaram que o método de Andrade Júnior apresentou o melhor desempenho na estimativa da ET_o para às condições climáticas de Teresina, enquanto os métodos de Hargreaves-Samani e Tanque Classe A apresentaram desempenho classificado mediano e insatisfatório, respectivamente, revelando limitações na acurácia das estimativas de ET_o em relação ao método padrão. Recomenda-se a realização de novos estudos com séries temporais mais longas e sob diferentes condições climáticas para validar e generalizar os resultados deste trabalho.

Palavras-Chave: Métodos empíricos. Penman-Monteith-FAO 56. Manejo da irrigação. Demanda hídrica de cultivos.

1 INTRODUÇÃO

A evapotranspiração de referência (ET_o) desempenha um papel fundamental no balanço hídrico agrícola, sendo amplamente utilizada no dimensionamento de sistemas de irrigação, no planejamento do manejo da água e em estudos de produtividade de culturas (Paca *et al.*, 2019; Turcato; Minuzzi, 2024). A ET_o representa a evapotranspiração de uma cultura hipotética, caracterizada por altura padrão de 0,12 m, resistência aerodinâmica da superfície de 70 s m⁻¹ e albedo de 0,23, sob condições ideais, sem limitações hídricas e livres de doenças e pragas (Muhammad *et al.*, 2019; Paca *et al.*, 2019). A estimativa precisa da ET_o é essencial em regiões semiáridas, como Teresina, Piauí, onde o déficit hídrico e a variabilidade climática impõem desafios consideráveis ao crescimento e desenvolvimento das culturas.

Diversas metodologias têm sido desenvolvidas para estimativa da ET_o, diferenciando-se quanto à complexidade e quantidade de dados meteorológicos exigidos. Essas metodologias são comumente classificadas em diretas e indiretas (Barro *et al.*, 2019). A lisimetria é o método tradicional de medição direta, podendo ser realizada por meio de lisímetros de pesagem, de drenagem ou lençol freático constante (Sales *et al.*, 2017). Ainda segundo os autores, as medições diretas apresentam custos elevados, demandam equipamentos sofisticados e exigem mão de obra altamente especializada, o que as torna inviáveis para utilização pelos produtores. Assim, sua aplicação fica geralmente restrita à calibração e validação de métodos indiretos.

Dentre os métodos indiretos, destacam-se os empíricos, os baseados no balanço hídrico, os aerodinâmicos, os de balanço de energia, os combinados, a razão de Bowen, a correlação de turbilhões e, mais recentemente, aqueles baseados em sensoriamento remoto, utilizando imagens de satélite ou drones (Sales *et al.*, 2017; Muhammad *et al.*, 2019). Entre esses, destaca-se o método combinado de Penman-Monteith (PM) padronizado pelo Boletim FAO-56, amplamente reconhecido como o mais confiável para a estimativa da ETo (Barro *et al.*, 2019; Mota *et al.*, 2020; Turcato; Minuzzi, 2024). O método PM-FAO 56 apresenta alta correlação com os valores obtidos por lisimetria, sendo utilizado como referência para calibração de outros métodos indiretos (Sales *et al.*, 2017; Paca *et al.*, 2019). Contudo, sua aplicação diária exige a coleta de diversas variáveis meteorológicas, como temperatura do ar, umidade relativa, velocidade do vento, radiação solar, saldo de radiação, fluxo de calor no solo e insolação, as quais nem sempre são integralmente registradas nas estações meteorológicas (Santos *et al.*, 2021).

Diante da limitação na disponibilidade de dados meteorológicos, o uso de métodos empíricos que requerem um número reduzido de variáveis de entrada tem se tornado uma prática recorrente (Mota *et al.*, 2020). Entre esses métodos, destacam-se aqueles baseados apenas na temperatura do ar, como os propostos por Thornthwaite (1948), Blaney-Criddle (1950) e Hargreaves e Samani (1985); os que combinam temperatura e umidade relativa, como o método de Andrade Júnior (2003); além do método baseado na evaporação observada no Tanque Classe A (Mota *et al.*, 2020; Santos *et al.*, 2021; Gomes Júnior *et al.*, 2024).

Os métodos de Thornthwaite (1948) e Blaney-Criddle (1950) são tradicionalmente recomendados para a estimativa da ETo na escala mensal. Por sua vez, os métodos de Hargreaves e Samani (HS, 1985), Andrade Júnior (AJ, 2003) e o Tanque Classe A (TCA) são mais indicados para estimativas diárias da ETo (Nandorf1, et al., 2020; Turcato e Minuzzi, 2024). O método de HS (1985) foi desenvolvido e calibrado para condições semiáridas da Califórnia, utilizando como variáveis de entrada a temperatura do ar e a radiação no topo da atmosfera (Santos *et al.*, 2021). Por outro lado, o método de AJ (2003) foi ajustado especificamente para as condições climáticas das cidades de Teresina e Parnaíba, baseando-se em dados de temperatura do ar e umidade relativa (Mota *et al.*, 2020). Já o método TCA destaca-se por sua simplicidade operacional e ampla utilização em diferentes regiões, sendo uma alternativa prática para a estimativa da ETo, embora apresente menor precisão quando comparado a métodos que utilizam múltiplos parâmetros meteorológicos (Nandorf1 *et al.*, 2020).

Entretanto, considerando que os métodos empíricos foram desenvolvidos sob condições climáticas e agronômicas específicas, que frequentemente diferem da realidade local, torna-se fundamental comparar seu desempenho em relação ao método padrão PM-FAO 56 (Gomes Júnior

et al., 2024). Ainda segundo os autores, a comparação visa avaliar a acurácia e a aplicabilidade local dos métodos simplificados, além de minimizar possíveis erros sistemáticos de subestimação ou superestimação da ETo.

Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo estimar a ETo utilizando métodos empíricos de Hargreaves e Samani, Andrade Júnior e Tanque Classe A, comparando-os ao método padrão de PM-FAO 56, na escala diária. Busca-se, com isso, identificar métodos que apresentam melhor desempenho para às condições climáticas do município de Teresina, Piauí, visando subsidiar o planejamento agrícola e promover o manejo eficiente da irrigação.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Segundo a classificação climática de Köppen, o município de Teresina, Piauí, apresenta clima do tipo Aw, caracterizado como tropical quente e úmido, com a estação chuvosa concentrada no verão. Por outro lado, de acordo com a classificação de Thornthwaite e Mather (1995), o clima da região é definido como tropical subúmido seco e megatérmico (Andrade Júnior *et al.*, 2004; Bastos; Andrade Júnior, 2008).

Para a realização deste estudo, foram utilizados dados meteorológicos diários de Teresina, correspondentes a um ano, disponibilizados pela Embrapa Meio-Norte. Os dados incluíram temperatura máxima, média e mínima do ar (°C), insolação (horas), umidade relativa do ar (%), velocidade do vento a 2 metros de altura (m s^{-2}), pressão atmosférica (mbar) e evaporação medida pelo Tanque Classe A (mm). A qualidade dos dados utilizados foi validada pela Embrapa Meio-Norte e pelos autores, assegurando a confiabilidade das análises.

A estimativa da ETo foi realizada na escala diária, utilizando o método de PM-FAO 56 como padrão (Allen *et al.*, 1998), além dos métodos empíricos de Hargreaves e Samani (HS), Andrade Júnior (AJ) e Tanque Classe A (TCA). A ETo estimada por cada método empírico foi comparada à obtida pelo método padrão, por meio da análise de regressão linear. Na análise, os valores da ETo estimados por cada método empírico foram utilizados como variável dependente (Y), enquanto os valores da ETo calculados pelo método padrão PM-FAO 56 foram utilizados como variável independente (X), ajustando-se à equação linear do tipo: $Y = aX + b$.

Para análise de precisão entre os métodos avaliados (Y) e o método padrão (X) foram utilizados os seguintes indicadores estatísticos: erro absoluto médio (EAM) (Equação 1), raiz do quadrado médio do erro (RQME) (Equação 2), coeficientes de determinação (R^2), correlação linear de Pearson (r) (Equação 3), índice de concordância (d) proposto por Willmott *et al.* (1985) (Equação 4), cujos valores variam de 0,0 (nenhuma concordância) a 1,0 (concordância perfeita), conforme descrito por Camargo e Camargo (2000). O índice de desempenho (CS) de Camargo e

Sentelhas (1997), foi calculado pelo produto entre o (r) e índice (d), conforme a Equação 5. Além disso, o erro percentual médio (EPM) e a razão entre as médias (RM) foram determinados segundo as Equações 6 e 7, respectivamente.

Os indicadores estatísticos, assim como os gráficos foram calculados e elaborados com o auxílio do software Microsoft Office Excel® (2019). A interpretação do desempenho dos métodos, com base no índice CS, seguiu os critérios descritos na Tabela 1. Os critérios adotados para a comparação entre os métodos que melhor estimam a ETo em relação o método padrão PM-FAO 56 foram: coeficientes de correlação linear de Pearson (r) e de determinação (R^2) mais próximos de 1, erro absoluto médio (EAM), raiz quadrada média do erro (RQME) e erro percentual médio (EPM) mais próximos de zero, razão entre as médias (RM) mais próxima de 100%, além dos valores dos índices de concordância (d) e o índice de desempenho (CS), também mais próximos de 1.

Tabela 1 – Interpretação do índice CS de Camargo e Sentelhas (1997).

Valor de índice CS	Desempenho
> 0,85	Ótimo
0,76 < c < 0,85	Muito bom
0,66 < c < 0,75	Bom
0,61 < c < 0,65	Mediano
0,51 < c < 0,60	Sofrível
0,41 < c < 0,50	Mau
< 0,40	Péssimo

Fonte: Camargo e Sentelhas (1997).

$$EAM = \frac{\sum_{i=1}^n |X_i - Y_i|}{n} \quad (\text{Equação 1})$$

$$RQME = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_i - Y_i)^2}{n}} \quad (\text{Equação 2})$$

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - Y_{med}) * (X_i - X_{med})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (Y_i - Y_{med})^2} * \sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - X_{med})^2}} \quad (\text{Equação 3})$$

$$d = 1 - \left[\frac{\sum_{i=1}^N (X_i - Y_i)^2}{\sum_{i=1}^N [(X_i - Y_{med}) + (Y_i - Y_{med})]^2} \right] \quad 0 \leq d \leq 1 \quad (\text{Equação 4})$$

$$ICS = r * d \quad (\text{Equação 5})$$

$$EPM = \frac{EAM}{X_{med}} * 100 \quad (\text{Equação 6})$$

$$RM = \frac{Y_{med}}{X_{med}} * 100 \text{ (Equação 7)}$$

Onde: EAM=erro absoluto médio. RQME= raiz do quadrado médio do erro. r = coeficiente de correlação linear de Pearson. d =índice de concordância de Willmott *et al.* (1985). Y_i = valores de ETo estimado pelos demais métodos (mm dia^{-1}). X_i =valores de ETo estimado por método padrão de Penman-Monteith-FAO 56. X_{med} = média dos valores de ETo estimados pelo método padrão de Penman-Monteith-FAO 56 (mm dia^{-1}). Y_{med} = média dos valores estimado de ETo por demais métodos. n =número de dias (365). EPM = erro percentual médio. RM = razão entre as médias (%).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 apresenta os índices estatísticos de desempenho referentes à análise comparativa entre os métodos empíricos de estimativa da ETo e o método padrão PM-FAO 56, na escala diária, para às condições climáticas de Teresina, Piauí. Os valores da ETo estimados pelo método PM variaram entre 2.512 e 8.326 mm dia^{-1} , com média (METo) de 5.292 mm dia^{-1} ao longo dos 365 dias avaliados. Para o método de Andrade Júnior (AJ), os valores oscilaram entre 3.036 e 6.280 mm dia^{-1} , com média de 4.433 mm dia^{-1} . No caso do método de Hargreaves e Samani (HS), a ETo variou de 1.760 a 7.308 mm dia^{-1} , com valor médio de 5.230 mm dia^{-1} . Por fim, o método do Tanque Classe A (TCA) apresentou estimativas variando entre 0.436 e 11.843 mm dia^{-1} , com média de 5.501 mm dia^{-1} .

O maior índice de concordância (d), foi observado na comparação entre PM x HS, enquanto o menor foi registrado entre PM x TCA. Os maiores valores dos coeficientes de determinação (R^2) e de coeficiente de correlação linear de Pearson (r) foram obtidos entre PM x AJ, ao passo que os menores ocorreram entre PM x TCA. Os menores valores do erro absoluto médio (EAM), raiz do quadrado médio do erro (RQME) e do erro percentual médio (EPM) foram verificados entre PM x HS. Por outro lado, os maiores valores desses indicadores, bem como da razão entre as médias (RM), foram observados entre PM x TCA, seguidos de PM x

Os métodos de AJ e HS subestimaram a ETo em 0.859 mm dia^{-1} (16.24%) e 0.062 mm dia^{-1} (1.18%) respectivamente, enquanto o método de TCA superestimou a ETo 0.209 mm dia^{-1} (3.94%) em relação ao método padrão PM. Esses resultados estão relacionados aos valores relativamente elevados (mais distantes de zero) dos indicadores EAM, RQME e EPM, além de RM superiores/inferiores a 100%. Tais fatores contribuíram para a redução do desempenho dos métodos avaliados, refletindo em menores valores do índice CS (ICS) na escala diária, para às condições climáticas de Teresina.

Tabela 2 - Indicadores estatísticos das estimativas diárias da evapotranspiração de referência (ET_o, mm dia⁻¹) para às condições climáticas de Teresina, Piauí.

Método	EPM	RM	R ²	r	EAM	RQME	d	ICS	Desempenho ⁽¹⁾	METo
PM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.292
AJ	17.27	83.76	0.749	0.866	0.914	1.067	0.765	0.662	Bom	4.433
HS	11.30	98.82	0.558	0.747	0.598	0.802	0.829	0.619	Mediano	5.230
TCA	19.95	103.94	0.385	0.621	1.056	1.407	0.748	0.464	Mau	5.501

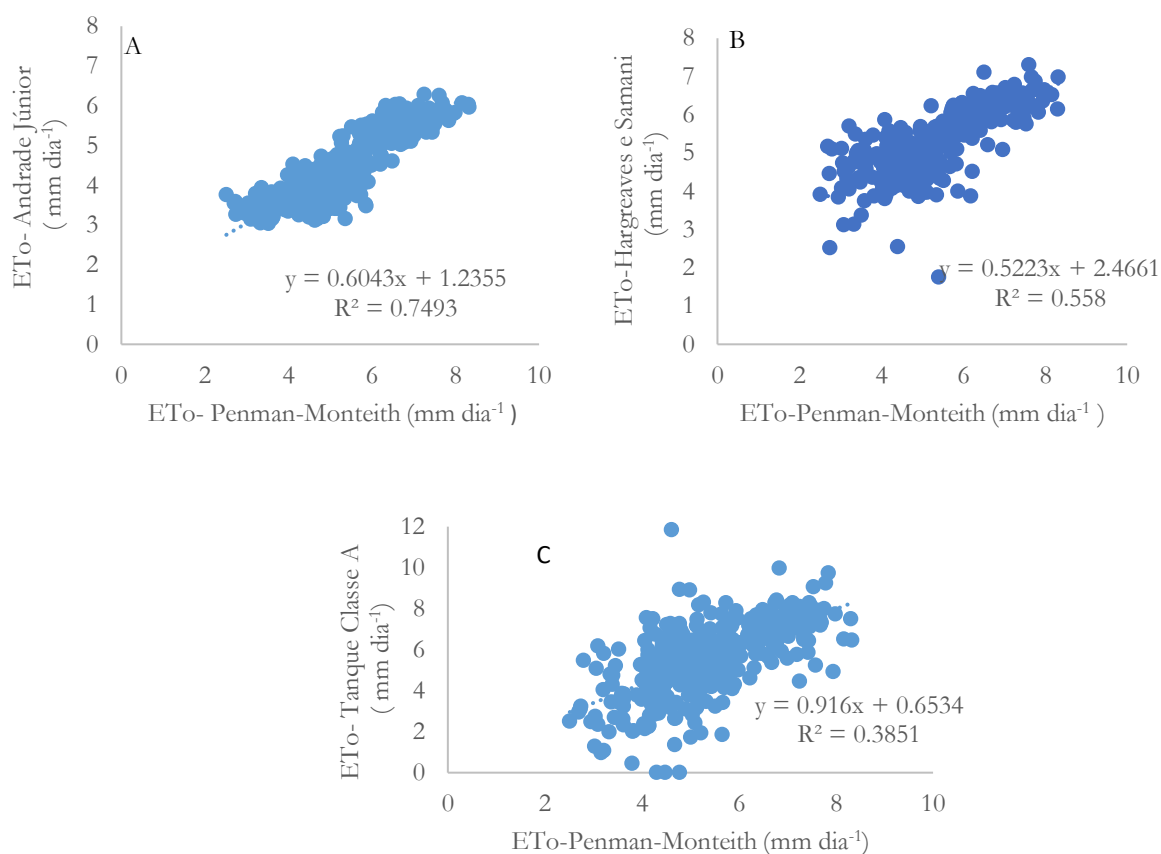
METo – valor médio ET_o (mm.dia⁻¹). PM - Penman-Monteith FAO 56. AJ = Andrade Júnior. HS - Hargreaves-Samani. TCA = Tanque Classe A. Desempenho ⁽¹⁾ do índice CS de Camargo e Sentelhas (1997).

Fonte: Autores, 2025.

O método Tanque Classe A (TCA) apresentou desempenho classificado como “mau”, devido aos elevados valores de EAM, RQME e EPM, além de RM superior a 100%. Esses resultados foram acompanhados por baixos coeficientes de determinação (R²) e de correlação linear de Pearson (r), indicando fraca precisão do método na estimativa da ET_o ao longo da série de dados analisada. Conforme ilustrado na Figura 1C, o método TCA mostrou a maior dispersão entre os dados, com pontos significativamente afastados da linha de tendência e da reta 1:1, revelando uma fraca correspondência entre os valores estimados e observados. Essa expressiva dispersão, associada ao fraco desempenho estatístico, reforça a inadequação do método às condições climáticas de Teresina, resultando em sua baixa eficácia.

O fraco desempenho do TCA já era esperado, conforme apontado por Carlesso *et al.* (2007), que ressaltam sua baixa precisão, com medições que frequentemente superestimam ou subestimam os valores acumulados da ET_o, comprometendo a acurácia das estimativas de evapotranspiração das culturas. De acordo com Mantovani *et al.* (2013), o método TCA apresenta limitações técnicas importantes, gera resultados menos confiáveis do que aqueles obtidos por métodos baseados em temperatura do ar e umidade relativa. Ainda assim, o método TCA permanece como uma ferramenta útil em áreas com restrições tecnológicas, devido à sua simplicidade operacional, baixo custo, longa série histórica de dados e precisão aceitável quando corretamente manejado (Allen *et al.*, 1998).

Figura 1- Evapotranspiração de referência (ET_o, mm dia⁻¹) estimada pelo método de Penman-Monteith FAO 56 e pelos métodos empíricos avaliados, na escala diária para às condições climáticas de Teresina, Piauí.



Fonte: Autores, 2025.

Em relação o método de Hargreaves e Samani (HS) apresentou desempenho classificado como “mediano” devido aos menores valores de EAM, RQME, EPM e RM próximo a 100%, além de maior índice (d) e uma dispersão intermediária dos dados (Figura 1B), quando comparado ao método TCA. Tal desempenho pode ser explicado pelo número reduzido de variáveis exigidas pelo método, que se baseia apenas nas temperaturas do ar (máxima, mínima e média) e na radiação no topo da atmosfera para estimar a ET_o (Santos *et al.*, 2021). Além disso, os resultados também podem estar associados à série de dados meteorológicos utilizada no estudo, a qual corresponde a apenas um ano de observações, o que pode limitar a representatividade das condições climáticas do local de estudo. Considerando as condições climáticas de Teresina, observou-se que a umidade relativa média do ar no período analisado (365 dias) foi de 67,3%, inferior à média histórica de 72,6% (Bastos; Andrade Júnior, 2008). Essa diferença ajuda a explicar as discrepâncias entre os resultados obtidos com o método HS e aqueles gerados pelo método padrão PM-FAO-56. Por ter sido originalmente desenvolvido para regiões semiáridas, o método HS tende a superestimar a ET_o em ambientes mais úmidos (Mota *et al.*, 2020). Adicionalmente, a temperatura mínima média

registrada no período analisado foi de 22,6 °C e a máxima de 34 °C, valores ligeiramente inferiores aos históricos registrados para Teresina.

Resultados semelhantes foram relatados por Pilau *et al.* (2012), que também classificaram o desempenho do método HS como “mediano” nos municípios de Frederico Westphalen e Palmeira das Missões, no Rio Grande do Sul. Santos *et al.* (2021) obtiveram avaliação semelhante no município de Januária (MG), ao comparar o método com o PM-FAO 56, na escala diária. Em contrapartida, Mota *et al.* (2020) classificaram o desempenho do método HS como “mau” para as condições de Teresina-PI. Já Fanaya Júnior *et al.* (2012) relataram desempenho “ótimo” do método para estimativa da ETo diária em Aquidauana-MS, evidenciando que a performance do modelo pode variar significativamente conforme as condições climáticas locais.

Já, o método de Andrade Júnior (AJ) apresentou desempenho classificado como “bom”, resultado justificado pelos elevados valores dos (R^2) e (r), os quais indicam boa capacidade de estimativa da ETo para as condições de Teresina. Entretanto, o método apresentou valores relativamente altos do EAM, RQME e EPM, além de uma RM inferior a 100%, o que comprometeu parcialmente seu desempenho, refletindo em uma redução do valor do índice CS (ICS). O bom desempenho apresentado pelo método de AJ, pode ser atribuído ao fato ter sido desenvolvido especificamente para às condições climáticas das regiões de Teresina e Parnaíba (Andrade Júnior *et al.*, 2003). Além disso, o método utiliza na sua fórmula variáveis como a temperatura média do ar, umidade relativa e o déficit de saturação de vapor de água, que são determinantes no processo de evapotranspiração (Allen *et al.*, 1998). O bom desempenho do método AJ é visualmente confirmado na Figura 1A, onde se observa uma menor dispersão dos dados em comparação aos demais métodos avaliados.

Entretanto, o desempenho observado neste estudo difere parcialmente dos resultados relatados por Mota *et al.* (2020), que classificaram o método de AJ como “muito bom” na estimativa da ETo diária em Teresina-PI, quando comparado ao método padrão PM-FAO 56. Essa diferença de desempenho pode estar relacionada à série de dados meteorológicos utilizada no estudo, a qual corresponde a apenas um ano de observações, o que pode limitar a representatividade das condições climáticas do local de estudo. Ainda assim, entre os três métodos empíricos avaliados neste trabalho, o método de AJ destacou-se como o mais adequado para a estimativa da ETo para o município de Teresina. De maneira semelhante, Mota *et al.* (2020) também identificaram o método de AJ como o de melhor desempenho entre os métodos analisados para o município de Teresina, o que reforça os achados deste estudo.

4 CONCLUSÃO

O método de Andrade Júnior apresentou bom desempenho na estimativa da ETo para às condições climáticas de Teresina, Piauí, destacando-se como uma alternativa ao método padrão de Penman-Monteith FAO 56 desde que haja disponibilidade de dados de temperatura do ar e umidade relativa.

Por outro lado, os métodos de Hargreaves-Samani e Tanque Classe A apresentaram desempenho classificado, respectivamente, como mediano e insatisfatório, revelando limitações na acurácia da estimativa de ETo em relação ao método padrão.

Recomenda-se a realização de novos estudos com séries temporais mais longas e sob diferentes condições climáticas, visando à validação e generalização dos resultados obtidos neste trabalho.

Agradecimentos e financiamento

Agradecimentos são dirigidos aos Pesquisadores e Professores Aderson Soares de Andrade Júnior e Edson Alves Bastos, da Embrapa Meio-Norte, pelo fornecimento dos dados meteorológicos, no âmbito das atividades curriculares da disciplina Relação Solo-Água-Planta-Atmosfera.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 306 p. Irrigation and Drainage Paper, 56.
- ANDRADE JÚNIOR, A. S.; BASTOS, E. A.; DA SILVA, C. O.; GOMES, A. A. N.; FIGUEREDO JÚNIOR, L. G. M. (2004). **Atlas climatológico do estado do Piauí**. Teresina: Embrapa Meio Norte, 2004. 150 p. (Embrapa Meio Norte. Documentos, 101).
- ANDRADE JÚNIOR, A. S.; BASTOS, E. A.; SENTELHAS, P. C.; SILVA, A. A. G. Métodos de estimativa da evapotranspiração de referência diária para Parnaíba e Teresina, Piauí. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 11, n. 1, p. 63-68, 2003.
- BARROS, A. C., Da SILVA, F. F., ARAUJO, P. H. V., de MEDEIROS, P. R. F., Neto, J. A. L. Estimativa diária da evapotranspiração de referência por Hargreaves-Samani e ajuste de parâmetros para Alagoas. **Irriga**, v. 24, n. 3, p. 527-537, 2019.
- BASTOS, E. A.; ANDRADE JUNIOR, A. S. de. **Boletim Agrometeorológico de 2007 para o município de Teresina, Piauí**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2008. 37 p. (Documentos / Embrapa Meio-Norte, 181).
- CAMARGO, A. P.; CAMARGO, M. B. P. Uma revisão analítica da evapotranspiração potencial. **Bragantia**, Campinas, v.59, n.2, 2000.

- CARLESSO, R.; PETRY, M. T.; ROSA, G. M da; HELDWEIN, A. B. **Usos e Benefícios da Coleta Automática de Dados Meteorológicos na Agricultura**. Santa Maria: Ed. UFSM, 2007 165p.
- FANAYA JÚNIOR, E. D.; LOPES, A. S.; OLIVEIRA, G. Q.; JUNG, L. H. Métodos empíricos para estimativa da evapotranspiração de referência para Aquidauana, MS. **Irriga**, v. 17, n. 4, 2012.
- GOMES JUNIOR, F. D. A.; SOUZA, I. C.; SILVA, M. G.; FILHO, J. V.; MOURA, C. S.; VIEIRA, A. F. Avaliação de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para os municípios de Paulistana e Piri-piri no estado do Piauí, Nordeste do Brasil. **Later Resources and Irrigation Management-WRIM**, v. 13, n. 1-3, p. 1-16, 2024.
- MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação princípios e métodos**. 3ª edição. Ed. UFV. 2013. 355 p.
- MOTA, A P. R. CARVALHO, M. W. W.L. SANTOSS, L. F.A. CRUZ, N.T.M. SETUBAL, J.W. Branco.S.B.C. Evapotranspiração de referência para a região de Teresina, Piauí, Brasil por diferentes metodologias. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**. v. 14, n. 3, 2020.
- MUHAMMAD, M. K. I.; NASHWAN, M. S.; SHAHID, S.; ISMAIL, T. B.; SONG, Y. H.; CHUNG, E. S. Evaluation of Empirical Reference Evapotranspiration Models Using Compromise Programming: A Case Study of Peninsular Malaysia. **Sustainability**, v.11, p.426, 2019.
- NANDORF, R. J., FEISBERTO, R. T., GARCIA, A. D. B., VIEIRA, G. H. S., VIEIRA, P. A. L. M., NETO, A. C. Comparação entre métodos de estimativa da Evapotranspiração de Referência no Oeste Baiano e Mesorregião Paulista. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 14, n. 3, p. 4058-4070, 2020.
- PACA, V. H. M. da; ESPINOZA-DÁVALOS, G. E.; HESSELS, T. M.; MOREIRA, D. M.; COMAIR, G. F.; Bastiaanssen, W. G. The spatial variability of actual evapotranspiration across the Amazon River Basin based on remote sensing products validated with flux towers. **Ecological Processes**, v. 8, n. 1, p. 6, 2019.
- PILAU, F. G.; BATTISTI, R; SOMAVILLA, L.; RIGHI, E. Z. Desempenho de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência nas localidades de Frederico Westphalen e Palmeira das Missões, RS. **Ciência Rural**, v.42, n.2, lev, 2012.
- SALES, D. L. A.; ALVES JÚNIOR, J.; CASAROLI, D.; EVANGELISTA, A. W. P.; SOUZA, J. M. F. Estimativa de evapotranspiração e coeficiente de cultura do tomateiro industrial utilizando o algoritmo SAFER. **Irriga**, v. 22, n. 3, p. 517-529, 2017.
- SANTOSS, L.C. FIGUEIRÓ, L. S. ANDRADE, A. X. R., NETO, A. C. F. BONFÁ, C. S. Estudo comparativo entre metodologias de estimativa da evapotranspiração de referência para localidades do Norte de Minas Gerais. **Irriga**, v. 1, n. 4, p. 714-721, 2021.
- SENTELHAS, P. C.; CAMARGO, A. P. Equação para a estimativa da evapotranspiração potencial no estado de São Paulo, baseada no método de Hargreaves – 1974. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 4, n. 1, 1997.

TURCATO, T; MINUZZI, R. B. Avaliação na Estimativa da Evapotranspiração de Referência Diária e Decendial nas Condições Climáticas do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 39, p. e39240046, 2024.

WILLMOT, C. J.; ACKLESON, S. G.; DAVIS, J.J.; FEDDEMA, K.; KLINK, D. R. Statistics for the evaluation and comparison of models. **Journal of Geophysical Research**, v. 90, n.5, 1985.



CAPÍTULO 18

USO DO CROPWAT PARA O BALANÇO HÍDRICO E SIMULAÇÃO DE DATAS DE SEMEADURA DO MILHO EM TERESINA, PIAUÍ

Gonçalves Albino Daula   
Universidade Federal do Piauí, Brasil

Renato Oliveira de Sousa   
Universidade Federal do Piauí, Brasil

Ramón Yuri Ferreira Pereira   
Universidade Federal do Piauí, Brasil

Selma Maria Dias de Moraes Costa   
Universidade Federal do Piauí, Brasil

Vânia Maria Gomes da Costa Lima   
Universidade Federal do Piauí, Brasil

Ana Alice Salmito Nolêto de Campos Ferreira   
Universidade Federal do Piauí, Brasil

Edson Alves Bastos   
Embrapa Meio-Norte e Universidade Federal do Piauí, Brasil

Aderson Soares de Andrade Júnior   
Embrapa Meio-Norte e Universidade Federal do Piauí, Brasil

DOI: 10.52832/wed.169.979 

Resumo: A estimativa da demanda hídrica das culturas com base em projeções futuras é uma ferramenta essencial para o uso racional e eficiente da água na agricultura irrigada. Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo utilizar o software CROPWAT 8,0 para realizar o balanço hídrico diário e simular diferentes datas de semeadura da cultura do milho, considerando às condições edafoclimáticas do município de Teresina, Piauí. As simulações do balanço hídrico foram realizadas em dois cenários distintos: um com irrigação plena e outro sem irrigação, considerando três datas de semeadura (25/02, 05/04 e 05/08/2023). Foram utilizados dados meteorológicos diários de evapotranspiração de referência e precipitação ao longo de um ano, além de informações sobre as características físico-hídricas do solo e os parâmetros fenológicos da cultura do milho, obtidos junto à Embrapa Meio-Norte. As estimativas da evapotranspiração de referência e da cultura foram realizadas conforme a metodologia descrita no Boletim FAO 56. Os resultados indicam que, a semeadura simulada para o dia 25/02/2023, coincidente com o início da estação chuvosa, apresentou a maior eficiência no uso da água, garantindo a produtividade potencial do milho, estimada em 12.500 kg ha⁻¹, sem a necessidade de irrigação. Sob irrigação plena, o cultivo de milho mantém sua produtividade potencial, independentemente da data de semeadura simulada. Por outro lado, na ausência de irrigação, especialmente em semeaduras mais tardias, observa-se perda parcial ou total da produtividade, **devido à ocorrência** do déficit hídrico ao longo do ciclo da cultura.

Palavras-Chave: *Zea mays*. Necessidade hídrica da cultura. Manejo da irrigação. Previsão meteorológica.

1 INTRODUÇÃO

No Nordeste do Brasil, às condições climáticas adversas têm sido apontadas como um dos principais fatores limitantes para o desenvolvimento das atividades agrícolas. A baixa produtividade nas regiões semiáridas está geralmente associada às elevadas temperaturas e à ocorrência de déficit hídrico (Edvan *et al.*, 2020). A distribuição irregular das chuvas e os longos períodos de seca resultam na redução da disponibilidade de água no sistema solo-planta-atmosfera, impactando diretamente na produtividade das culturas (Silva *et al.*, 2021).

Nesse contexto, uma estratégia crucial para mitigar os efeitos do déficit hídrico é o adequado planejamento da época de semeadura, visando otimizar o aproveitamento das chuvas e reduzir a dependência de irrigação (Santos *et al.*, 2021). Para esse fim, o uso de modelos de simulação, como o software CROPWAT 8.0, desenvolvido pela Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), se destaca como uma ferramenta eficaz (Roja *et al.*, 2020). O software CROPWAT possibilita a estimativa das necessidades hídricas das culturas, o cálculo do balanço hídrico do solo, a simulação de estratégias de manejo de irrigação e datas de semeadura, com base nos dados climáticos, edáficos e culturais (Sales *et al.*, 2016; Ndayitegeye *et al.*, 2020; Roja *et al.*, 2020). A simulação de datas de semeadura auxilia na escolha do período ideal de semeadura, considerando a disponibilidade hídrica e a evapotranspiração da cultura, reduzindo riscos de déficit hídrico e promovendo maior eficiência no uso da água e na produtividade (Roja *et al.*, 2020).

Embora seja uma ferramenta eficiente e amplamente utilizada, o CROPWAT apresenta limitações, como a simplificação dos processos fisiológicos das plantas, a dependência da qualidade dos dados de entrada, a não consideração de variações climáticas inesperadas e a generalização de parâmetros edafoclimáticos, o que pode comprometer a precisão das estimativas (Ndayitegeye *et al.*, 2020; Roja *et al.*, 2020). Ainda assim, o modelo tem sido amplamente utilizados por pesquisadores no Brasil e no exterior, sobretudo em estudos que relacionam a demanda hídrica das culturas às variações climáticas (Saha *et al.*, 2019; Oliveira *et al.*, 2020).

A cultura do milho é amplamente cultivada na região Nordeste do Brasil, destacando-se como uma das principais culturas agrícolas em Teresina, Piauí, sendo cultivada tanto em regime irrigado quanto em sequeiro. Devido ao seu alto consumo diário de água, a cultura é altamente sensível ao déficit hídrico, o que torna a adoção de práticas de irrigação fundamental (Andrea *et al.*, 2018). Os autores destacam que essa necessidade é ainda mais evidente diante da irregularidade no regime de chuvas, que resulta em um balanço hídrico negativo no solo. Nesse cenário, a definição da época ideal para a semeadura, aliada a um manejo eficiente da irrigação, é fundamental para garantir a produtividade do milho e de outras culturas na região.

Considerando a crescente demanda por práticas agrícolas mais resilientes e sustentáveis, este estudo teve como objetivo utilizar o software CROPWAT para realizar o balanço hídrico diário e simular diferentes datas de semeadura da cultura do milho, considerando às condições edafoclimáticas do município de Teresina, Piauí. As simulações do balanço hídrico foram realizadas em dois cenários distintos: um com irrigação plena e outro sem irrigação, considerando três datas de semeadura diferentes, com o intuito de otimizar o uso da água e minimizar os riscos de perdas de produção devido ocorrência do déficit hídrico.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Clima local do estudo

Segundo a classificação climática de Koppen, o município de Teresina, Piauí, apresenta clima do tipo Aw, caracterizado como tropical quente e úmido, com a estação chuvosa concentrada no verão. Por outro lado, de acordo com a classificação de Thornthwaite e Mather (1995), o clima da região é definido como tropical subúmido seco e megatérmico (Andrade Júnior *et al.*, 2004; Bastos; Andrade júnior, 2008).

2.2 Obtenção de dados

O estudo foi conduzido com base em dados meteorológicos diários de evapotranspiração de referência e precipitação ao longo de um ano, além de informações referentes às características

físico-hídricas do solo e os parâmetros fenológicos da cultura do milho, considerando às condições edafoclimáticas do município de Teresina. Todos os dados utilizados foram obtidos junto à Embrapa Meio-Norte. A qualidade dados de entrada do modelo, como precipitação, evapotranspiração, características do solo e parâmetros da cultura do milho, foram validados pela Embrapa Meio-Norte e pelos autores, assegurando a confiabilidade das análises.

2.3 Balanço Hídrico-CROPWAT

Com o objetivo de determinar a variação do teor de água no solo e a quantidade de água armazenada, foi realizado o Balanço Hídrico da Cultura (BHC) diário utilizando o software CROPWAT 8.0 ao longo de um ano. Como dados de entrada, foram empregadas informações climáticas, características físico-hídricas do solo e parâmetros da cultura. As simulações do BHC foram realizadas em dois cenários: um com irrigação plena e outro sem irrigação, ambos considerando três diferentes datas de semeadura para cultura de milho.

2.3.1 Entrada de dados das variáveis meteorológica

No módulo *Climate/ETo* do software CROPWAT, foram inseridos os dados diários da evapotranspiração de referência (ET_o , mm dia⁻¹) referentes a um período de um ano, estimados pelo método padrão Penman-Monteith-FAO 56. Em seguida, no módulo *Rain*, foram inseridos os dados diários de precipitação (mm) correspondentes ao mesmo intervalo de tempo. Para o cálculo da precipitação efetiva, adotou-se o método do Serviço de Conservação de Solo do USDA (*USDA Soil Conservation Service*), que se baseia no balanço hídrico, levando em conta as entradas e saídas de água por meio do escoamento superficial, percolação e retenção de umidade na zona radicular da cultura.

2.3.2 Entrada de dados das variáveis da cultura

Para o preenchimento do módulo *Crop* do software CROPWAT, foram inseridas informações referentes à cultura, incluindo: nome da cultura, data de semeadura, coeficiente de cultivo (kc), duração dos estádios fenológicos em dias, profundidade do sistema radicular (z) em metros, fator de disponibilidade de água no solo (p) e coeficiente de sensibilidade ao déficit hídrico (ky). Os valores utilizados estão apresentados na Figura 1 (A, B e C). Os valores referentes à depleção crítica e ao ky total foram obtidos no Allen et al. (1998), enquanto os demais parâmetros fornecidos pela Embrapa Meio-Norte.

A estimativa da evapotranspiração da cultura foi realizada conforme a metodologia descrita no Boletim FAO 56. A simulação do BHC considerou três datas de semeadura do milho (25/02,

05/04/e 05/08/2023), adotando-se um ciclo de cultivo de 117 dias. As datas de semeadura foram estabelecidas com base na série histórica de precipitação do município de Teresina, conforme recomendação da Embrapa Meio-Norte, com o objetivo de reduzir os impactos do déficit hídrico e do uso excessivo de irrigação, otimizando o aproveitamento da água das chuvas.

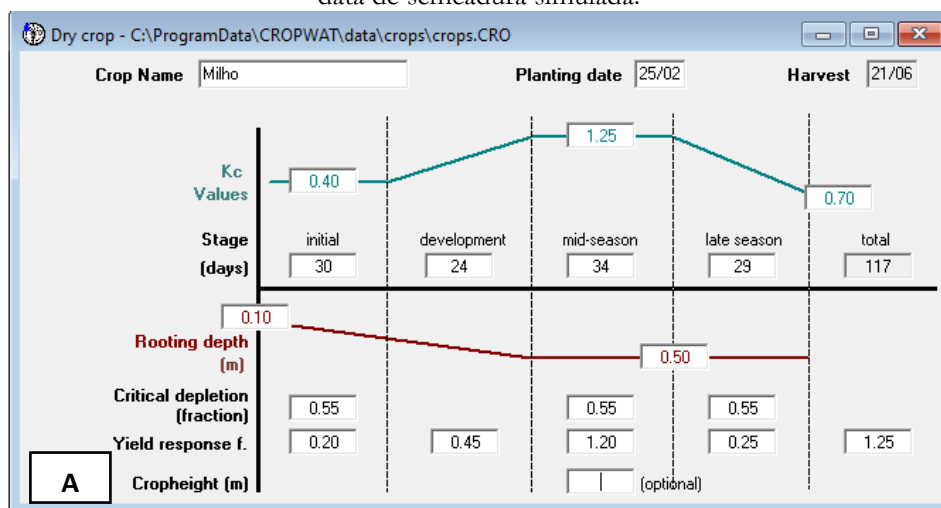
2.3.3 Entrada de dados das variáveis do solo

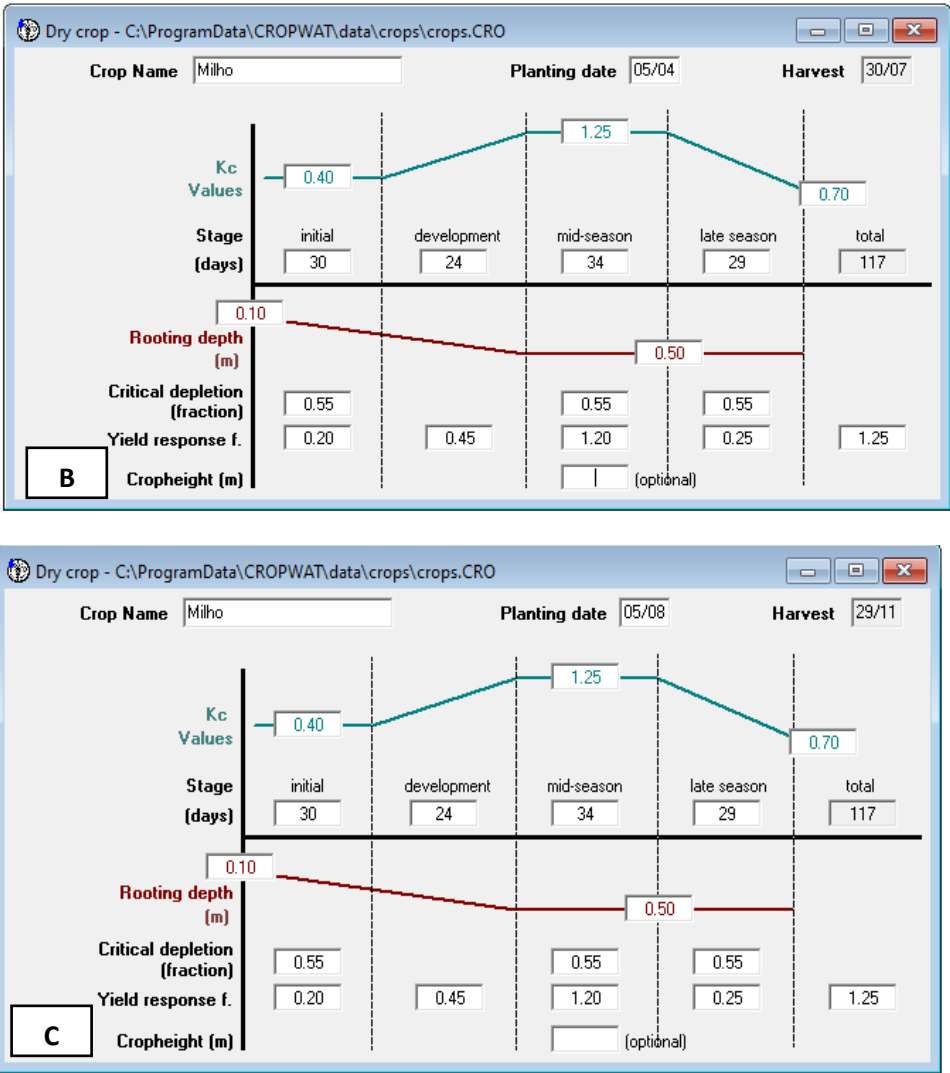
No módulo *Soil*, foram inseridas informações sobre a classe textural, a capacidade de água disponível (CAD) em mm m^{-1} , a taxa máxima de infiltração de água no solo em mm m^{-1} , a profundidade máxima de enraizamento da cultura (cm) e a depleção inicial do teor de água no solo em %. Os valores utilizados estão ilustrados na Figura 2. Para a taxa máxima de infiltração, foi adotado um valor próximo ao da CAD, em conformidade com os padrões recomendados por Bernardo et al (2013). A profundidade máxima de enraizamento foi definida em 50 cm, indicando que o solo possui condições adequadas para o pleno desenvolvimento radicular da cultura. O valor da CAD em cada camada do solo foi calculado com base na Equação 1:

$$\text{CAD} = [(\text{CC}-\text{PMP}):100] \times \text{Ds} \times \text{Z} \quad (\text{Equação 1})$$

Em que: CAD-Capacidade de água disponível no solo (mm). CC- Umidade do solo na capacidade de campo (%). PMP- Umidade do solo no ponto de murcha permanente (%). Ds- Densidade do solo (g.cm^{-3}). Z- Profundidade efetiva do sistema radicular ou da camada do solo (mm).

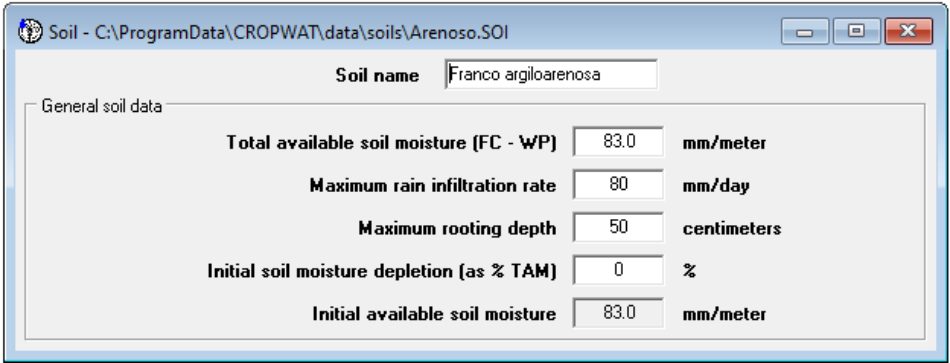
Figura 1 - Parâmetros de entrada utilizado no módulo *Crop* do software CROPWAT 8.0 em função da data de semeadura simulada.





Fonte: Autores, 2025.

Figura 2 – Parâmetros entrada utilizados no módulo *Soil* do software CROPWAT 8.0



Fonte: Autores, 2025.

2.4 Programação de irrigação

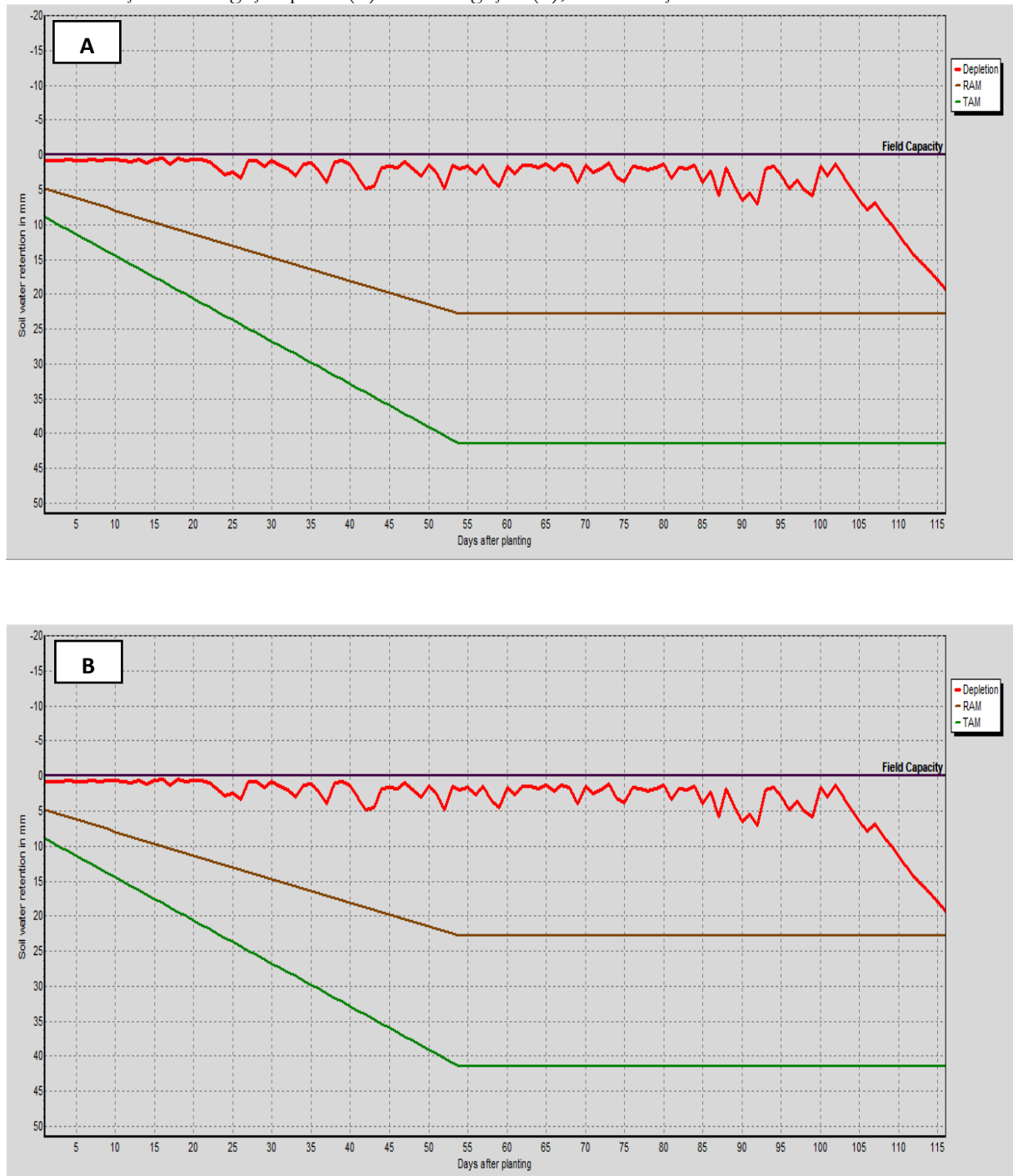
A simulação do BHC considerando a prática de irrigação foi fundamentada em três datas de semeadura do milho, com um ciclo de 117 dias. Foram realizadas simulações adotando-se como critério a não ocorrência de restrições hídricas nas datas de semeadura, isto é, irrigar a uma depleção crítica (irrigação em 100% depleção crítica), ou seja, assim que o teor de água no solo atingisse a fração da RAM (água facilmente disponível) seria aplicado uma lâmina até que o teor de água atingisse a capacidade de campo. A simulação do BHC foi realizada considerando um sistema de irrigação por aspersão convencional, com eficiência de 75%.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram gerados seis gráficos do BHC, apresentados nas Figuras 3, 4 e 5. Neles, estão representadas as seguintes variáveis: *Depletion* (variação do teor de água no solo, em mm), indicada em vermelho; RAM (água facilmente disponível), em marrom; TAM (umidade total disponível), em verde; e *Field Capacity* (capacidade de campo-CC), representada no eixo das abscissas, em preto. As simulações do BHC, tanto sob irrigação plena quanto sem irrigação, estão apresentadas nas Figuras 3, 4 e 5 (A e B), respectivamente, em função as datas de semeaduras definidas.

Para a primeira data de semeadura (25/02/2023), verificou-se que a *Depletion* simulada sob irrigação plena e sem irrigação, não apresentou diferenças significativas entre os cenários, mantendo-se próxima à CC durante a maior parte do ciclo da cultura (Figura 3 A e B). Esses resultados indicam a ausência do déficit hídrico no cultivo sem irrigação, uma vez que as precipitações ocorridas no período foram suficientes para suprir a evapotranspiração da cultura (ETc). A ETc registrada foi de 170.5 mm, enquanto a precipitação efetiva totalizou 509.1 mm. Dessa forma, a irrigação torna-se desnecessária para essa data de semeadura, permitindo que a produtividade potencial do milho, estimada em 12.500 kg ha⁻¹, seja alcançada sem suplementação hídrica, o que favorece a viabilidade econômica e ambiental da produção nas condições edafoclimáticas de Teresina.

Figura 3 - Armazenamento de água no solo (mm), correspondendo à data de semeadura em 25/02/2023, com simulação sob irrigação plena (A) e sem irrigação (B), nas condições edafoclimáticas de Teresina-PI.



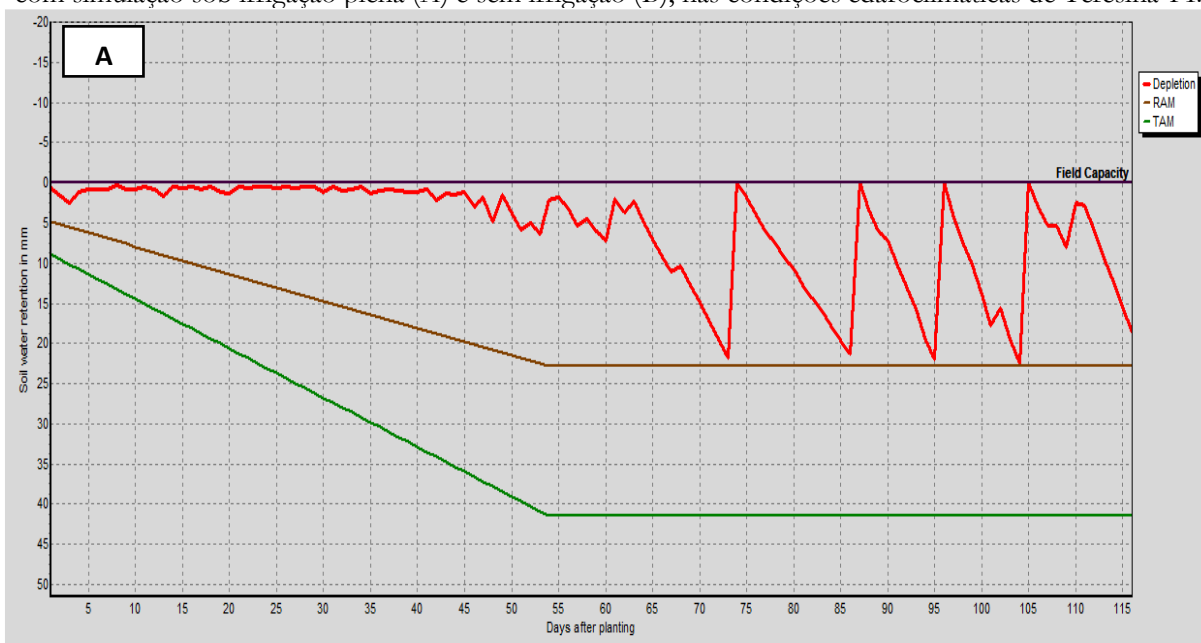
Fonte: Autores, 2025.

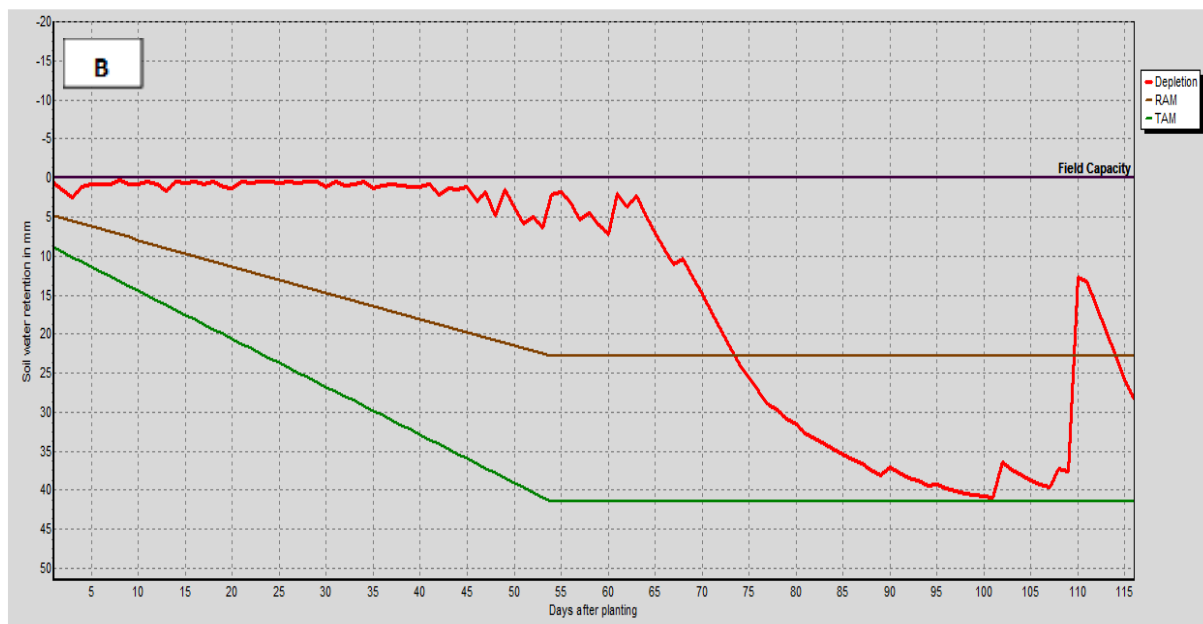
Em relação à segunda data de semeadura (05/04/2023), observa-se que a *Depletion* simulada sob irrigação e sem irrigação não apresentou diferenças entre os cenários até 73 dias após o plantio (DAP), com o teor de água no solo próximo à CC (Figura 4A e 4B). A partir dos 74 DAP, na simulação com irrigação, a *Depletion* manteve-se entre RAM e à CC (Figura 4A), indicando o uso

exclusivo da água prontamente disponível no solo. Esse resultado evidencia melhor aproveitamento tanto das lâminas de irrigação aplicadas quanto das precipitações ocorridas no período. Por outro lado, sem irrigação, a partir dos 74 DAP o teor de água no solo reduziu-se de forma acentuada, com a linha de *Depletion* posicionando-se abaixo da RAM até 109 DAP (Figura 4B). Este período, foi marcado pela ausência de precipitações e por elevada ETc, resultando em déficit hídrico e consequente redução na produtividade potencial da cultura.

A ETc para o período analisado foi de 210,8 mm, enquanto a precipitação efetiva registrada foi de 348,9 mm, sendo suficiente para atender parcialmente à demanda hídrica. No entanto, verificou-se déficit hídrico durante dois meses (junho e julho) coincidentes com o período de florescimento e início da maturação fisiológica. Como resultado, o software CROPWAT estimou uma redução de 42,33% na produtividade potencial da cultura (equivalente a 5.291.25 kg ha⁻¹) sem irrigação, tornando inviável a produção nessas condições. Dessa forma, para a data de semeadura em questão, o planejamento da irrigação torna-se essencial a partir dos 74 DAP, com uma lâmina bruta de irrigação de 132.5 mm e uma lâmina líquida de 99.4 mm, concentradas principalmente na fase de florescimento, período mais sensível ao déficit hídrico no milho, conforme indicado pelo CROPWAT.

Figura 4 - Armazenamento de água no solo (mm), correspondendo à data de semeadura em 05/04/2023, com simulação sob irrigação plena (A) e sem irrigação (B), nas condições edafoclimáticas de Teresina-PI.



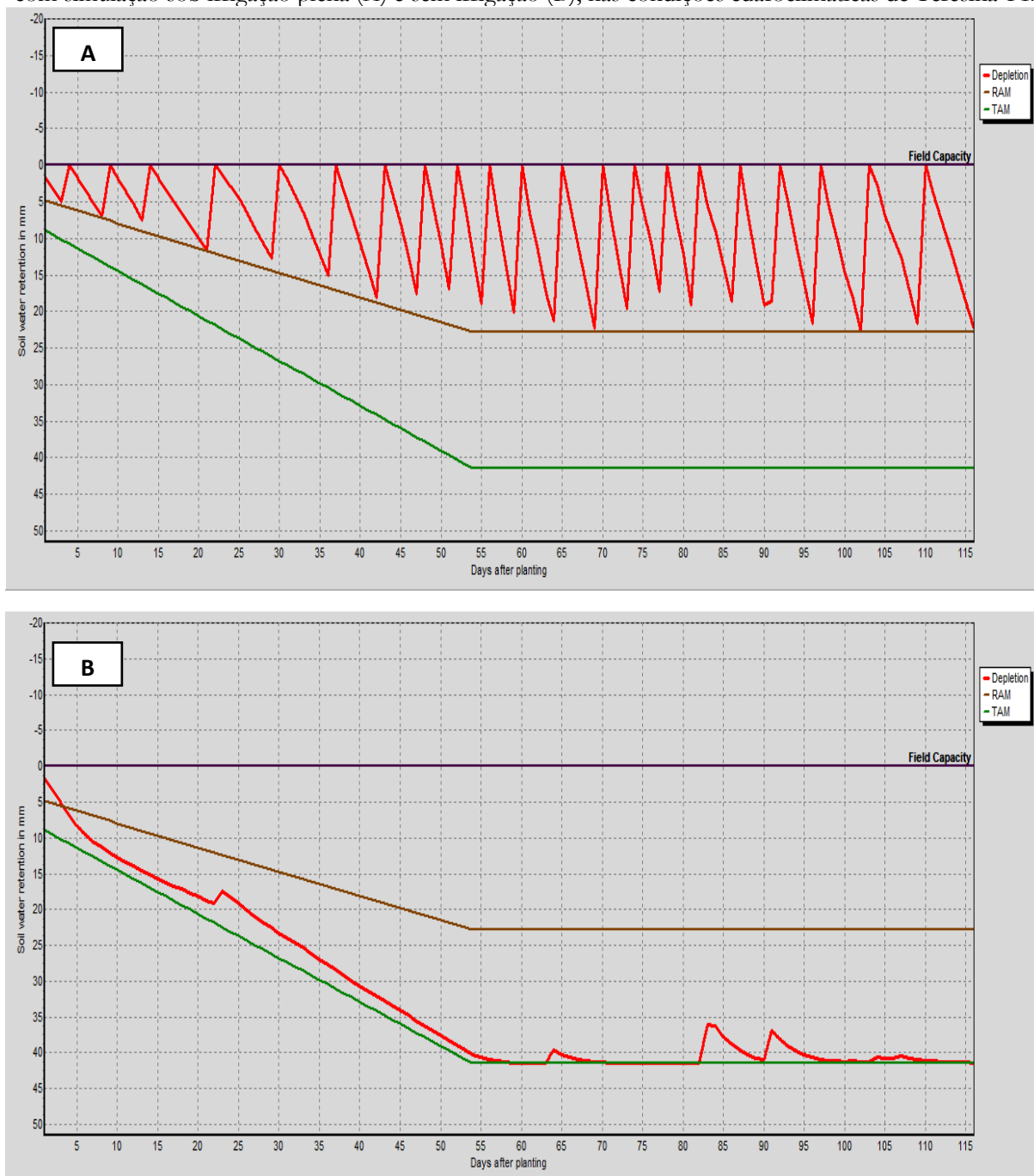


Fonte: Autores, 2025.

Para a última data de semeadura (05/08/2023), observa-se que a *Depletion* simulada sob irrigação plena e sem irrigação apresentou diferenças entre os cenários. Na simulação com irrigação plena, o teor de água no solo manteve-se entre os limites da RAM e CC (Figura 5A). Em contrapartida, na simulação sem irrigação, a partir dos 4 DAP, verificou-se uma acentuada redução no teor de água no solo, com a linha de *Depletion* situando-se abaixo da RAM e TAM (Figura 5B). Essa condição inviabiliza a produção, pois as sementes não encontram disponibilidade hídrica suficiente para germinar, emergir e realizar os processos fisiológicos essenciais, como a fotossíntese, durante a fase inicial de crescimento.

Portanto, para a data de semeadura analisada, o cultivo sem irrigação não é recomendado. Como a data da semeadura simulada foi realizada no final da estação chuvosa, houve um aumento da ET_c, totalizando 485.30 mm. No entanto, a precipitação efetiva foi insuficiente para atender a essa demanda, somando apenas 21.7 mm, dos quais apenas 2.5 mm ocorreram na fase inicial da cultura. Assim, a irrigação torna-se imprescindível para assegurar a viabilidade da produção.

Figura 5 - Armazenamento de água no solo (mm), correspondendo à data de semeadura em 05/08/2023, com simulação sob irrigação plena (A) e sem irrigação (B), nas condições edafoclimáticas de Teresina-PI.



Fonte: Autores, 2025.

De acordo com a simulação realizada pelo CROPWAT, a perda da produtividade potencial do milho ($12.500 \text{ kg ha}^{-1}$) sem irrigação foi de 100%, devido ocorrência do déficit hídrico na fase de floração ter excedido o limite máximo tolerado pela cultura, que é de 55% da capacidade de água disponível no solo (CAD), conforme Allen et al. (1998), tornando inviável a produção nesse cenário. Assim, a adoção do regime irrigado é essencial a partir dos 4 DAP, sendo necessárias uma

lâmina bruta de irrigação de 597,8 mm e uma lâmina líquida de 448,2 mm, com maior demanda durante a fase de floração considerada a mais sensível ao déficit hídrico. Dessa forma, a irrigação torna-se viável para garantir o aproveitamento do potencial produtivo da cultura nessa data de semeadura. A semeadura tardia, expõe a cultura a maiores riscos de déficit hídrico, comprometendo o crescimento, a produção e a produtividade, devido à redução no desempenho fisiológico e bioquímico das plantas provocada pelo déficit hídrico.

Os resultados do presente estudo indicam que a semeadura no início da estação chuvosa favorece a sincronização das fases críticas da cultura com a ocorrência de chuvas, reduzindo a dependência de irrigação e o risco de déficit hídrico. Em contrapartida, a semeadura tardia aumenta a dependência de irrigação, impactando negativamente a viabilidade econômica e ambiental da produção. Esses achados reforçam a necessidade de políticas públicas e estratégias de capacitação para que os produtores utilizem ferramentas como o CROPWAT no planejamento de suas atividades, aumentando a resiliência da agricultura frente às mudanças climáticas e à crescente pressão sobre os recursos hídricos. Além disso, os resultados corroboram estudos anteriores, como os de Pereira et al (2012), que destacam o planejamento da época de semeadura como estratégia de adaptação às variações climáticas em regiões semiáridas.

4 CONCLUSÃO

A semeadura simulada para o dia 25/02/2023, coincidente com o início da estação chuvosa, apresentou a maior eficiência no uso da água, garantindo a produtividade potencial do milho, estimada em 12.500 kg ha⁻¹, sem a necessidade de irrigação.

Sob irrigação plena, o cultivo de milho mantém sua produtividade potencial em todas as datas de semeadura simuladas, devido à reposição adequada de umidade ao longo do ciclo da cultura.

Na ausência de irrigação, especialmente em semeaduras mais tardias, observa-se perda parcial ou total da produtividade, devido à ocorrência de déficit hídrico ao longo do ciclo da cultura.

Recomenda-se a realização de novos estudos com séries temporais mais longas e sob diferentes condições climáticas, com o objetivo de validar e generalizar os resultados obtidos neste trabalho

Agradecimentos e financiamento

Agradecimentos são dirigidos aos Pesquisadores e Professores Aderson Soares de Andrade Júnior e Edson Alves Bastos, da Embrapa Meio-Norte, pelo fornecimento dos dados, no âmbito das atividades curriculares da disciplina Relação Solo-Água-Planta-Atmosfera.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 306 p. Irrigation and Drainage Paper, 56.
- ANDRADE JÚNIOR, A. S.; BASTOS, E. A.; DA SILVA, C. O.; GOMES, A. A. N.; FIGUEREDO JÚNIOR, L. G. M. (2004). **Atlas climatológico do estado do Piauí**. Teresina: Embrapa Meio Norte, 2004. 150 p. (Embrapa Meio Norte. Documentos, 101).
- ANDREA, M. C. D. S.; BOOTE, K. J.; SENTELHAS, P. C.; ROMANELLI, T. L. Variability and limitations of maize production in Brazil: Potential yield, water-limited yield and yield gaps. **Agricultural Systems**, v. 165, p. 264-273, 2018.
- BASTOS, E. A.; ANDRADE JUNIOR, A. S. de. **Boletim Agrometeorológico de 2007 para o município de Teresina, Piauí**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2008. 37 p. (Documentos / Embrapa Meio-Norte, 181).
- BERNARDO, S.; SOARES, A.A; MANTOVANI, E.C. **Manual de irrigação**. 8.ed. Viçosa: Editora UFV, 2013, 625p.
- EDVAN, R. L.; MOTA, R. R. M.; DIAS, S.T.P.; NASCIMENTO, R.R.; SOUSA, S. V.; SILVA, A.L; ARAÚJO, J. S. Resilience of cactus pear genotypes in a tropical semi-arid region subject to climatic cultivation restriction. **Scientific reports**, v. 10, n. 1, p. 1-10, 2020.
- FAO. **Cropwat 8.0 for windows user guide**. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy. 2006.
- NDAYTTEGEYE, O., ONYANDO, J. O. OKWANY, R. O. KWACH, J. K. Evaluation of CROPWAT 8.0 model in predicting the yield of east. Africa highland banana under different sets of irrigation scheduling. **Fundamental and Applied Agriculture**, v. 5, n. 3, p. 344-352, 2020.
- OLIVEIRA, Z B; KNIES, A E; BOTTEGA, E L; SILVA, C M. Estimativa da demanda hídrica da soja utilizando modelo de balanço hídrico do solo e dados da previsão do tempo. **Irriga**, v. 25 n 3 p 492 507, 2020.
- PEREIRA, L. S.; CORDERY, I.; IACOVIDES, I. mproved indicators of water use performance and productivity for sustainable water conservation and saving. **Agricultural water management**, v. 108, p. 39-51, 2012.
- ROJA, M.; NAVATHA, N.; DEVENDER, R.; DEEPTHI, C. Estimation of crop water requirement of groundnut crop using FAO CROPWAT 8.0 model. **Agro Econ. Int. J**, v. 7, p. 35-40, 2020.

SAHA, S K; SINGH, S P; BISWAS, B; KINGRA, P. K. Comparative Assessment of Empirically Estimated Reference Evapotranspiration with CROPWAT 8.0 Outcome in Indian Punjab.

Journal of Agricultural Physics, v. 19, n. 2, p. 194-200, 2019.

SALES, R A DE; J M, L. E. C. DE O.; PINHEIRO; M. A. B. R. A. DE S. Estimativa das necessidades hídricas do milho cultivado nas condições edafoclimáticas de São Mateus-ES.

Journal of Chemical Information and Modeling, v. 53, n. 9, p. 1689-1699, 2016.

SANTOS, L.C. FIGUEIRÓ, L. S. ANDRADE, A. X. R., NETO, A. C. F. BONFÁ, C. S. Estudo comparativo entre metodologias de estimativa da evapotranspiração de referência para localidades do Norte de Minas Gerais. **Irriga**, v. 1, n. 4, p. 714-721, 2021.

SILVA, M. V.; PANDORFI, H.; JARDIM, A. M. R. F.; OLIVEIRA-JÚNIOR, J. F.; DIVINCULA, J. S.; GIONGO, P. R.; LOPES, P. M. O. Spatial modeling of rainfall patterns and groundwater on the coast of northeastern Brazil. **Urban Climate**, v. 38, p. 100-911, 2021.

CAPÍTULO 19

ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS APLICADA À UNIFORMIDADE DE IRRIGAÇÃO POR MICROASPERSÃO

Alisson Macendo Amaral   

Instituto Federal do Norte de Minas Gerais - Campus Arinos, MG, Brasil

Adriana Magalhães Farias   

Cooperativa Agropecuária da Região do Piratinga – Formoso, MG, Brasil

Maria Ângela Cruz Macêdo dos Santos   

Instituto Mineiro de Agropecuária – ESEC Buritis, MG, Brasil

Vitória Rodrigues Trindade   

Instituto Federal do Norte de Minas Gerais - Campus Arinos, MG, Brasil

Laura Rodrigues Anorato   

Instituto Federal do Norte de Minas Gerais - Campus Arinos, MG, Brasil

DOI: 10.52832/wed.169.980 

Resumo: A eficiência da irrigação por microaspersão depende da uniformidade de distribuição da lâmina aplicada. Este estudo teve como objetivo identificar as melhores condições operacionais de pressão e espaçamento para operação em campo do microaspersor Hadar 7110, por meio da análise de componentes principais (PCA) aplicada aos coeficientes de uniformidade de Christiansen (CUC) e de distribuição (CUD). O experimento foi conduzido no IFNMG-Arinos, com 30 combinações entre 5 pressões de serviço (0,5 a 2,5 bar) e 6 espaçamentos entre emissores (3x3 a 6,6 m). A coleta de dados foi feita em campo, com espaçamento de coletores de 1,5 x 1,5 m, utilizando 64 coletores com sistema funcionando por 45 min. Com base nas lâminas coletadas, calculou-se os CUC e CUD, os quais foram integrados pela PCA. O PC1 explicou 92% da variância total e representou a uniformidade global, enquanto que o PC2 destacou as discrepâncias entre os coeficientes, quando houveram valores altos de CUC e baixo de CUD. A PCA permitiu interpretar os indicadores conjuntamente, evitando escolhas operacionais equivocadas. As melhores condições operacionais foram 3x3 m a 2,0 e 2,5 bar, enquanto as piores foram 4x4 m a 0,5 bar e 6x6 m a 2,5 bar.

Palavras-chave: Análise multivariada. Condições operacionais. Microirrigação.

1 INTRODUÇÃO

A irrigação pode ser realizada por meio de três métodos principais, a citar irrigação por aspersão, superfície e microirrigação, também conhecida como irrigação localizada. A microirrigação é um sistema de irrigação que aplica água próximo a região radicular das plantas, com baixas intensidades e frequência elevada, visando manter a umidade próxima à capacidade de campo (Silva, 2020) e dentro desse método está o sistema de microaspersão. Na microaspersão a água é pulverizada e distribuída na forma de jatos fracionados em pequenas gotas, operando à baixas pressão e com vazão e, devido ao seu elevado custo de implantação, deve ser empregado em áreas com cultivo de elevado valor agregado (Bernado *et al.*, 2019). Logo, este sistema só é viável caso retorne elevada uniformidade de irrigação.

A uniformidade de irrigação depende das características hidráulicas do emissor, como a pressão de operação de serviço, vazão, espaçamento e intensidade de aplicação. Como essas características são intrínsecas, a pressão de serviço e o espaçamento são as principais variáveis usadas para determinar as condições de operação de serviço de um microaspersor, a fim de que retornem alta uniformidade de aplicação e eficiência do uso de água pelas plantas (Farias *et al.*, 2023).

A uniformidade de irrigação é comumente avaliada pelos coeficientes estatísticos CUC (Coeficiente de Uniformidade de Christiansen) e o CUD (Coeficiente de Uniformidade de Distribuição). O CUC foca principalmente na variação global da distribuição do emissor, enquanto que o CUD é usado para verificar o desempenho nas áreas menos irrigadas, ou seja, nas plantas que recebem menos água devido ao perfil de distribuição (Farrapeira *et al.*, 2023; Palaretti *et al.*, 2018). Ao analisar esses coeficientes separadamente, podem surgir discrepâncias, como em

condições onde ocorrem valores altos de CUC e baixos de CUD, indicando uma irrigação com boa cobertura, porém com áreas de baixa eficiência, acarretando em escolha subjetiva da melhor condição operacional do microaspersor.

Nesse contexto, a análise multivariada, como a de componentes principais (PCA - Principal Component Analysis), é uma análise mais robusta e útil, pois consegue conciliar os dois coeficientes (CUC e CUD) identificando padrões e discrepâncias que não são evidentes em análises univariadas, o que permite uma abordagem mais eficaz na determinação da melhor condição operacional de campo de um microaspersor (Castro *et al.*, 2019; Zonta *et al.*, 2018; Gondim *et al.*, 2017).

Assim, o objetivo deste trabalho foi determinar as condições ótimas e subótimas de pressão de serviço e espaçamento de um microaspersor utilizando a análise de componentes principais na análise conjunta dos coeficientes de uniformidade de Christiansen e de Distribuição.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi conduzido no Instituto Federal do Norte de Minas Gerais – Campus Arinos, em uma área experimental, durante o período não chuvoso (julho a setembro) com latitude 15° 55' 12,75" S, longitude 46° 8' 5,57" O e altitude de 525,0 m. O clima do local é caracterizado como C2wA'a', ou seja, megatérmico subúmido com deficiência hídrica moderada no inverno (Oliveira; Oliveira, 2018)

Utilizou-se o microaspersor NaanDanJain, modelo Hadar 7110, com bocal de 1,2 mm, vazão variável entre 53 a 93 L h⁻¹ e diâmetro molhado de 76,5 m sob pressão de 2 bar (especificações do fabricante). O sistema de pressurização do microaspersor consistiu em uma motobomba submersa com vazão de 5,83 x 10⁻⁴ m³ s⁻¹ e pressão de serviço de 70 mca (6,87 bar), acoplada a um reservatório com volume de 500 L. O controle do sistema foi realizado por meio de uma válvula de abertura e fechamento do tipo esfera, além de um manômetro para aferição das pressões utilizadas no ensaio. A conexão entre microaspersão e sistema de alimentação foi feita utilizando mangueiras de PEBD de 16 mm de diâmetro.

As etapas do teste seguiram os critérios estabelecidos pela norma NBR 15084 (ABNT, 2021). Para garantir a representatividade da amostra do emissor, este foi selecionado aleatoriamente entre 10 unidades.

A avaliação da uniformidade de distribuição baseou-se em uma malha de coletores padrão Fabrimar, composta de 64 unidades, que foram dispostas em espaçamentos retangulares de 1,5 x 1,5 m no campo. Foram testadas 30 combinações de condições operacionais, resultante em 5 pressões de serviço (0,5; 1,0; 1,5; 2,0 e 2,5 bar) e seis espaçamentos entre emissores (3x3m, 3x4m, 3x5m, 4x4m, 4x6m e 6x6 m). As pressões mencionadas controladas no campo, via manômetro e

os demais espaçamentos foram testados em simulações de computador. Em cada teste foram contabilizados os volumes evaporados por pluviômetros idênticos aos coletores laterais da área do ensaio, e adicionais aos volumes individuais coletados, após tabulação. Cada ensaio durou 45 minutos, com posterior desligamento do sistema e coleta dos volumes, mediante proveta graduada. Os valores de lâminas coletadas foram convertidos para lâminas de precipitação (mm), pela razão entre o volume coletado (L) e a subárea de cobertura de cada coletor (m²) que foi de 2,25 m².

Com base nas lâminas precipitadas, utilizou-se o método da sobreposição dos quadrantes da malha de irrigação, nos demais espaçamentos entre emissores, o que permitiu o cálculo da uniformidade do sistema pelos Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) e de Uniformidade de distribuição (CUD), conforme as Eq. 1 e 2, respectivamente, recomendados por Bernardo *et al.* (2019) e utilizados em estudo similar (Farias *et al.*, 2024).

$$CUC = 100 \cdot \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n |X_i - \bar{X}|}{N \cdot \bar{X}}\right) \tag{1}$$

Em que:
CUC = Coeficiente de Uniformidade de Christiansen, (%);
N = Número de emissores analisados (adimensional);
 $\bar{x}$ = Lâmina de água aplicada pelo i-ésimo ponto sobre a superfície do solo, (mm);
 $\bar{X}$ = Lâmina média aplicada (mm).

$$CUD = 100 \cdot \frac{\bar{x}}{\bar{X}} \tag{2}$$

Em que:
CUD = Coeficiente de Uniformidade de Distribuição, (%);
 $\bar{x}$ = Média dos 25% menores valores de lâminas de irrigação, (mm);
 $\bar{X}$ = Média das vazões coletadas nos emissores na subárea (mm).

As classificações da uniformidade por meio destes indicadores são descritas na Tabela 1.

Tabela 1 – Classificação dos valores do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) e Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD).

CLASSIFICAÇÃO	CUC (%)	CUD (%)
EXCELENTE	> 90	> 84
BOM	80-90	68-84
RAZOÁVEL	70-80	52-68
RUIM	60-70	36-52
INACEITÁVEL	<60	<36

Fonte: Bernardo *et al.* (2019).

Posteriormente os dados foram submetidos à análise de componentes principais (PCA). A PCA resume a variância conjunta dessas variáveis em componentes principais, permitindo agregar o CUC e CUD em um índice agregado (PC1) que melhor reflete o desempenho global da uniformidade da irrigação. Já o PC2, reflete a disparidade que ocorre entre CUC e CUD e pode

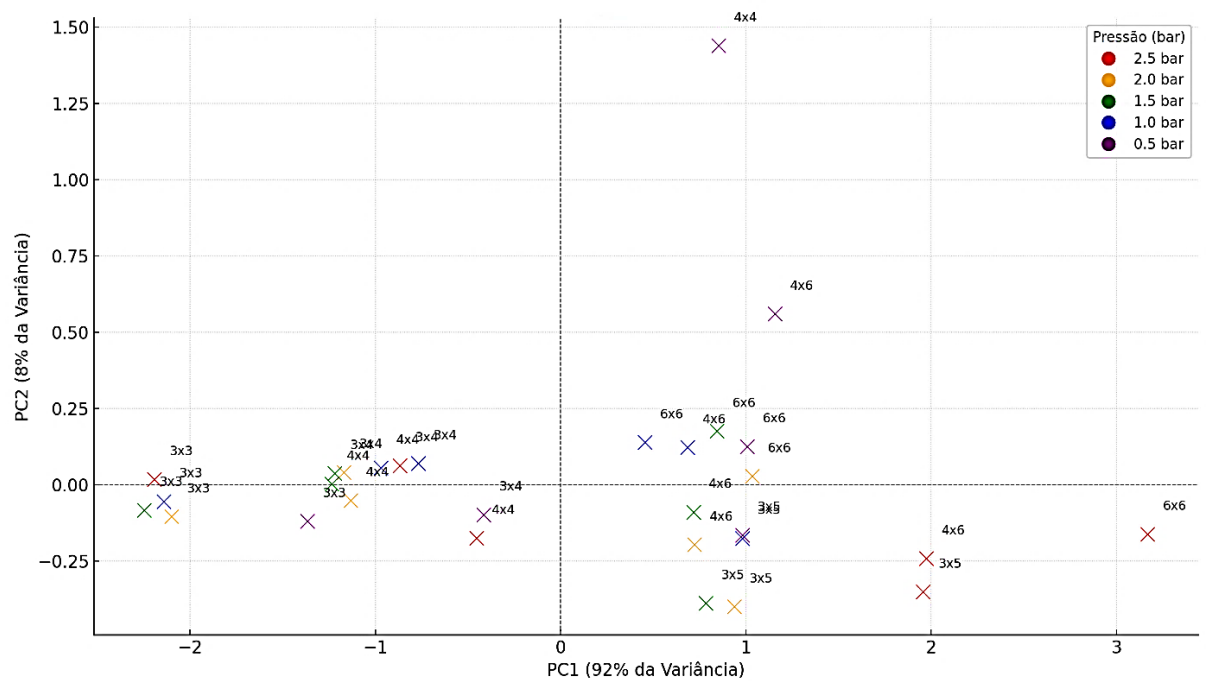
ajudar em diagnósticos da uniformidade de irrigação, como problemas de distribuição. Devido ao grande volume de dados gerados, a PCA reduz essa dimensionalidade e facilita a interpretação estatística e a classificação dos tratamentos.

Assim, a PCA foi feita em ambiente Python, versão 3x, utilizando a função PCA da biblioteca “**scikit-learn**” e os dados foram padronizados em estrutura tabular com a biblioteca “**pandas**” e padronizados com a função “**StandardScaler**”. Em seguida, utilizou-se a função “**PCA(n_components=2)**” e os componentes principais PC1 e PC2 foram considerados para análise, para explicar, conjuntamente, 100% da variância total. A figura com os resultados da PCA foi gerada por meio da biblioteca “**matplotlib**”. Esse procedimento metodológico também foi usado nos estudos conduzidos por Souza *et al.* (2024).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da PCA, dos coeficientes CUC, CUD, classificação e os valores dos componentes principais PC1 e PC2 do ensaio e simulação são mostrados na Figura 1 e Quadro 2.

Figura 1 – Análise de componentes principais da uniformidade de irrigação do microaspersor Hadar 7110 em função das pressões e espaçamentos.



Fonte: Autores, 2025.

Tabela 2 – Classificação dos Coeficientes de Uniformidade de Christiansen (CUC) e de Uniformidade de Distribuição (CUD); e componentes PC1 e PC2 da análise de componentes principais.

Pressão (bar)	Espaçamento (m x m)	CUC (%)	Classificação	CUD (%)	Classificação	PC1	PC2
2,50	3x3	97,33	Excelente	94,65	Excelente	2,12	0,67
2,50	3x4	85,22	Bom	77,83	Razoável	1,22	0,52
2,50	3x5	54,61	Inaceitável	48,26	Inaceitável	-0,82	0,45
2,50	4x4	79,06	Razoável	75,67	Razoável	0,93	0,24
2,50	4x6	55,47	Inaceitável	46,70	Inaceitável	-0,89	0,62
2,50	6x6	44,93	Inaceitável	31,07	Inaceitável	-1,71	1,00
2,00	3x3	95,30	Excelente	95,00	Excelente	1,91	0,03
2,00	3x4	87,87	Bom	81,81	Bom	1,44	0,43
2,00	3x5	63,78	Ruim	61,35	Ruim	-0,16	0,17
2,00	4x4	86,65	Bom	82,49	Bom	1,34	0,29
2,00	4x6	67,74	Ruim	61,50	Ruim	-0,09	0,44
2,00	6x6	66,91	Ruim	54,92	Inaceitável	-0,29	0,83
1,50	3x3	96,89	Excelente	96,56	Excelente	2,10	0,24
1,50	3x4	88,31	Bom	82,46	Bom	1,36	0,41
1,50	3x5	65,34	Ruim	63,10	Ruim	-0,04	0,15
1,50	4x4	88,13	Bom	83,08	Bom	1,32	0,34
1,50	4x6	68,78	Ruim	60,25	Ruim	-0,25	0,61
1,50	6x6	70,11	Razoável	55,44	Inaceitável	-0,50	0,89
1,00	3x3	96,16	Excelente	94,91	Excelente	1,94	-0,14
1,00	3x4	84,35	Bom	76,52	Razoável	1,08	0,27
1,00	3x5	65,48	Ruim	58,07	Ruim	-0,01	0,26
1,00	4x4	86,12	Bom	79,18	Razoável	1,17	0,21
1,00	4x6	71,10	Razoável	58,04	Ruim	0,05	0,69
1,00	6x6	73,44	Razoável	60,67	Ruim	0,19	0,86
0,50	3x3	88,22	Bom	86,19	Bom	1,15	0,27
0,50	3x4	79,42	Razoável	74,26	Razoável	0,45	0,36
0,50	3x5	65,58	Ruim	57,94	Ruim	-0,04	0,35
0,50	4x4	81,97	Bom	39,83	Inaceitável	-0,80	1,06
0,50	4x6	70,78	Razoável	46,88	Inaceitável	-0,76	0,61
0,50	6x6	68,08	Ruim	54,06	Inaceitável	-0,40	0,52

Fonte: Autores, 2025.

O PC1 explicou 92% da variância total, indicando que ambos os coeficientes CUC e CUD contribuem igualmente para a uniformidade global do aspersor em condições de campo. Já o PC2 foi responsável por 8% da variância, logo, este valor reflete as disparidades ocorridas entre CUC e CUD quando os coeficientes foram significativamente diferentes um do outro.

A APC classificou os tratamentos com base no PC1, em combinações como $PC1 > 1,5$ indicando uniformidades de irrigações excelentes (>95%), como nas condições operacionais de 3x3 m em pressões de 1,5 e 2,5 bar. Por outro lado, o $PC1 < -1,5$ foi considerado inaceitável,

mostrando que os espaçamentos 6x6 m a 2,5 bar de pressão retornaram CUC de 44,93% e CUD de 31,07%, o que corrobora com os resultados encontrados por Carvalho et al. (2020) que apontam prejuízos significativos na uniformidade em espaçamentos excessivos entre os emissores. Em síntese, as 2 melhores condições operacionais foram com espaçamento de 3x3 m a 2,0 e 2,5 bar.

A PCA também mostrou que houve discrepâncias, onde as classificações individuais de CUC e CUD tiveram muita disparidade. Por exemplo, a condição operacional de 0,5 bar a 4 x 4 m teve CUC bom 81,97% e CUD inaceitável (39,83%), assim, o PCA atribuiu um PC1 igual a -0,8 e classificou a uniformidade global dessa condição como ruim, o que evidencia que a escolha pelo CUC poderia levar a uma conclusão equivocada. Outra discrepância foi na condição de 1,5 bar com 6x6 m, considerada razoável pelo CUC (70,11%) e inaceitável pelo CUD (55,44%), indicando outro desempenho inferior, o que reforça a necessidade de uso de análises mais robustas, como a multivariada, para esse tipo de estudo e em casos de inconsistências métricas e de classificação, (GONDIM et al. 2017; ZONTA et al. 2018). Logo, as piores condições operacionais do ensaio foram 4 x 4 m a 0,5 bar e 6 x 6 m a 2,5 bar e seu uso poderia comprometer o rendimento das culturas.

Assim, recomenda-se o uso da PCA para decidir a melhor condição de trabalho do microaspersor Hadar 7110 em campo, principalmente em casos de análise conjunta de coeficientes, como o CUC e o CUD, que podem apresentar resultados conflitantes em determinados cenários operacionais.

4 CONCLUSÃO

Salientar os principais achados. Tentando responder somente à pergunta da pesquisa. Além de apontar as contribuições do estudo e se há necessidade de outros estudos para complementação dos achados. Não invente conclusões e não cite outros trabalhos nessa seção.

As melhores combinações de espaçamento e pressão que obtiveram elevada uniformidade para o Hadar 7110 foram 3 x 3 m a 2,0 bar e 3 x 3 m a 2,5 bar, com altos valores de PC1 e uniformidade superior a 95%.

As piores condições do ensaio foram os tratamentos com 4 x 4m a 0,5 bar e 6 x 6 m a 2,5 bar, com PC1 negativo e uniformidade abaixo de 40%.

A análise de componentes principais permitiu avaliar os coeficientes CUC e CUD de forma integrada e mais eficiente, na determinação das diversas condições operacionais do estudo.

Agradecimentos e financiamento

O(a)s autore(a)s expressam agradecimentos ao Instituto Federal do Norte de Minas Gerais (IFNMG) pelo suporte institucional para a realização desta pesquisa e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelas bolsas de iniciação científica.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15084: Sistemas de irrigação localizada – Avaliação da uniformidade de aplicação de água – Método de ensaio**. Rio de Janeiro: ABNT, 2021. 8 p.
- BERNARDO, S.; MANTOVANI, E. C.; SILVA, D. D.; SOARES, A. A. **Manual de irrigação**. 9. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2019.
- CARVALHO, D. F.; GONÇALVES, A. C. A.; SILVA, F. F. **Avaliação da uniformidade de sistemas de irrigação por microaspersão utilizando ferramentas estatísticas**. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 50, n. 8, p. e20190824, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/46F59LZBGdDHshwLV6qrBLx/>. Acesso em: 20 abr. 2025.
- FARIAS, A. M.; COSTA, L. A. B.; BRITO, A. F. C.; OLIVEIRA, L. A.; AMARAL, A. M. Uniformidade de distribuição do microaspersor Hadar 7110 operando sob variabilidade de pressão de serviço e espaçamento em condições de campo. **Research, Society and Development**, v. 13, n. 5, 2024. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v13i5.45896>.
- FARRAPEIRA, R. O.; FACCIOLI, G. G.; SOUSA, I. F. Desempenho de um sistema de irrigação por microaspersão no perímetro irrigado de Poção da Ribeira em Itabaiana/SE. **Revista Delos**, v. 10, n. 4, p. 1–12, 2023. DOI: 10.55905/rdelosv16.n49-011
- GONDIM, P. S. S.; NASCIMENTO, M. A. L.; MOURA, M. S. B.; ANDRADE, L. A.; DIAS, M. V. Uso da análise de componentes principais na avaliação da uniformidade da irrigação por aspersão. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 11, n. 2, p. 1176–1185, 2017. DOI: 10.7127/rbai.v11n200513. Acesso em: 20 abr. 2025.
- OLIVEIRA, J. A. M.; OLIVEIRA, C. M. M. Balanço hídrico climatológico e classificação climática para o município de Arinos - MG. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 12, n. 6, p. 3021-3027, 2018. DOI: 10.7127/rbai.v12n600901
- PALARETTI, L. F.; BOTREL, T. A.; MAROUELLI, W. A.; OLIVEIRA, R. A.; REZENDE, R. Análise dos coeficientes de uniformidade de aplicação de microaspersores. **Irriga**, v. 1, n. 1, p. 89–98, 2018. DOI: [10.15809/irriga.2016v1n01p89-98](https://doi.org/10.15809/irriga.2016v1n01p89-98)
- SILVA, S. N.; NEVES, E. Importância do manejo da irrigação. **Enciclopédia. Biosfera**, v. 17 n. 34, p. 271–88, 2020. Disponível em: <https://www.conhecer.org.br/enciclop/2020D/importancia.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2025.
- SOUZA, V. C.; RODRIGUES, S. A.; GABRIEL FILHO, L. R. A. Comparison of principal component analysis algorithms for imputation in agrometeorological data in high dimension and reduced sample size. **Plos One**, v. 19, n. 12, p. e0315574, 2024. DOI: 10.1371/journal.pone.0315574.

ZONTA, J. H.; SANTOS, L. A.; SOUZA, L. A.; LIMA, F. D.; SILVA, G. M. Uso da análise multivariada na avaliação de sistemas de irrigação localizada em pomares de manga. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 22, n. 3, p. 175–181, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/4vjfQggQjDWXn79LhrstxXg/>. Acesso em: 20 abr. 2025.



CAPÍTULO 20

PERFIL FITOQUÍMICO DE PLANTAS CONDIMENTARES COMUMENTE UTILIZADAS NA CULINÁRIA BRASILEIRA

Gustavo do Carmo Fernandes   

Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP/Botucatu, Brasil

Flavia Mylenna dos Santos Araujo   

Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP/Botucatu, Brasil

Mariana Nunes Cabral   

Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP/Botucatu, Brasil

Daniely Alves de Almada   

Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP/Botucatu, Brasil

Olivia Pak Campos   

Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP/Botucatu, Brasil

Viviany Viriato de Freitas   

Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP/Botucatu, Brasil

Caio Scardini Neves   

Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP/Botucatu, Brasil

Marcos Nabate Mendes Ferreira   

Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP/Botucatu, Brasil

Ana Beatriz Lucena Ramos   

Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP/Botucatu, Brasil

Filipe Pereira Giardini Bonfim   

Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP/Botucatu, Brasil

DOI: 10.52832/wed.169.981 

Resumo: Plantas condimentares são utilizadas para conferir sabor, aroma, cor e melhoria na conservação dos alimentos. Cada espécie possui composições químicas diferentes, que pode exercer efeitos benéficos ao organismo. Consideradas alimentos funcionais, isto é, conferindo propriedades nutracêuticas à alimentação humana. Com potencial de auxiliar na redução do risco de doenças crônicas, controle de diabetes, atividades anticancerígena, antioxidante e anti-inflamatória. O presente estudo teve como objetivo caracterizar os compostos bioativos de condimentos comumente utilizados na culinária brasileira, sendo: *Rosmarinus officinalis* L. (alecrim), *Allium schoenoprasum* L. (cebolinha), *Helichrysum italicum* (Roth) G. Don f. (erva-curry), *Mentha x villosa* L. (hortelã), *Plectranthus amboinicus* (Lour.) Spreng. (hortelã-pimenta), *Ocimum basilicum* L. (manjerição), *Petroselinum crispum* (Mill.) Fuss (salsinha), *Salvia officinalis* L. (sálvia) e *Thymus vulgaris* L. (tomilho) e apresentar possíveis similaridades fitoquímicas entre elas. As espécies foram cultivadas sob manejo orgânico e posteriormente foram realizadas análises bioquímicas no Laboratório de Plantas Medicinais, localizado no Departamento de Produção Vegetal – Horticultura, na Faculdade de Ciências Agrônômicas, Campus de Botucatu, da Universidade Estadual Paulista (UNESP). Para a caracterização do perfil fitoquímico, realizou-se a atividade antioxidante, compostos fenólicos, flavonoides, antocianinas, carotenoides e teor de óleo essencial, combinadas com técnicas de análise multivariada, incluindo agrupamento hierárquico. O alecrim destacou-se como a espécie com melhor potencial fitoquímico, com maior teor de óleo essencial (2,9%), carotenoides (0,0069 mg.g⁻¹) e médias elevadas para os demais compostos. Os maiores valores de compostos fenólicos totais (973,8430 mg EAG.100g⁻¹) e flavonoides (244,9273 mg EQ.100g⁻¹) foram obtidos para a hortelã. Em relação a ação antioxidante, a espécie hortelã-pimenta exibiu maior atividade (97,2099%). Já a sálvia apresentou média superior para antocianinas (0,0074 mg.g⁻¹). O alecrim destacou-se como a espécie de maior potencial fitoquímico, com teores elevados dos compostos bioativos avaliados, apresentando perfil semelhante aos da sálvia, hortelã e erva-curry.

Palavras-chave: Alimentos funcionais. Especiarias. Compostos bioativos. Atividade antioxidante.

1 INTRODUÇÃO

Os condimentos são utilizados desde a pré-história pela sociedade, conferindo sabor, aroma, cor e melhoria na conservação dos alimentos. Além de possuírem outras finalidades, como o uso medicinal e em rituais religiosos por diversas culturas (Batista, 2017; Grenke, 2018; Neto; Freire; Lacerda, 2019). Segundo Carvalho (2015), plantas condimentares são aquelas utilizadas como tempero, na qual conferem cores e sabores característicos. Possuem uma importância não apenas pelo seu valor econômico, mas também por seu impacto cultural, social e ambiental, uma vez que, seu cultivo assegura uma fonte de renda para pequenos produtores e comunidades rurais (Sesso et al., 2025).

Cada condimento possui composições químicas diferentes, que pode exercer efeitos no organismo, mesmo quando utilizadas em pequena quantidade (Lima & Lima, 2022). Essas são consideradas alimentos funcionais, isto é, apresentam propriedades nutracêuticas para alimentação humana. Com potencial de auxiliar na redução do risco de doenças crônicas, controle de diabetes, apresentam atividades anticancerígena, antioxidante e anti-inflamatória (Han; Parker, 2017; Teles *et al.*, 2014; Zhang *et al.*, 2015).

O efeito terapêutico destes condimentos é atribuído aos compostos bioativos presentes, nos quais destacam-se os fenóis, flavonoides, monoterpenos, triterpenos, antocianinas, carotenoides, entre outros (Izidoro *et al.*, 2021). Estas substâncias são produzidas através de metabólitos especializados, que são prospectados para proteger as plantas dos fatores bióticos e abióticos (Santos, 2020). Ademais, estes compostos apresentam propriedades que proporcionam benefícios fisiológicos ao organismo, devido à capacidade de neutralizar o excesso de radicais livres gerados pelo estresse oxidativo (Costa; Rosa, 2010; Backes, 2013; Menegaes; Backes, 2021).

O presente trabalho buscou realizar a caracterização fitoquímica de nove espécies condimentares, comumente utilizadas na culinária brasileira, cultivadas em sistema orgânico na cidade de Botucatu – SP. Visa também contribuir para o conhecimento sobre a diversidade fitoquímica das espécies utilizadas na alimentação cotidiana, bem como para o fortalecimento da agricultura familiar e orgânica, em consonância com as tendências alimentares atuais.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Condições do estudo

O experimento foi realizado no período de agosto a novembro de 2024, no Departamento de Produção Vegetal – Horticultura, na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), localizado na Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA) em Botucatu, SP (22°51’ S e 48°26’ O e altitude de 786 m). O clima da região é Aw, segundo a classificação de Köppen-Geiger, com precipitação média anual acumulada de 1.500 mm, temperatura média anual próxima de 21,34 °C e umidade do ar em torno de 70% (Franco *et al.*, 2023).

O cultivo orgânico foi conduzido de acordo com o regulamentado estabelecido pela Lei Nº 10.831, de 23 de dezembro de 2003 e o Regulamento Técnico da Instrução Normativa 46, de 06/10/2011, complementada pela IN 17, de 18/06/2014. Através da interpretação dos resultados da análise de solo (tabela 1), ficou evidente a necessidade de correção do solo que foi realizada elevando a saturação por bases a 70%, para isto incorporou-se calcário dolomítico ao solo da área experimental 50 dias antes do transplântio. Para melhor condicionamento do solo aplicou-se 1 kg.m⁻² de composto orgânico produzido na própria Universidade a partir de podas de espécies arbóreas, e cujas características estão descritas na tabela 2.

Tabela 1 - Atributos químicos do solo da área experimental.

pH	M.O.	P _{resina}	Al ³⁺	H ⁺ A ₁	Na	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
CaCl ₂	g/dm ³	mg/dm ³			----- mmol _c /dm ³ -----								----- mg/dm ³ -----				
4,9	16	6	1	28	-	0,9	13	7	20	49	42	5	0,20	2,3	55	4,6	0,9

Fonte: Departamento de solos e recursos ambientais da FCA/Unesp.

Tabela 2 – Composição química do composto orgânico.

N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	S	Umidade	M.O	Na	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Rel. C/N	pH
----- % (ao natural) -----						----- mg/kg (ao natural) -----									
0,81	0,37	0,09	1,25	0,17	0,10	3	24	5	0,2	2,3	55	4,6	0,9	17/1	5,9

Fonte: Departamento de solos e recursos ambientais da FCA/Unesp.

2.2 Delineamento experimental

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, composto por 9 tratamentos (espécies supracitadas) e quatro repetições, totalizando 36 parcelas experimentais. As mudas das nove espécies condimentares selecionadas para o estudo foram adquiridas do banco de germoplasma da FCA/UNESP. As culturas investigadas no presente trabalho foram: *Rosmarinus officinalis* (alecrim), *Allium schoenoprasum* (cebolinha), *Helichrysum italicum* (erva-curry), *Mentha x villosa* (hortelã), *Plectranthus amboinicus* (Lour.) Spreng. (hortelã-pimenta), *Ocimum basilicum* (manjerição), *Petroselinum crispum* (salsinha), *Salvia officinalis* (sálvia) e *Thymus vulgaris* (tomilho).

2.3 Preparo das amostras

A colheita das folhas foi realizada no período da manhã e o peso fresco foi aferido utilizando balança analítica de 0,01g de precisão. Posteriormente, as folhas foram levadas para secagem em estufa de circulação de ar forçada a 60°C até obter valor de massa constante. Em seguida, a moagem foi realizada por maceração em almofariz e pistilo com adição de nitrogênio líquido. O material processado foi então armazenado em recipiente hermético sob condições controladas até a realização das análises.

2.4 Preparo dos extratos

Para determinação de pigmentos, o extrato foi preparado em triplicata segundo a metodologia de Sims e Gamon (2002), a partir de 0,05g de extrato de cada uma das espécies adicionados de 3 mL de acetona tamponada Tris-HCl, homogeneizados em banho ultrassônico por 10 minutos e centrifugados por 5 minutos a 2000 rpm. Para atividade antioxidante, compostos

fenólicos e flavonoides, o extrato foi preparado em triplicata, com a pesagem de 0,20 g da amostra macerada, adicionados de 10 mL de metanol a 80%. Em seguida, o extrato foi submetido a banho ultrassônico por 15 minutos e posterior centrifugação por 30 minutos a 4000 rpm.

2.5 Determinação de Antocianinas e Carotenoides

A determinação do teor de pigmentos foi feita segundo a metodologia de Sims e Gamon (2002). Os resultados foram expressos em mg. g⁻¹. O teor de carotenoides foi determinado a partir da seguinte fórmula:

Carotenoides: $(A_{470} - (17,1 \times (\text{Clorofila } a + \text{Clorofila } b) - 9,479 \times \text{Antocianina})) / 119,26$

Clorofila a: $0,01373 A_{663} - 0,000897 A_{537} - 0,003046 A_{647}$

Clorofila b: $0,02405 A_{647} - 0,004305 A_{537} - 0,005507 A_{663}$

Antocianina: $0,08173 A_{537} - 0,00697 A_{647} - 0,002228 A_{663}$

2.6 Atividade Antioxidante

Para avaliação da atividade antioxidante foi utilizado o método sequestrador de radicais livres DPPH (1,1-difenil-2-picril-hidrazila) adaptado de Yopez et al. (2002). Os resultados foram expressos em porcentagem de sequestro de radical livre (% ASRL), calculados com base na redução da absorbância em comparação a um branco, seguindo a fórmula abaixo:

$$\% \text{ ASRL} = (A_c - A_t) / A_c * 100$$

A_c: absorbância controle ou branco; A_t: absorbância teste (amostra).

2.7 Compostos fenólicos

Para a caracterização de compostos fenólicos foi adaptada a metodologia de Swain & Hillis (1959), expressando os resultados em mg de equivalentes de ácido gálico por 100 gramas de extrato (mg EAG.100 g⁻¹).

2.8 Determinação do teor de flavonoides totais

Os flavonoides totais dos extratos foram determinados segundo metodologia descrita por Woisky & Salatino (1998) com modificações. Os resultados foram expressos em miligrama de equivalente de quercetina por 100 gramas de extrato (mg EQ.100 g⁻¹).

2.9 Extração dos óleos essenciais

O óleo essencial foi obtido a partir de hidrodestilação com aparato tipo Clevenger. Para isso, 50 gramas de folhas secas foram inseridas em balão de 2 L contendo 1,5 L de água deionizada

e temperatura controlada. O processo foi mantido por 2 horas após fervura. Ao final do processo, o óleo essencial foi separado da fase aquosa e armazenado em vidro âmbar, com tampa e batoque e mantido em freezer a -4°C. O teor do óleo essencial (%) foi determinado em base seca, a partir da fórmula:

$$\text{Teor de óleo essencial (\%)} = [\text{peso óleo(g)}/\text{peso amostra(g)}] \times 100$$

2.10 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade, através do programa computacional SISVAR (FERREIRA, 2011) e análise multivariada de componentes principais (PCA) por meio do software estatístico Metaboanalyst 5.0. (Xia et al., 2015).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estudo traz de forma inédita resultados de caracterização dos compostos bioativos de plantas condimentares, comumente utilizadas na culinária brasileira, e suas similaridades fitoquímicas. Os metabólitos especializados sintetizados pelas nove espécies condimentares estudadas evidenciam perfil fitoquímico distintos quanto aos teores e rendimentos obtidos (tabela 3).

Tabela 3 – Valores médios obtidos dos compostos bioativos de espécies condimentares comumente utilizadas na culinária brasileira.

Espécies	Teor de óleo essencial (%)	Compostos Fenólicos Totais (mg EAG.g ⁻¹)	Atividade Antioxidante (%)	Antocianina (mg. g ⁻¹)	Carotenoides (mg. g ⁻¹)	Flavonoides (mg EQ.g ⁻¹)
Alecrim	2,9000 a	774,7308 a	86,9215 c	0,0062 a	0,0069 a	169,5963 b
Cebolinha	1,4500 c	232,4948 c	93,2863 b	0,0046 b	0,0058 b	156,8957 b
Erva-curry	0,3000 g	809,7128 a	84,9765 c	0,0024 c	0,0036 d	238,3937 a
Hortelã	0,3000 g	973,8430 a	85,1106 c	0,0048 b	0,0067 a	244,9273 a
Hortelã-pimenta	1,3700 d	345,8560 c	97,2099 a	0,0047 b	0,0019 e	157,8544 b
Manjeriço	0,7000 e	550,6829 b	85,5801 c	0,0038 b	0,0063 a	169,6669 b
Salsinha	0,4000 f	238,9779 c	79,7451 e	0,0030 c	0,0049 c	145,3991 b
Sálvia	2,3333 b	818,3411 a	88,0832 c	0,0074 a	0,0058 b	170,4903 b
Tomilho	0,4000 f	481,8593 b	83,7692 d	0,0056 a	0,0066 a	173,0770 b

- Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

Fonte: FERNANDES, G.C., 2025.

O alecrim (2,9%) e a sálvia (2,3%) foram as espécies que apresentaram maiores teores de óleos essenciais, diferindo estaticamente entre si e das demais plantas condimentares avaliadas.

Segundo Rosa *et al.* (2024), o óleo essencial de alecrim possui efeitos benéficos principalmente na cicatrização de feridas, atividade antifúngica e atividade antienvhecimento. O óleo essencial da sálvia é fonte de terpenos como cânfora, tujona, cariofileno e diferentes estudos atribuem ao óleo essencial atividade antioxidante, antibacteriana, antiurease e antidiabética (Moreira, 2022).

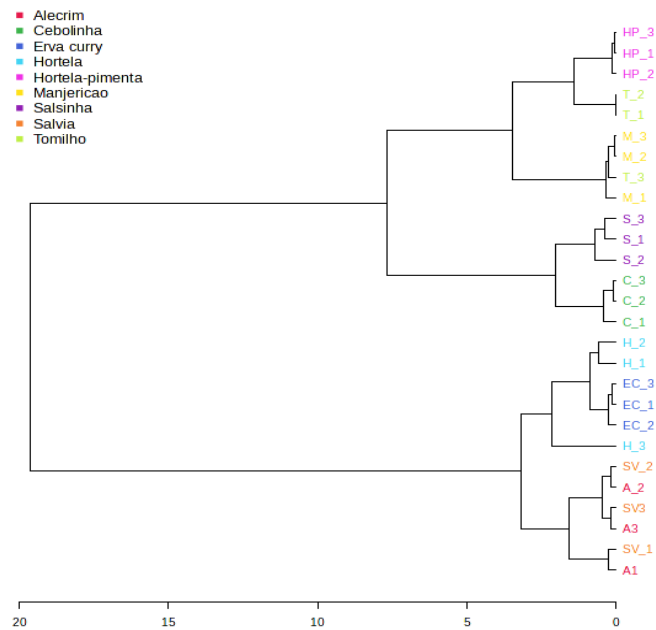
Os maiores rendimentos de compostos fenólicos totais foram obtidos para as espécies hortelã (973,8430 mg EAG 100 g⁻¹), sálvia (818,3411 mg EAG 100 g⁻¹), erva-curry (809,7128 mg EAG 100 g⁻¹) e alecrim (774,7308 mg EAG 100 g⁻¹), não diferindo estatisticamente entre si. Produtos fenólicos atuam como importantes agentes antioxidantes que protegem os tecidos do corpo humano dos efeitos nocivos do estresse oxidativo (Michalak *et al.*, 2021)

Quando se trata da atividade antioxidante, a espécie hortelã-pimenta exibiu maior média deste composto em relação as demais (97, 2099%). A atividade antioxidante tem sido objeto de estudo nos últimos anos pois representa grande aposta para o futuro desenvolvimento de fármacos e outras formas de tratamento para diversas doenças, como doenças cardiovasculares, doenças genéticas como o câncer e doenças degenerativas, com o Alzheimer e a doença de Parkinson (Moraes *et al.*, 2022).

Quanto a antocianina, sálvia (0,0074 mg. g⁻¹), alecrim (0,0062 mg. g⁻¹) e tomilho (0,0056 mg. g⁻¹) apresentaram melhores resultados. Obtiveram maiores médias do pigmento carotenoides o alecrim (0,0069 mg. g⁻¹), hortelã (0,0067 mg. g⁻¹), tomilho (0,0066 mg. g⁻¹) e manjerição (0,0063 mg. g⁻¹), respectivamente. Para os flavonoides, as espécies que se destacaram foram: hortelã (244, 9273 mg EQ 100 g⁻¹) e erva-curry (238,3937 mg EQ 100 g⁻¹). Pesquisas indicam que os flavonoides possuem propriedades anti-inflamatórias, que podem ajudar no tratamento de doenças como artrite e outras condições crônicas (Liu *et al.*, 2010).

Com intuito de buscar a similaridade entre os condimentos estudados, os dados foram submetidos em conjunto à análise multivariada, por meio de métodos não supervisionados – Análise de componentes principais (PCA) e agrupamentos hierárquicos (HCA). De acordo com a HCA (Figura 1), verifica-se a formação de três grupos distintos em relação as propriedades funcionais e seus compostos. Considerando-se como linha de corte para classificação 95% da distância euclidiana. Sendo eles: o grupo A é composto pelas espécies hortelã (H), erva curry (EC), sálvia (SV) e alecrim (A), o grupo B salsinha (S), cebolinha (C). Já o grupo C, hortelã-pimenta (HP), tomilho (T) e manjerição (M).

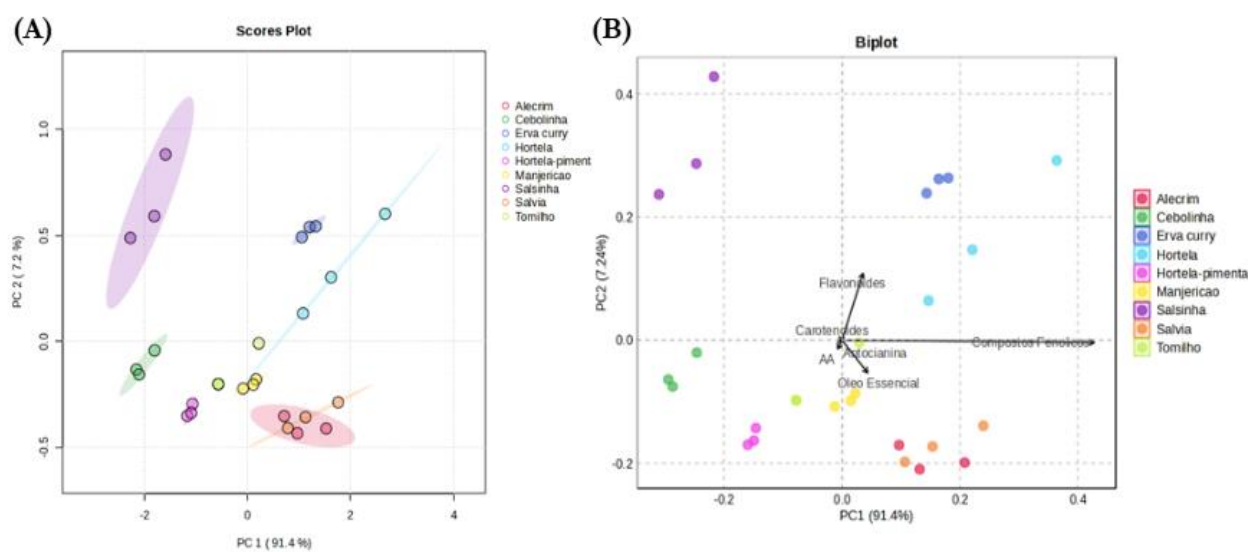
Figura 1 - Dendrograma Hierárquico das espécies condimentares obtidas em Botucatu-SP, 2024.



Fonte: FERNANDES, G. C., 2025.

A PCA permitiu explicar 98,6% da variação total dos dados (Figura 2A e 2B).

Figura 2 - Análise de componentes principais (PCA): Gráfico de score (A) e biplot (B) de espécies condimentares.



Fonte: FERNANDES, G.C., 2025.

De acordo com o gráfico *Scores Plot* (figura 2A) da análise de componentes principais (PC1 e PC2), verifica-se que a salsinha, erva curry e hortelã estão mais dispersos, ou seja, existe uma maior variabilidade química para estas espécies do que para as demais.

O gráfico *Biplot* (figura 2B) mostra de acordo com sua distribuição, quais variáveis foram responsáveis pelas separações observadas no gráfico de score. Os condimentos sálvia, alecrim, erva curry e hortelã verificam-se maior influência das variáveis antocianina, óleo essencial, flavonoides e compostos fenólicos na diferenciação dessas espécies. Já para manjerição, hortelã-pimenta, tomilho os carotenoides e atividade antioxidante foram responsáveis pela separação dessas espécies. Salsinha e cebolinha não sofreram influência das variáveis analisadas para seus agrupamentos.

4 CONCLUSÃO

O alecrim destacou-se como a espécie de maior potencial fitoquímico, com teores elevados de óleo essencial, compostos fenólicos carotenoides e antocianinas, apresentando perfil semelhante a sálvia, hortelã e erva-curry.

Hortelã-pimenta evidencia alta atividade antioxidante.

Tomilho e manjerição são efetivos quanto aos teores de carotenoides.

Salsinha e cebolinha apresentaram características químicas similares, com valores intermediários às demais condimentares.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA – ANVISA. **Resolução – RDC nº 276, de 22 de setembro de 2005.** Regulamento Técnico para Especiarias, Temperos e Molhos. Ministério da Saúde – MS.

ALVES, V. F.; FIGUEIREDO, R. B.; CAVALCANTI, Y. W.; PADILHA, W. W. N. Atividade antimicrobiana de plantas medicinais indicadas para uso no Sistema Único de Saúde. **Revista Cubana de Estomatología**, v. 56, n. 4, 2019.

BACKES, M. A. T. Paisagismo produtivo. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, v.19, n.1, p.47-54, 2013.

BATISTA, T. R. do R. **Estudo da introdução de ingredientes naturais para redução do teor de sal em produtos cárneos.** 2017. 107 f. Dissertação (MESTRADO em Engenharia Alimentar) – Engenharia Alimentar, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2017.

BRASIL. **Lei nº 10.831, de 23 de dezembro de 2003.** Institui o Programa Nacional de Agricultura Familiar - Pronaf. Diário Oficial da União, Brasília, 23 dez. 2003.

BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 17, de 18 de junho de 2014.** Complementa a Instrução Normativa nº 46, de 6 de outubro de 2011. Diário Oficial da União, Brasília, 18 jun. 2014.

CARVALHO, L. M. **Orientações técnicas para o cultivo de plantas medicinais, aromáticas e condimentares.** Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros. 2015.

CASTAÑEDA, L. M. F. **Antocianinas:** o que são? onde estão? como atuam. Porto Alegre. 2009.

MOREIRA, G. C. SÍNTESE DE METABÓLITOS ESPECIAIS EM *Salvia officinalis* UTILIZANDO DIFERENTES ELICITORES. 2022.

COSTA, N. M. B.; ROSA, C. O. B. **Alimentos funcionais: componentes bioativos e efeitos fisiológicos.** Rio de Janeiro: Rubia. 2010. 536p.

FERREIRA, D. F. Sisvar: um sistema computacional de análise estatística. **Ciência e agrotecnologia**, v. 35, p. 1039-1042, 2011.

FRANCO, J. R.; PAI, E. D.; CALÇA, V. C.; RANIERO, M. R.; PAI, A. D.; SARNIGHAUSEN, V. C. R.; SÁNCHEZ-ROMÁN, R. M. Atualização da normal climatológica e classificação climática de köppen para o município de Botucatu-SP. **Irriga**, v. 28, n. 1, p. 77-92, 2023.

HAN, X. & PARKER, T. L. Anti-inflammatory, tissue remodeling, immunomodulatory, and anticancer activities of oregano (*Origanum vulgare*) essential oil in a human skin disease model. **Biochimie Open**, v. 4, p. 73–77, 2017.

IZIDORO, M. *et al.* Propriedades funcionais e organolépticas de plantas condimentares: Revisão. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 6, p. e2010614958-e2010614958, 2021.

LIMA, E. D.; LIMA, R. A. Levantamento de plantas condimentares na comunidade de Cristolândia, Humaitá-AM (BRASIL). **Educamazônia-Educação, Sociedade e Meio Ambiente**, v. 15, n. 2, jul-dez, p. 236-248, 2022.

LIU, H. L. *et al.* **Flavonoids:** Recent Advances as Anticancer Drugs. Recent Patents on Anti-Cancer Drug Discovery, v. 5, n. 2, p. 152–164, 2010.

LINGUANOTTO, N.; FREIRE, R; LACERDA, I. **Misturando sabores: receitas e harmonização de ervas e especiarias.** São Paulo. *Senac*, 157. 2019.

MENEGAES, J. F.; BACKES, F. A. A. L. Plantas bioativas para uso no paisagismo. **Revista Eletrônica Científica da UERGS**, v.7, n.1, p.41-49, 2021. DOI: 10.21674/2448-0479.71.41-49

MICHALAK, M. *et al.* Bioactive Compounds for Skin Health: A Review. **Nutrients**, v. 13, n. 1, p. 203, 2021

MORAES, G. V. *et al.* Potencial antioxidante dos flavonoides e aplicações terapêuticas. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 14, p. e238111436225-e238111436225, 2022.

RISALITI, L.; KEHAGIA, A.; DAOULTZI, E.; LAZARI, D.; BERGONZI, M. B.; VERGKIZINIKOLAKAKI, S.; PAVLOU-LITINA, D. H.; BILIA, A. R. Liposomes carregados com óleos essenciais de *Salvia triloba* e *Rosmarinus officinalis*: avaliação in vitro das atividades antioxidante, anti-inflamatória e antibacteriana. **Journal of Drug Delivery Science and Technology**, 2019.

ROSA, C. D. B. *et al.* Atividade antioxidante do óleo essencial de alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.) pelo método DPPH e emprego em fluido hidratante. **Scientia Naturalis**, v. 6, n. 1, 2024.

SESSO, P. P.; FILHO, U. A. S.; LOPES, R. L.; ESTEVES, E. G. Z.; JUNIOR, C. A. G. Análise econômica, social e ambiental da cadeia produtiva de plantas medicinais, aromáticas e condimentares no Brasil. **Revista Delos**, v. 18, n. 63, e3651, 2025. DOI: <https://doi.org/10.55905/rdelosv18.n63-125>

SIMÕES, C. M. O. *et al.* **Farmacognosia: do produto natural ao medicamento**. Porto Alegre: Artmed, 2017. 486p.

SIMS, D. A.; GAMON, J. A. Relationships between leaf pigment content and spectral reflectance across a wide range of species, leaf structures and developmental stages. *Remote Sensing of Environment*, 81(2), 337–354, 2002. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(02\)00010-X](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0034-4257(02)00010-X)

SOUZA AS, BORGES CD, RADÜNZ M, GANDRA TKV, DA COSTA DA, BORBA CS, MENDONÇA CRB, GANDRA EA. Encapsulation of thyme essential oil (*Thymus vulgaris*) in chia mucilage (*Salvia hispanica* L.) and its application in fresh pork sausage. **Int J Biol Macromol**. 2025 Jan;285:138284. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2024.138284.

Swain, T., & Hillis, W. E. The phenolic constituents of *Prunus domestica*. I.—The quantitative analysis of phenolic constituents. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 10, n. 1, p. 63–68, 1959. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/jsfa.2740100110>

TODESCAT, F. **Extração de carotenoides da microalga *Heterochlorella luteoviridis* assistida por ultrassom usando n-butanol como solvente**. 2017.

WOISKY R.G. & SALATINO A. Analysis os propolis: some parameters ond prodecure for chemical fuality control. **J. Apic. Res**. v. 37, n. 2, p.99-105, 1998.

YEPEZ, B.; ESPINOSA, M.; LÓPEZ, S.; BOLAÑOS, G. Producing antioxidant fractions from herbaceous matrices by supercritical fluid extraction. **Fluid Phase Equilibria**, 194–197, 879–884, 2002. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0378-3812\(01\)00707-](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0378-3812(01)00707-)

ZHANG, D. *et al.* Protection from cyanide-induced brain injury by the Nrf2 transcriptional activator carnosic acid. **Journal of Neurochemistry**, 133 (6), 898–908, 2015.

ZUHAIRI, J. J. M. J. A.; KASHI, F. J.; MOGHADDAM, A. R.; YAZDANI, M. Atividade antioxidante, citotóxica e antibacteriana do óleo essencial de *Rosmarinus officinalis* L. contra bactérias isoladas de infecção do trato urinário. **European Journal of Integrative Medicine**, [S.l.], v. 31, 2020.

CAPÍTULO 21

DESENVOLVIMENTO E NODULAÇÃO DO FEIJÃO-CAUPI CULTIVADO EM SOLOS DO SEMIÁRIDO PIAUIENSE COM DIFERENTES USOS E DOSES DE NITROGÊNIO

Gilnair Nunes Monteiro   

Universidade Federal do Piauí-UFPI, Brasil

Ana Paula Martins de Sousa   

Universidade Federal do Piauí-UFPI, Brasil

Maria de Fátima Marques Pires   

Universidade Federal do Piauí-UFPI, Brasil

Maria Helena Ferreira Duarte   

Universidade Federal do Piauí-UFPI, Brasil

Helane Cristina de Andrade Rodrigues Severo   

Universidade Federal do Piauí-UFPI, Brasil

DOI: 10.52832/wed.169.982 

Resumo: Objetivou-se com esse trabalho avaliar a nodulação e o desenvolvimento de plantas de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp) submetido a diferentes doses de nitrogênio em solos do semiárido piauiense com distintos usos, considerando parâmetros relacionados ao crescimento da planta, biomassa, eficiência da nodulação e produtividade. O delineamento experimental foi em blocos casualizados e os tratamentos arranjos em esquema fatorial (3 x 2) com 4 repetições. Os tratamentos foram constituídos por três doses de nitrogênio (0, 40 e 80 kg ha⁻¹) e dois usos de solos (solo 1- sob cultivo de leguminosa e solo 2- sob área nativa). As variáveis avaliadas foram: altura das plantas, diâmetro do colo, número de trifólios, número de vagens por planta, número de grãos por planta, massa seca da parte aérea, massa seca da raiz, teor de N total na parte aérea, acúmulo de nitrogênio na parte aérea, número de nódulos e massa seca de nódulos. O solo com histórico de cultivo de leguminosa apresentou maior nodulação comparado ao solo coletado em mata nativa e a dose de 80 kg ha⁻¹ N proporcionou maior acúmulo de nitrogênio nas plantas de feijão-caupi no solo sob cultivo. Nesta pesquisa ficou evidenciado que solos da região semiárida do Piauí, possui bactérias nativas nodulíferas capazes de fixar nitrogênio e contribuir para o desenvolvimento do feijão-caupi.

Palavras-chave: Adubação nitrogenada. Bactérias nodulíferas. (*Vigna unguiculata* L. Walp).

1 INTRODUÇÃO

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp) é uma cultura que foi introduzida no Brasil durante o período colonial e atualmente o país se destaca como maior produtor e consumidor da América Latina, apresentando grande relevância socioeconômica devido à sua importância na alimentação humana e na economia (Freire Filho, 2023). Além disso, a cultura possui um ciclo fenológico curto, permitindo ao produtor adequar a janela de plantio com outras culturas dentro do mesmo ano-safra. Como resultado, a produção de grãos pode ser distribuída ao longo do ano, com três safras distintas: primeira safra (agosto a dezembro), segunda safra (janeiro a abril) e terceira safra (maio a julho) (Conab, 2025).

Esse escalonamento das safras ao longo do ano permite a manutenção da oferta de feijão-caupi no mercado, mas a produtividade da cultura pode ser prejudicada por diversos fatores abióticos, como escassez hídrica, temperaturas elevadas e baixa fertilidade natural dos solos, que comprometem o estabelecimento inicial e o florescimento das plantas (Boukar *et al.*, 2019). Nesse contexto, a disponibilidade de nutrientes torna-se um fator limitante. Logo, a deficiência de nutrientes como o nitrogênio (N), pode restringir o desenvolvimento das plantas e reduzir a produtividade, uma vez que esse elemento participa diretamente de processos fisiológicos como a síntese de proteínas e clorofila (Michel *et al.*, 2020).

Diante dessa limitação, as leguminosas, como o feijão-caupi, apresentam uma estratégia adaptativa importante: a capacidade de estabelecer simbiose com bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico, permitindo suprir parte da demanda da cultura sem a necessidade de adubação nitrogenada exógena (Leite *et al.*, 2018). No entanto, a eficiência da nodulação pode ser afetada por fatores como manejo inadequado do solo, práticas agrícolas intensivas e condições edafoclimáticas

adversas, reduzindo a eficiência da fixação biológica de nitrogênio (FBN) (Da Costa Cambraia *et al.*, 2024).

Quando a FBN apresenta baixa eficiência, o crescimento e a produtividade do feijão-caupi podem ser comprometidos, tornando necessária a suplementação com fertilizantes nitrogenados para garantir um adequado suprimento do nutriente (Souza *et al.*, 2021). Entretanto, a interação entre a FBN e a adubação nitrogenada ainda é um tema de debate, pois doses elevadas de N podem inibir a nodulação e reduzir a eficiência do processo simbiótico (Zuffo *et al.*, 2019).

Diante desse contexto, a hipótese levantada é de que a eficiência da nodulação e o crescimento da cultura são influenciados tanto pela adubação nitrogenada quanto pelo histórico de manejo do solo, de modo que doses moderadas de N podem favorecer o desenvolvimento sem comprometer a FBN. Assim, objetivou-se com esse estudo avaliar a nodulação e o desenvolvimento do feijão-caupi submetido a diferentes doses de nitrogênio em solos do semiárido piauiense com distintos usos, considerando parâmetros relacionados ao crescimento da planta, biomassa, eficiência da nodulação e produtividade.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de maio a julho de 2024, em casa de vegetação do *Campus* Professora Cinobelina Elvas, da Universidade Federal do Piauí (CPCE/UFPI), localizada no município de Bom Jesus, estado do Piauí, Brasil. O delineamento experimental foi em blocos casualizados e os tratamentos arranjados em esquema fatorial (3 x 2) com 4 repetições. Os tratamentos foram constituídos por três doses de nitrogênio (0, 40 e 80 kg ha⁻¹) e dois usos do solo [solo 1- sob cultivo de leguminosa (SC) e solo 2 - sob área nativa (SN)].

O nitrogênio foi fornecido em duas aplicações, sendo uma no plantio e a outra com 10 dias após o plantio, quando as plantas apresentavam três folhas desenvolvidas, usando ureia (45% de N) como fonte. Os dois solos foram coletados em região semiárida piauiense no município de Bom Jesus, Piauí, Brasil. O solo 1 foi proveniente de uma área sob cultivo de feijão-fava, sem histórico de utilização anterior de qualquer tipo de inoculante microbiano e o solo 2 foi coletado em uma área adjacente sob vegetação nativa. Amostras de cada solo foram colocados em vasos plásticos com volume de 5 dm³ e uma fração das amostras foram submetidas a análises químicas e granulométricas, cujas características encontra-se na tabela 1.

Tabela 1 - Caracterização química e granulométrica das amostras dos solos que foram utilizados como substratos de cultivo de plantas de feijão-caupi cultivadas em função de doses de nitrogênio.

Solos	pH H ₂ O	H+Al	Al	Ca	Mg	K	SB	T	P	K
				cmolc dm ⁻³					mg dm ⁻³	
Solo 1- SC	5.73	1.9	0.00	1.32	0.52	0.19	2.04	3.94	10.1	75
Solo 2- SN	4.78	2.69	1.00	0.37	0.19	0.16	0.73	3.42	3.1	63

Solos	Micronutrientes				V	m	M. O.	Argila	Silte	Areia
	Cu	Mn	Fe	Zn						
	mg dm ⁻³				%	%	%	%	%	%
Solo 1- SC	0.05	18.80	78	0.74	51.7	0	1.23	19.6	1.5	78.9
Solo 2- SN	0.08	6.30	126	0.4	21.2	57.9	1.1	25.3	1.4	73.4

P, Na, K, Cu, Fe, Mn e Zn - Extrator Mehlich1; Ca, Mg e Al - Extrator KCl - 1 mol/L; H + Al - Extrator Acetato de Cálcio a pH 7,0; Mat. Org. (MO) - método Walkley-Black; SB = Soma de Bases Trocáveis; CTC (t) - Capacidade de Troca Catiônica Efetiva; CTC (T) - Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0; V = Índice de Saturação de Bases; m = Índice de Saturação de Alumínio.

Fonte: Autores, 2024.

De acordo com a análise química de cada solo, foi realizada a calagem em cada vaso para elevar a saturação por bases a 60% e aos 20 dias após a aplicação do calcário, foi realizado a adubação com fósforo (superfosfato simples), potássio (cloreto de potássio) e micronutrientes (Sousa; Lobato, 2004). Quanto a textura os dois solos foram classificados como franco-arenoso (Lemos; Santos, 1996). As sementes de feijão-caupi (Tvu-966) foram desinfestadas utilizando-se álcool 70% por 30 segundos para rompimento da tensão superficial da semente e hipoclorito de sódio (2%) por dois minutos, para eliminação de patógenos e microrganismos indesejáveis, seguido de sete lavagens sucessivas com água destilada esterilizada visando retirada dos resíduos químicos utilizados para evitar prejuízos à germinação e desenvolvimento das plantas (Vincent, 1970). Foram semeadas três sementes por vaso e cinco dias após a emergência foi realizado o desbaste, deixando-se apenas uma planta por vaso.

As variáveis avaliadas foram altura das plantas (ALT, cm planta⁻¹), diâmetro do coleto (DC, mm planta⁻¹), número de trifólios por planta (NTF, n° planta⁻¹), número de vagens por planta (NVP, n° planta⁻¹), número de grãos por planta (NGP, n° planta⁻¹), massa seca da parte aérea (MSPA, g planta⁻¹), massa seca da raiz (MSR, g planta⁻¹), número de nódulos (NN n° planta⁻¹), massa seca de nódulos (MSN g planta⁻¹), teor de N total na parte aérea (TNPA, %), acúmulo de nitrogênio na parte aérea (ANPA, mg planta⁻¹). O TNPA foi avaliado pelo método semimicrokjedahl, de acordo com Sarruge e Haag (1979), onde foi determinado a percentagem de N presente na matéria seca da parte aérea das plantas de feijão-fava. O ANPA foi calculado multiplicando-se o valor da MSPA pelo TNPA e dividindo o resultado por 100.

Os dados foram avaliados quanto à normalidade e homogeneidade dos resíduos através dos testes de Shapiro Wilk e Bartlett, respectivamente. Atendidos os pressupostos, foi realizado a análise de variância, seguida do teste de Tukey a 5% de probabilidade para diferenciar os tratamentos, empregando-se o programa de análise estatística Sisvar 5.6 (Ferreira, 2019). Os gráficos com as médias foram plotados usando SigmaPlot (versão 14.0). Para as variáveis número de nódulos e massa seca de nódulos, os dados foram transformados pela raiz quadrada de $(y+0,5)$.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Propriedades físico-químicas do solo

A análise físico-química demonstrou que o solo dos dois diferentes usos (SC e SN) eram franco-arenosos, sendo principalmente solos ácidos, variando entre levemente ácido a muito ácido, com faixa de pH de 4,78-5,73. As propriedades químicas dos dois solos apresentaram variação entre si (Tabela 1). De acordo com Paulino *et al.* (2021), diferentes usos do solo bem como o manejo adotado contribui para a variação nos atributos químicos, no seu estudo com solo sob floresta nativa e solo sob cultivo agrícola apresentaram diferenças notáveis entre os micros e macronutrientes, nos teores de alumínio e saturação por bases, em que a área de cultivo agrícola, apresentou boa fertilidade, devido ao manejo adotado, com aplicação de fertilizantes e corretivos no solo.

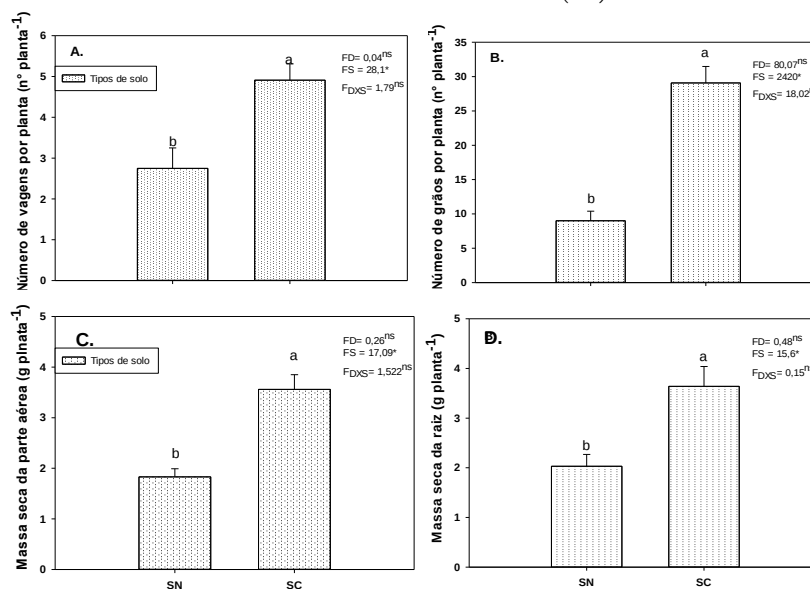
3.2 Parâmetros morfológicos e produção de biomassa

Foi observado que nos parâmetros morfológicos não houve interação significativa entre as doses de N e os tipos de solos e nem efeito individual de ambos os fatores para altura de plantas (ALT) e número de trifólios (NTF), houve apenas efeito isolado dos tipos de solo para o diâmetro do coleto (DC). No estudo de Santana *et al.* (2024), com sete genótipos de feijão-caupi foi observado que a maioria dos genótipos se desenvolveram em relação aos parâmetros morfológicos devido a aplicação de dose de N (30 kg ha^{-1}), no entanto dois genótipos (BRS Pujante e BRS Novaera) mostraram maior produtividade quando não foi fornecido N, ou seja, na dose 0.

Para as variáveis número de vagens por planta (NVP), número de grãos por planta (NGP), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da raiz (MSR) houve apenas o efeito individual dos tipos de solo. Para essas variáveis as médias do SC foram superiores em relação ao SN (Figura 1A, B, C e D). Lopes *et al.* (2021) em estudos desenvolvidos em três ecorregiões do estado de Pernambuco no Brasil, verificaram que o rendimento do feijão-caupi pode ser influenciado por fatores inerentes ao solo, tais como Al^{3+} , areia, Na^+ , troca catiônica, carbono orgânico e pela

atuação da comunidade bacteriana em ciclos biogeoquímicos do solo, no estudo as propriedades químicas e físicas correlacionaram-se com a comunidade bacteriana e mostraram diferenças entre as regiões no desempenho do feijão-caupi. O desempenho de comunidades nativas de rizóbios podem se igualar ao do tratamento com N mineral na fase de produção de grãos, como ocorreu para o feijão-comum (Da Silva-Matos *et al.*, 2022).

Figura 1. Número de vagens por planta (A), número de grãos por planta (B), massa seca da parte aérea (C) e massa seca da raiz (D) de plantas de feijão-caupi submetidas a doses de N cultivados em solo de área nativa (SN) e solo sob cultivo (SC).



Letras minúsculas comparam os dois tipos de solos, as médias seguidas das mesmas letras minúsculas não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Valores de F da Anova: * = significativo a 5% de probabilidade; ns = não significativo.

Fonte: Autores, 2024.

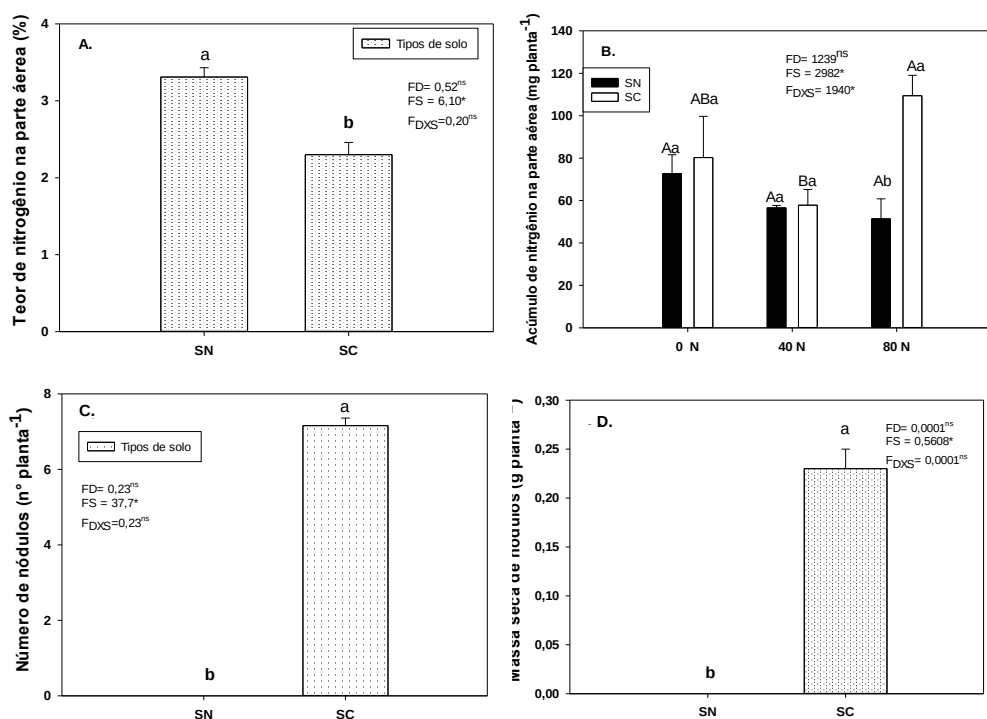
3.3 Nodulação e acúmulo de nitrogênio

Para o acúmulo de nitrogênio na parte aérea (ANPA) houve interação significativa entre as doses de N e os tipos de solo, e para o teor de N na parte aérea (TNPA) houve apenas o efeito individual dos tipos de solo. No TNPA o SC apresentou menores médias em comparação ao SN. Em relação ao ANPA, no SN não houve diferença significativa nas médias para as três doses de N, já no SC a maior média foi observado na dose de 80 kg ha⁻¹ sendo superior a dose 40 kg ha⁻¹ e semelhante a dose 0 kg ha⁻¹ de N (Figura 2A e B).

Na avaliação da eficiência de rizóbios o ANPA e TNPA são variáveis importantes e que geralmente estão relacionadas com MSPA, principalmente o ANPA (Costa *et al.*, 2017). Porém, no presente estudo foi observado o contrário ao obtido no SN, ou seja, as médias do TNPA nas plantas cultivadas no SN foram maiores em comparação com o MSPA. Provavelmente, ocorreu um efeito de concentração de N nas plantas, nas três doses de N. No ANPA foi observado um

comportamento semelhante a produção de MSPA apenas no SC, apresentando médias superiores as plantas cultivadas no SN principalmente na dose de 80 kg ha⁻¹. Esse resultado mostra que a fonte mineral libera rapidamente o N após a aplicação, consequentemente proporcionando maior absorção e acúmulo de N na planta em um curto intervalo de tempo.

Figura 2. Teor de nitrogênio na parte aérea (A), acúmulo de nitrogênio na parte aérea (B), número de nódulos (C) e massa seca de nódulos (D) de plantas de feijão-caupi submetidas a doses de N cultivados em solo de área nativa (SN) e solo sob cultivo (SC).



Letras minúsculas comparam os dois tipos de solos enquanto as letras maiúsculas comparam as doses de nitrogênio, as médias seguidas das mesmas letras minúsculas não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Valores de F da Anova: * = significativo a 5% de probabilidade; ^{ns} = não significativo.

Fonte: Autores, 2024.

Na nodulação, houve o efeito individual dos tipos de solo para as variáveis número de nódulos (NN) e massa seca de nódulos (MSN). No solo nativo (SN) não houve nodulação em nenhuma dose de N, já no solo sob cultivo (SC) apresentou nodulação nas três doses de N (Figura 2C e D).

Os resultados mostraram que no solo nativo (SN) o efeito inibidor das doses (40 e 80 kg) de N foi claramente expresso uma vez que não apresentou nodulação, a matéria orgânica do solo pode ter resultado na disponibilidade de N na dose 0 kg de N, promovendo o desenvolvimento das plantas. Diferentes solos, bem como os usos dos solos apresentam comunidades microbianas distintas, estudos recentes demonstraram que a disponibilidade de nutrientes do solo influencia na

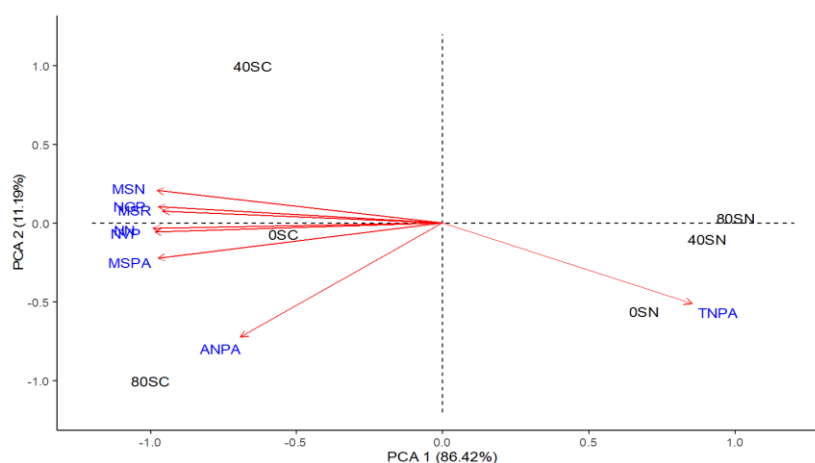
comunidade bacteriana, atuando no desempenho do metabolismo microbiano e distribuição espacial das espécies (Zheng *et al.*, 2019, Da Costa Cambraia *et al.*, 2024).

As bactérias nativas presentes no SC foram capazes de nodular e fornecer N para as plantas, uma vez que os tratamentos que não receberam N (0 kg ha^{-1} de N) apresentaram comportamento semelhante aos tratamentos que receberam 40 e 80 kg ha^{-1} de N, indicando a ocorrência de rizóbios nativos em simbiose com feijão-caupi. Consequentemente solos com histórico de cultivo de leguminosa, apresentam uma comunidade de rizóbios bem estabelecida. No trabalho de Yagi *et al.* (2015) a adubação nitrogenada comprometeu as nodulações de cultivares de feijão.

3.4 Análise de componentes principais

Os dois primeiros componentes principais do gráfico biplot explicaram 97,61% da variância total, com 86,42% e 11,19% explicados por PCA1 e PCA2, respectivamente (Figura 3). Verificou-se a maioria dos parâmetros de MSN, NN, MSPA, MSR, NVP e NGP se agruparam com a dose 0 kg ha^{-1} no solo sob cultivo (0SC) e ANPA agrupou-se com a dose 80 kg ha^{-1} no solo sob cultivo (80SC). Já para o TNPA agrupou-se com a 0 kg ha^{-1} seguida das doses 40 e 80 kg ha^{-1} no solo nativo (0SN, 40SN e 80SN). Esses resultados mostram claramente que os diferentes usos do solo influenciam as respostas das plantas a adubação nitrogenada e a eficiência da nodulação.

Figura 3 - Análise de componentes principais (PCA).



Variáveis número de vagens (NVP), número de grãos (NGP), número de nódulos (NN), massa seca de nódulos (MSN), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), acúmulo de nitrogênio da parte aérea (ANPA) e teor de nitrogênio na parte aérea, obtidas em plantas de feijão-caupi submetidas a doses de 0 kg ha^{-1} (0), 40 kg ha^{-1} (40) e 80 kg ha^{-1} (80) de N sob solo de cultivo (SC) e solo nativo (SN).

Fonte: Autores, 2024.

4 CONCLUSÃO

O solo sob de cultivo de leguminosa apresentou maior nodulação e número de vagens comparado ao solo coletado em mata nativa e a dose de 80 kg ha^{-1} de N proporcionou maior

acúmulo de nitrogênio nas plantas de feijão-caupi no solo sob cultivo. Nesta pesquisa ficou evidenciado que solos da região semiárida do Piauí, possui bactérias nativas nodulíferas capazes de fixar nitrogênio e contribuir para o desenvolvimento do feijão-caupi, principalmente em áreas que apresentam histórico de cultivo de leguminosa, uma vez que as comunidades bacterianas nativas estão melhor estabelecidas devido ao cultivo anterior e que doses moderadas de fertilizante nitrogenado favorece o crescimento das plantas sem comprometer a FBN.

REFERÊNCIAS

- BOUKAR, O.; BELKO, N.; CHAMARTHI, S.; TOGOLA, A.; BATIENO, J.; OWUSU, E. et al Cowpea (*Vigna unguiculata*): Genetics, genomics and breeding. *Plant Breeding*, v. 137, n. 3, p.1-10, 2019.
- CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos, Brasília, DF, v. 12, safra 2024/25, n. 5 quinto levantamento, fevereiro 2025.
- COSTA, E. M.; RIBEIRO, P. R. A.; LIMA, W., FARIAS, T. P.; MOREIRA, F. M. S. Lima bean nodulates efficiently with *Bradyrhizobium* strains isolated from diverse legume species. **Symbiosis**, v. 73, n. 2, p. 125-133, 2017.
- DA COSTA CAMBRAIA, P.; ROCHA, B. M.; BASTIANI, M. L. R.; e DA ROCHA CAMPOS, A. N. Nodulação de cultivares de feijão-comum em solos submetidos a diferentes usos. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 14, n. 01, p. 77-84, 2024.
- DA SILVA-MATOS, R. R. S.; DE SOUSA, L. A. M. e EVANGESLISTA, R. C. O. **Ciências agrárias: conhecimento e difusão de tecnologias**. 2022.
- SOUZA, J. DA S.; MARTINS, A. F., e PEDROSA, L. M. **Importância de bactérias fixadoras de nitrogênio no cultivo do feijão-caupi vigna unguiculata**. walp. Scientific Electronic Archives. 2021.
- FERREIRA, D. F. SISVAR: a computer analysis system to fixed effects split plot type 259 designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019.
- FREIRE FILHO, F. R. **Feijão-Caupi na Embrapa Meio-Norte: melhoramento, cultivares lançadas, genealogias e base genética**. 2023.
- LEITE, J.; PASSOS, S. R.; SIMÕES-ARAÚJO, J. L.; RUMJANEK, N. G.; XAVIER, G. R.; e ZILLI, J. E. Identificação e caracterização genômica das linhagens elite *Bradyrhizobium yuanmingense* BR 3267 e *Bradyrhizobium pachyrhizi* BR 3262 recomendadas para inoculação de feijão-caupi no Brasil. **Revista Brasileira de Microbiologia**, v. 4, p. 703-713, 2018.
- LEMOES, R. C. e SANTOS, R. D. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 3 ed. Campinas: SBCS, 1996.
- LOPES, L. S.; MENDES, L. W.; ANTUNES, J. E. L.; OLIVEIRA, L. M. S.; MELO, V. M. M.; PEREIRA, A. P. A.; COSTA, A. F.; OLIVEIRA, J. P.; MARTÍNEZ, C. R.; FIGUEIREDO, M.

V. B.; ARAUJO, A. S. F. Distinct bacterial community structure and composition along different cowpea producing ecoregions in Northeastern Brazil. **Scientific Reports**, v. 11, n. 1, p. 831, 2021.

MICHEL, D. C.; VASQUES, I. C. F.; ARAÚJO, G. D. C.; CASTRO, J. L.; ASSIS, L. D.; REIS, R. D.; SILVA, M. L. S.; e FAQUIM, V. Influência de doses de molibdênio na inoculação e fertilização mineral em feijão-caupi. **Bioscience Journal**, v. 36, p. 102-112, 2020.

PAULINO, G. da S.; OLIVEIRA JÚNIOR, R. de C.; GASPAR, A. B. dos S.; GUERREIRO, Q. L. de M. **Atributos químicos do solo em função da mudança no uso da terra sob diferentes usos agrícolas e em uma floresta na Região Oeste do Pará.** In: OLIVEIRA, J. de O. (Org.). *Silvicultura e Manejo Florestal: técnicas de utilização e conservação da natureza*. 1. ed. São Paulo: Editora Científica, 2021. p. 13-24.

SARRUGE, J. R.; HAAG, H. P. **Análises químicas em plantas.** Piracicaba: USP, 27 p, 1979.

SOUSA, D. M. G. e LOBATO, E., (Eds.). **Cerrado: correção do solo e adubação.** 2. ed. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004.

VINCENT, J. M. **A manual for the practical study of rootnodule bacteria.** Oxford, Blackwell Scientific, (International Biological Programme Handbook, 15), p. 164, 1970.

YAGI, R.; ANDRADE, D. S.; WAURECK, A.; e GOMES, J. C. Nodulações e produtividades de grãos de feijoeiros diante da adubação nitrogenada ou da inoculação com *Rhizobium freirei*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 6, p. 1661-1670, 2015.

ZHENG, Q.; HU, Y.; ZHANG, S.; NOLL, L.; BÖCKLE, T.; DIETRICH, M.; ... e WANEK, W. Soil multifunctionality is affected by the soil environment and by microbial community composition and diversity. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 136, p. 107521, 2019.

ZUFFO, A. M.; STEINER, F.; BUSCH, A.; e SANTOS, D. M. DA S. Adubação nitrogenada na soja inibe a nodulação e não melhora o crescimento inicial das plantas. **Revista Em Agronegócio e Meio Ambiente.** 2019.

CAPÍTULO 22

A APLICAÇÃO LOCALIZADA DA ADUBAÇÃO POTÁSSICA É O MAIS RECOMENDADO PARA A CULTURA DO TOMATE

Emerson Oliveira Lima   

Agronomia/Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Brasil

Erik Felipe Rezende do Carmo   

Agronomia/Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Brasil

Janaina Lisboa Pereira   

Agronomia/Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Brasil

Jhonattan Teles Marinho   

Agronomia/Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Brasil

João Victor Martins de Araújo Almeida   

Agronomia/Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Brasil

Antonio Batista Cavalcanti Bisneto   

Programa de pós graduação em Agronomia/Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Brasil

Laércio Novato Ribeiro Filho   

Programa de pós graduação em Agronomia/Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Brasil

Rosilene Gomes de Souza Pinheiro   

Programa de pós graduação em Agronomia/Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Brasil

Marília Alves Brito Pinto   

Programa de pós graduação em Agronomia/Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Brasil

Cristiano Tagliaferre   

Departamento de Engenharia Agrícola e Solos/Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Brasil

DOI: 10.52832/wed.169.983 

Resumo: A aplicação localizada de nutrientes busca aumentar a eficiência dos fertilizantes, elevar a produtividade das culturas e reduzir os impactos ambientais associados ao uso excessivo de adubos. Este estudo simulou diferentes estratégias de adubação potássica para o tomate, comparando a aplicação convencional uniforme com a aplicação localizada baseada na análise química do solo. A área experimental 8.100 m² (90 x 90 m) foi amostrada em 100 pontos georreferenciados para determinar os teores de potássio (K). Três cenários foram simulados: (1) aplicação uniforme com base na média geral de K; (2) divisão da área em duas parcelas (90 x 45 m) com adubação ajustada às médias locais; (3) subdivisão em quatro quadrantes (45 x 45 m) com aplicação conforme os teores médios de cada quadrante. A divisão em quadrantes revelou a variabilidade espacial do K no solo e permitiu uma dosagem mais adequada por área, sem aumento do custo total da fertilização. A aplicação localizada mostrou-se uma estratégia mais precisa e sustentável para o manejo da adubação potássica na cultura do tomate.

Palavras-chave: Eficiência de fertilizantes. Potássio no solo. *Solanum lycopersicum*.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil o oitavo maior produtor e tomate do mundo (FAO, 2025), e cerca de 50% da produção de tomate de mesa é proveniente da agricultura familiar (Conab, 2025), o que destaca a relevância de pesquisas voltadas ao manejo da adubação em pequenas propriedades.

O tomate é altamente exigente e responsivo à adubação e o potássio é um nutriente essencial para seu cultivo, desempenhando um papel crucial na fotossíntese e outros processos bioquímicos e fisiológicos. A alta demanda por potássio pelo tomateiro, com maior concentração nos frutos, torna a sua nutrição adequada fundamental para a obtenção de altas produtividades e frutos de alta qualidade (Guedes *et al.*, 2021; Weinert *et al.*, 2021)

O aumento do acesso e do uso de fertilizantes é um componente essencial para a melhoria da produção agrícola e da segurança alimentar. No entanto, considerando a natureza heterogênea das pequenas propriedades rurais, a aplicação de fertilizantes precisa ser adaptada às condições específicas de cada sistema de cultivo, a fim de aumentar a produtividade, a rentabilidade e a eficiência no uso de nutrientes (Chivenge *et al.*, 2022).

Segundo Pawase *et al.* (2023), a aplicação tradicional e uniforme de fertilizantes pode resultar em excesso ou deficiência de nutrientes, comprometendo a produtividade, a qualidade das lavouras e o equilíbrio ambiental. Já a adubação em taxa variável adapta a dosagem de nutrientes a pontos específicos do terreno, promovendo maior eficiência no uso dos insumos, elevando os índices de produção e minimizando os impactos ao meio ambiente.

A tecnologia de aplicação de fertilizantes em taxa variável é amplamente empregada em grandes propriedades e geralmente está associada a elevados investimentos em equipamentos. No entanto, essa abordagem também é viável em pequenas áreas, pois os agricultores conhecem bem suas terras e já distinguem regiões com solos “mais férteis” ou “mais pobres”. Ao realizar a análise de solo considerando essas diferenças, a adubação pode ser ajustada de forma mais precisa para

cada setor, o que tende a aumentar a eficiência no uso dos fertilizantes e a produtividade das culturas.

Dessa forma, objetiva-se com este estudo simular distintas estratégias de adubação potássica para a cultura do tomate, comparando a aplicação convencional, de forma uniforme em toda a área, com a aplicação segmentada em subáreas, baseada na análise química do solo. Para cada cenário simulado, foram calculadas a demanda de fertilizantes e o custo da adubação.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Em uma área de 8100 m² (90 x 90 m), foram distribuídos aleatoriamente 100 pontos, em cada ponto determinou-se o teor de potássio (K) no solo. Para ilustrar a distribuição espacial dos teores de K na área foram confeccionados mapas utilizando o método do inverso do quadrado da distância, com o auxílio do software GS+ for Windows version 7.0.24 (Gamma Design Software, Plainwell, MI).

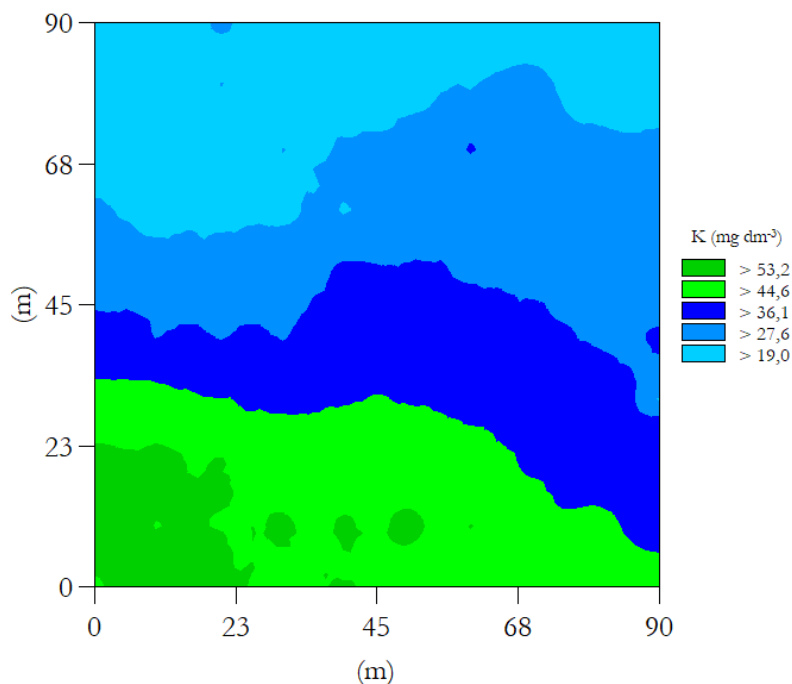
Tomando por base a área total foram feitas as seguintes simulações:

- 1 – Cálculo da adubação potássica a partir do valor médio de potássio dos 100 pontos amostrados na área;
- 2 – Dividindo a área em 2 parcelas (90 x 45 m), o cálculo da adubação potássica foi feito a partir do valor médio de potássio de cada parcela;
- 3 – Dividindo a área em quadrantes de (45 x 45 m) o cálculo da adubação potássica foi feito a partir do valor médio de potássio de cada quadrante.

Com base nos teores de potássio do solo utilizou-se a recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais 5ª aproximação (Ribeiro; Guimarães; Alvarez, 1999) para cálculo da dose de K₂O recomendada para cultivo do tomate. Posteriormente calculou-se a quantidade de cloreto de potássio necessário para suprir as doses. O custo do adubo foi obtido conforme Conab (2025) e os custos totais foram obtidos somando ao custo do adubo os custos das análises de solo.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

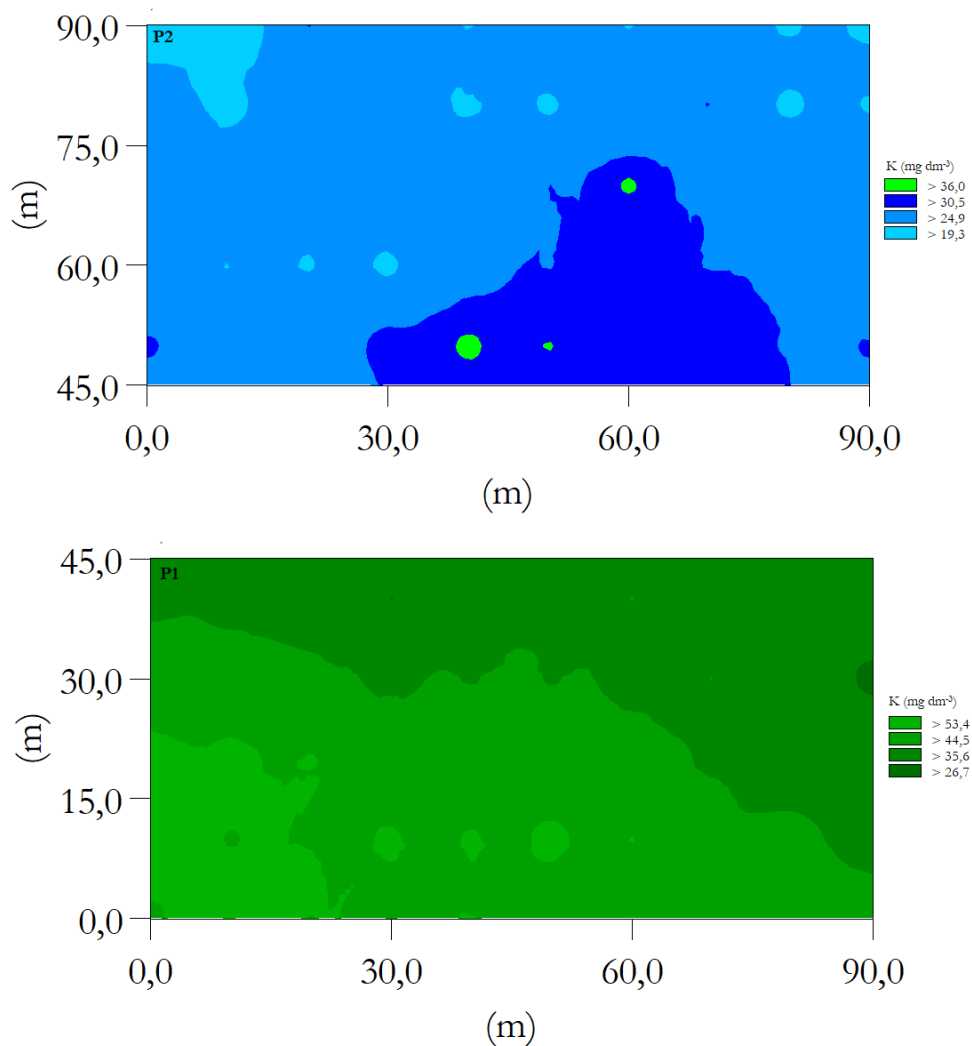
Os valores de potássio (K) encontrados na área variaram entre 19,0 e 53,2 mg dm⁻³, notou-se uma distribuição homogênea em faixas de mesma concentração representadas pelas mesmas cores (Figura 1).

Figura 1 – Distribuição espacial dos teores de potássio (K) na área.

Fonte: Autores, 2025.

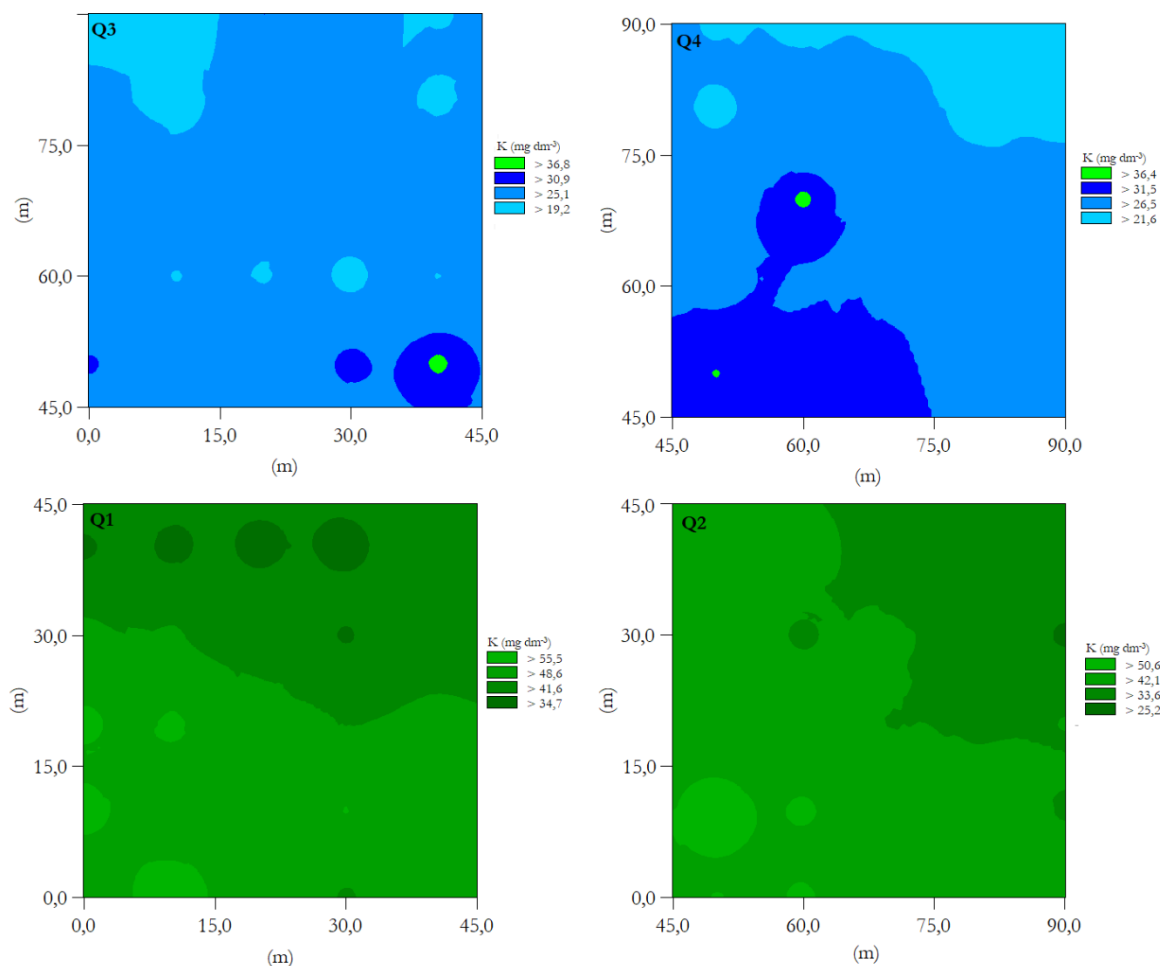
Observa-se na figura 1 que os parâmetros de exigência de potássio variaram de baixo ($16\text{--}40\text{ mg dm}^{-3}$) a médio ($41\text{--}70\text{ mg dm}^{-3}$) (Ribeiro; Guimarães; Alvarez, 1999). Conforme Van Loon *et al.* (2018), na atividade agrícola, compreender a qualidade do solo envolve entender tanto a oferta de nutrientes quanto as demandas nutricionais das plantas em pontos específicos da lavoura. Sob essa perspectiva, os resultados obtidos ressaltam a relevância do manejo da adubação com foco na variabilidade espacial, mesmo em áreas de pequena extensão. A dosagem correta de fertilizantes contendo potássio contribui para a redução de custos e garante a presença adequada do nutriente, favorecendo o pleno desenvolvimento das culturas.

A divisão em parcelas permitiu uma avaliação mais precisa dos teores de potássio (K) no solo, evidenciando variações significativas entre as áreas analisadas. Na parcela P1, os valores de K apresentaram-se distribuídos de forma homogênea, com teores variando entre $44,5$ e 70 mg dm^{-3} (Figura 2), o que indica uma condição nutricional mais favorável para o desenvolvimento das plantas. Por outro lado, na parcela P2, os teores de potássio foram consideravelmente mais baixos, com uma média em torno de $30,5\text{ mg dm}^{-3}$ (Figura 2), sinalizando uma possível limitação nutricional. De acordo com os critérios de interpretação propostos por Ribeiro, Guimarães e Alvarez (1999), os valores observados em P1 são classificados como médios, enquanto os de P2 se enquadram na faixa de baixo teor de potássio disponível no solo (Figura 2).

Figura 2 – Distribuição espacial dos teores de potássio (K) nas parcelas P1 e P2.

Fonte: Autores, 2025.

Nos quadrantes Q1 e Q2, os teores de potássio variam principalmente entre 34,7 e mais de 55,5 mg dm⁻³, sendo classificados como médios, de acordo com os critérios de Ribeiro, Guimarães e Alvarez (1999). Em contrapartida, os quadrantes Q3 e Q4 apresentam teores significativamente mais baixos, com grande parte da área variando entre 19,2 e 36,8 mg dm⁻³. Essas faixas são consideradas como baixas, revelando uma condição nutricional desfavorável que pode comprometer o crescimento das plantas se não houver uma adequada adubação potássica (Figura 3).

Figura 3 – Distribuição espacial dos teores de potássio (K) nos quadrantes.**Fonte:** Autores, 2025.

O teor médio de potássio (K) da área total, determinado com base na amostragem convencional, foi de 37,7 mg dm⁻³. Esse valor, segundo os critérios de interpretação agronômica, é considerado baixo para atender adequadamente às exigências nutricionais da maioria das culturas (Tabela 1). No entanto, ao se adotar uma abordagem mais detalhada, dividindo-se a área em duas parcelas distintas, foi possível observar uma variação mais expressiva nos teores de K, oscilando entre níveis baixos e médios. Essa diferenciação já evidencia ganhos em termos de diagnóstico mais preciso da fertilidade do solo.

Ao se avançar ainda mais na delimitação da área, por meio da divisão em quatro quadrantes, os resultados mantiveram-se dentro das faixas de teores baixos a médios, semelhantes aos obtidos com a divisão em parcelas. Contudo, a principal vantagem da adoção dessa subdivisão foi o aumento da precisão na recomendação e aplicação de fertilizantes. Com a maior resolução espacial proporcionada pelos quadrantes, é possível identificar com mais clareza os pontos específicos de deficiência nutricional.

Esse detalhamento permite evitar tanto a subestimação quanto a superestimação dos teores de potássio, práticas que poderiam levar, respectivamente, à aplicação insuficiente ou excessiva de adubo. Assim, cada quadrante pode receber uma dose de fertilizante mais adequada à sua real necessidade, promovendo o uso mais racional dos insumos, maior eficiência. Essa estratégia reforça a importância da

amostragem detalhada como ferramenta essencial para o manejo sustentável e tecnicamente fundamentado da fertilidade do solo.

Tabela 1 – Teores de potássio (K) e recomendação da dose de K₂O para cada área simulada.

Simulações	K solo (mg dm ⁻³)	*Interpretação dos teores de K solo	*Dose recomendada de K ₂ O (kg ha ⁻¹)
Área total	37,7586	Baixo	80
P1	47,3264	Médio	60
P2	28,1908	Baixo	80
Q1	49,7184	Médio	60
Q2	44,9344	Médio	60
Q3	27,3036	Baixo	80
Q4	29,078	Baixo	80

* Valores obtidos conforme recomendado por Ribeiro; Guimarães; Alvarez, 1999.

Fonte: Autores, 2025.

Embora a estratégia de adubação segmentada em quadrantes tenha gerado maiores custos totais, ela se destacou por proporcionar a melhor adequação na oferta de potássio às necessidades da cultura. No entanto, a divisão da área em duas partes demonstrou ser mais eficiente do ponto de vista econômico e agrônômico, pois conseguiu suprir a demanda tanto em regiões com baixos níveis de potássio quanto naquelas com teores médios. Além disso, essa abordagem foi a que apresentou o menor custo final, evidenciando-se como uma alternativa viável para otimizar a fertilização sem comprometer o desempenho da lavoura (Tabela 2).

Tabela 2 – Quantidade de adubo e custos da adubação potássica e análises de solo para cada simulação considerando a cultura do tomate.

Simulação	Quantidade de Super Simples (kg)	Valor total adubo (R\$)	Valor análises do solo (R\$)	Custo total (R\$)
1 (Área total)	111,7	614,5	20,00	634,5
2 (2 parcelas)	97,8	537,7	40,00	577,1
3 (Quadrantes)	125,7	691,3	80,00	771,3

Fonte: Autores, 2025.

4 CONCLUSÃO

Considerando a adubação potássica do tomate em pequenas áreas, a divisão por parcelas demonstra a distribuição espacial dos teores de potássio, possibilita a aplicação de doses adequadas do adubo por local e não há aumento no custo total do adubo.

Agradecimentos

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB, a FAPESB e ao CNPq pelas bolsas de estudo.

REFERÊNCIAS

CHIVENGU, P. *et al.* Progress in research on site-specific nutrient management for smallholder farmers in sub-Saharan Africa. **Field Crops Res.**, v. 281, p. 108503, 2022. DOI doi.org/10.1016/j.plaphy.2020.12.010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2020.12.010>. Acesso em: 12 maio 2025.

GUEDES, E. *et al.* Fontes de potássio para produção e qualidade de tomate cultivado em sistema orgânico em ambiente protegido. **Res. Soc. Dev.**, v. 10, n. 14, p. e484101422169, 2021. DOI dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i14.22169. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i14.22169>. Acesso em: 5 maio 2025.

PAWASE P, P. *et al.* Variable rate fertilizer application technology for nutrient management: A review. **Int J Agric & Biol Eng.**, v. 16, n. 4, p. 11-19, 2023. DOI [dx.doi.org/10.25165/j.ijabe.20231604.7671](https://doi.org/10.25165/j.ijabe.20231604.7671). Disponível em: <https://doi.org/10.25165/j.ijabe.20231604.7671>. Acesso em: 14 maio 2025.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARAES, P. T. G.; ALVAREZ V. V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª. Aproximação.** Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. Viçosa, MG: UFV, 1999. 359 p.

VAN LOON, J. *et al.* Precision for smallholder farmers: a small-scale-tailored variable rate fertilizer application kit. **Agriculture, Basel**, v. 8, n. 4, p. 48, abr. 2018. DOI [10.3390/agriculture8040048](https://doi.org/10.3390/agriculture8040048). Disponível em: <https://doi.org/10.3390/agriculture8040048>. Acesso em: 09 maio 2025.

WEINERT, C. H. *et al.* The effect of potassium fertilization on the metabolite profile of tomato fruit (*Solanum lycopersicum* L.). **Plant Physiol. Biochem.**, v. 159, p. 89–99, 2021. DOI doi.org/10.1016/j.plaphy.2020.12.010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2020.12.010>. Acesso em: 13 maio 2025.

CAPÍTULO 23

A DIVISÃO POR QUADRANTES COMO A MELHOR FORMA DE DISTRIBUIÇÃO DA ADUBAÇÃO FOSFATADA NA CULTURA DO TOMATE

Kaio Araujo de Sousa Nascimento   

Engenharia Florestal/Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Brasil

Henrique Rocha Lima   

Engenharia Florestal/Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Brasil

Emerson Oliveira Lima   

Agronomia/ Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Erik Felipe Rezende do Carmo   

Agronomia/ Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Brasil

Jhonattan Teles Marinho   

Agronomia/ Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Brasil

João Victor Martins de Araújo Almeida   

Agronomia/ Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Brasil

Janaina Lisboa Pereira   

Agronomia/ Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Brasil

Marília Alves Brito Pinto   

Programa de Pós-graduação em Agronomia/Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Brasil

Luciana Gomes Castro   

Departamento de Engenharia Agrícola e Solos/Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Brasil

DOI: 10.52832/wed.169.984 

Resumo: A aplicação localizada de nutrientes visa aumentar a eficiência do uso de fertilizantes, melhorar a produtividade da cultura e reduzir os impactos ambientais causados pelo uso excessivo de adubos. Este estudo teve como objetivo simular diferentes estratégias de adubação fosfatada para a cultura do tomate, comparando a aplicação convencional uniforme em toda a área com a aplicação localizada, baseada na análise química do solo. A área experimental, de 5950 m² (85 x 70 m), foi amostrada em 92 pontos distribuídos aleatoriamente, onde se determinaram os teores de fósforo (P) no solo. Foram realizadas três simulações: (1) aplicação uniforme com base no valor médio de P dos 92 pontos; (2) divisão da área em duas parcelas (42,5 x 70 m), com adubação conforme a média de P de cada parcela; (3) divisão em quatro quadrantes (42,5 x 35 m), com adubação baseada na média de P de cada quadrante. A divisão em quadrantes permitiu evidenciar a variabilidade espacial do fósforo no solo e aplicar doses mais adequadas por local, sem aumento no custo total da adubação. A aplicação localizada da adubação fosfatada favorece uma gestão mais eficiente e sustentável na cultura do tomate.

Palavras-chave: Distribuição espacial. Fósforo no solo. *Solanum lycopersicum*.

1 INTRODUÇÃO

O tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) é a segunda hortaliça mais produzida do mundo, e o Brasil é o oitavo maior produtor mundial (FAO, 2025). No Brasil, a agricultura familiar é responsável por aproximadamente 50% da produção de tomate de mesa (Conab, 2025) evidenciando a importância de estudos para manejo de adubação em pequenas áreas.

A aplicação de doses adequadas de fósforo melhora o desenvolvimento vegetativo e a produção do tomate (Sobrinho *et al.*, 2022). No entanto, a adubação fosfatada é pouco aproveitada pelo tomateiro devido a planta possuir baixa eficiência de absorção do nutriente e pelo fato do mesmo ser altamente adsorvido pelo solo (Dias *et al.*, 2024).

O fósforo é um componente insubstituível da nutrição vegetal, por isso a demanda por fertilizantes fosfatados está em constante crescimento. Ao mesmo tempo, são estabelecidos requisitos bastante rigorosos quanto à segurança ambiental do uso desses fertilizantes (Bagnavets *et al.*, 2021). De acordo com Pawase *et al.* (2023) a aplicação uniforme tradicional de adubos pode levar ao uso excessivo ou insuficiente de nutrientes, prejudicando a produtividade, a qualidade das culturas e o meio ambiente. A adubação com taxa variada ajusta a aplicação de nutrientes a locais específicos do campo, otimizando a eficiência, aumentando os rendimentos e reduzindo o impacto ambiental.

A tecnologia de aplicação de fertilizantes com taxa variada é utilizada em grandes áreas e está associada ao alto custo com maquinário. No entanto, essa tecnologia é aplicável à pequenas áreas, uma vez que os agricultores conhecem sua “terra” e já identificam solos “mais fortes” ou “mais fracos”, então ao realizar a análise de solo diferenciando essas áreas a aplicação de adubos seria mais adequada a cada área, aumentaria a eficiência do uso do fertilizante e a produtividade da cultura.

Assim, objetiva-se com este trabalho simular diferentes adubações fosfatadas para a cultura do tomate, comparando a aplicação convencional uniforme em toda área com aplicação em subáreas conforme a análise química do solo, e para cada simulação calcular a necessidade e o custo da adubação.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Em uma área de 5950 m² (85 x 70 m), foram distribuídos aleatoriamente 92 pontos, em cada ponto determinou-se o teor de fósforo (P) no solo. Para ilustrar a distribuição espacial dos teores de P na área foram confeccionados mapas utilizando o método do inverso do quadrado da distância, com o auxílio do software GS+ for Windows version 7.0.24 (Gamma Design Software, Plainwell, MI).

Tomando por base a área total foram feitas as seguintes simulações:

- 1 – Cálculo da adubação fosfatada a partir do valor médio de fósforo dos 92 pontos amostrados na área;
- 2 – Dividindo a área em 2 parcelas (42,5 x 70 m), o cálculo da adubação fosfatada foi feito a partir do valor médio de fósforo de cada parcela;
- 3 – Dividindo a área em quadrantes de (42,5 x 35 m) o cálculo da adubação fosfatada foi feito a partir do valor médio de fósforo de cada quadrante.

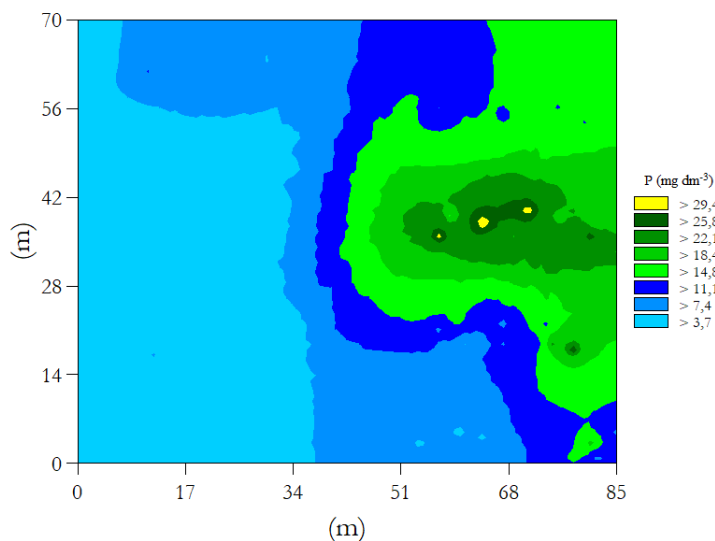
Com base nos teores de fósforo do solo utilizou-se a recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais 5ª aproximação (Ribeiro; Guimarães; Alvarez, 1999) para cálculo da dose de P₂O₅ recomendada para cultivo do tomate. Posteriormente calculou-se a quantidade de superfosfato simples necessário para suprir as doses. O custo do adubo foi obtido conforme Conab (2025) e os custos totais foram obtidos somando ao custo do adubo os custos das análises de solo.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores de P na área variaram entre 3,7 e 30 mg dm⁻³ e observou-se uma distribuição em faixas de mesmo valor (Figura 1). Considerando a porcentagem de argila do solo entre 15-35%, (Ribeiro; Guimarães; Alvarez, 1999) os teores de P no solo variaram entre baixo (2,8 – 5,4 mg dm⁻³) e bom (20,1 -30 mg dm⁻³), e as doses de P₂O₅ recomendadas para cultura do tomate variaram entre 900 e 600 kg ha⁻¹. Estes resultados reforçam a importância da adubação considerando a distribuição espacial mesmo em pequenas áreas, pois a aplicação da quantidade adequada de fertilizante diminui custos e garante disponibilidade do nutriente na quantidade necessária para o melhor desenvolvimento da cultura. De acordo com Van Loon *et al.* (2018) na produção agrícola,

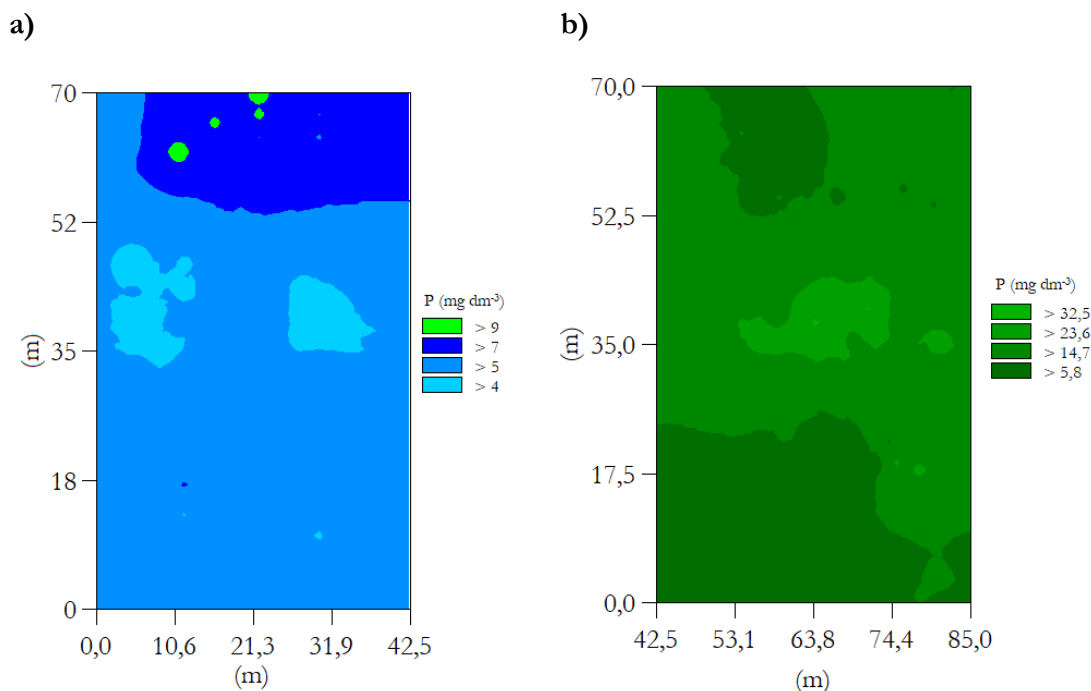
conhecer a qualidade do campo significa compreender a disponibilidade de nutrientes no solo e as necessidades nutricionais das plantas em locais específicos.

Figura 1 – Distribuição espacial dos teores de fósforo (P) na área.



Fonte: Autores, 2025.

Considerando a divisão da área em parcelas (Figura 2) observa-se que na P1 há uma homogeneidade dos teores de P no solo variando entre 5 e 7 mg dm^{-3} . Na P2 também se observa homogeneidade na distribuição dos teores de P no entanto variando entre 14 e 24 mg dm^{-3} . Embora ocorram algumas manchas com valores diferentes nas áreas, ocorre uma distribuição espacial bem definida em cada parcela e bem diferente entre elas, reforçando a importância de subdivisões para amostragem do solo mesmo em pequenas áreas.

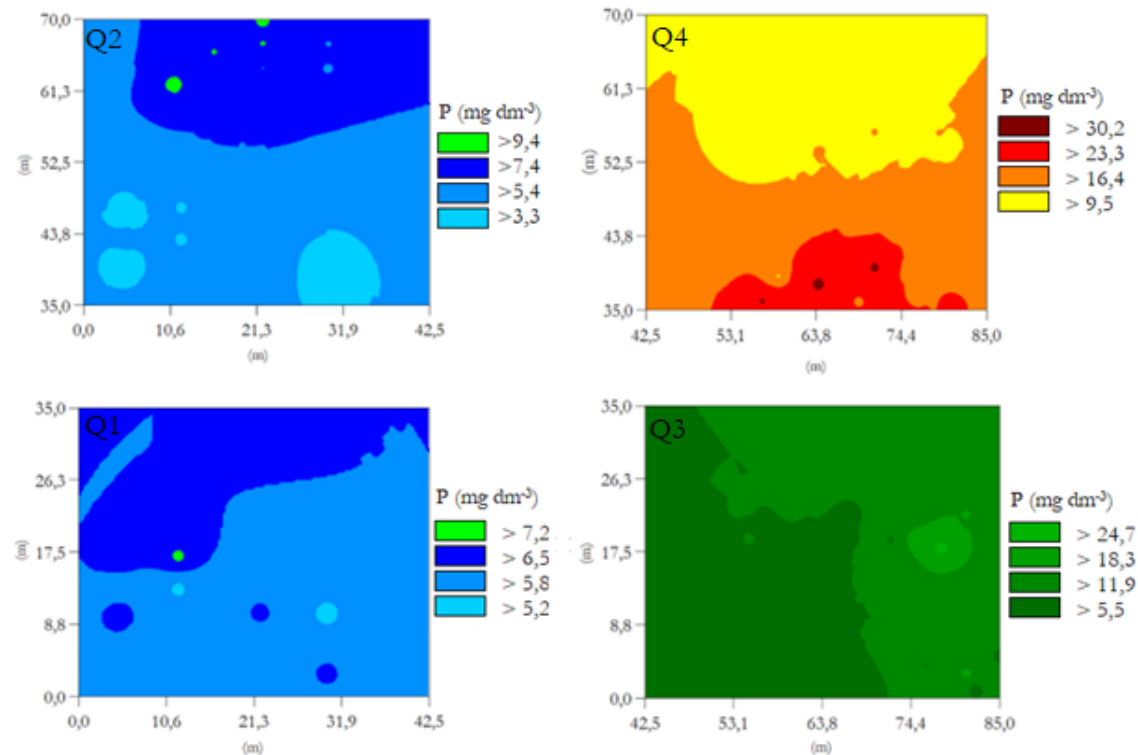
Figura 2– Distribuição espacial dos teores de fósforo (P) na parcela 1 (a) parcela 2 (b).

Fonte: Autores, 2025.

Com divisão da área em quadrantes (Figura 3) se observa uma distribuição espacial mais definida, em todos os quadrantes se torna clara uma divisão em duas faixas de valores. Nos quadrantes 1 e 2 seria possível mais uma divisão, uma vez que ambos apresentaram áreas com valores de $P \leq 6,6$ que são interpretados como muito baixos. Considerando os quadrantes, no Q4 (Figura 3b) os valores de P no solo são considerados bons, diminuindo a quantidade de adubo recomendado. Estes resultados reforçam a importância de conhecer a distribuição espacial do atributo do solo em pequenas áreas para definir o manejo de adubação.

Segundo (Ribeiro; Guimarães; Alvarez, 1999) para que a amostra do solo seja representativa, a área amostrada deve ser a mais homogênea possível. Assim, a propriedade ou a área a ser amostrada deverá ser subdividida em glebas ou talhões homogêneos. Nesta subdivisão ou estratificação, levam-se em conta a vegetação, a posição topográfica (topo do morro, meia encosta, baixada, etc.), as características perceptíveis do solo (cor, textura, condição de drenagem, etc.) e o histórico da área (cultura atual e anterior, produtividade observada, uso de fertilizantes e de corretivos, etc.).

Figura 3– Distribuição espacial dos teores de fósforo (P) para os quadrantes.



Fonte: Autores, 2025.

Conforme a amostragem convencional, o teor médio de P da área total foi de 12,82 mg dm⁻³, e considerado médio. Quando a área foi dividida em duas parcelas, em os teores de P no solo variaram entre baixo e médio. Já considerando os quadrantes da área os teores de P no solo variaram entre baixo e bom (Tabela 1).

Tabela 1 – Teores de fósforo (P) e recomendação da dose de P₂O₅ para cada área simulada.

Simulações	P solo (mg dm ⁻³)	*Interpretação dos teores de P solo	*Dose recomendada de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)
Área total	12,82	Médio	800
P1	7,01	Baixo	900
P2	16,55	Médio	800
Q1	6,88	Baixo	900
Q2	7,11	Baixo	900
Q3	13,09	Médio	800
Q4	20,02	Bom	600

* Valores obtidos conforme recomendado por Ribeiro; Guimarães; Alvarez (1999).

Fonte: Autores, 2025.

Sabe-se que a prática da tecnologia de aplicação em taxa variável depende principalmente do uso de métodos avançados (sensores ou mapas de prescrição) e de módulos de controle complexos (Al-Gaadi *et al.*, 2023), e de fato em grandes áreas essas tecnologias se fazem necessária.

No entanto, em pequenas áreas com uma divisão simples é possível captar diferenças significativas nos teores de P no solo e partir disso fazer um manejo de adubação mais eficiente.

O custo total do adubo considerando as parcelas foi maior que o da área total (Tabela 2) o que se explica pelo fato de que considerando a área total o teor de P no solo era médio e a dose recomendada de P_2O_5 de 800 kg ha^{-1} , já considerando as parcelas, na P1 o teor de P no solo foi baixo e a dose recomendada de P_2O_5 de 900 kg ha^{-1} . Já o custo total do adubo considerando a área total ou a aplicação por quadrantes foi o mesmo (Tabela 2), com a divisão em quadrantes as doses de P_2O_5 necessárias variaram de 600 a 900 kg ha^{-1} , e por diminuir em alguns quadrantes diminuiu também o custo final do adubo.

Tabela 2 – Quantidade de adubo e custos da adubação e análises de solo para cada simulação.

Simulação	Quantidade de Super Simples (kg)	Valor total adubo (R\$)	Valor análises do solo (R\$)	Custo final (R\$)
1 (Área total)	2644,44	7668,90	20,00	7688,90
2 (2 parcelas)	2809,97	8148,20	40,00	8188,20
3 (Quadrantes)	2644,40	7668,90	80,00	7748,90

Fonte: Autores, 2025.

Embora haja um aumento do custo do adubo, ou do custo final por conta do aumento do número de análises de solo, é importante salientar que, a aplicação da dose adequada em cada área garante a disponibilidade da quantidade necessária do nutriente para a cultura expressar seu potencial produtivo. Assim, apesar do maior custo com a adubação, haveria mais lucro por conta da maior produção. De acordo com Pawase *et al.* (2023) a aplicação de insumos em determinada taxa, momento e local, com base nas propriedades do solo e na variação espacial no campo ou nas plantas resulta em maior eficiência do uso de fertilizantes com aumento da produtividade das culturas.

4 CONCLUSÃO

Considerando a adubação fosfatada do tomate em pequenas áreas, a divisão por quadrantes demonstra a distribuição espacial dos teores de fósforo, possibilita a aplicação de doses adequadas do adubo por local e não há aumento no custo total do adubo.

Agradecimentos

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB, a FAPESB e ao CNPq pelas bolsas de estudo.

REFERÊNCIAS

- AL-GAADI, K. A.; TOLA, E.; ALAMEEN, A. A.; MADUGUNDU, R.; MAREY, S. A., ZEYADA, A. M., & EDRIS, M. K. Control and monitoring systems used in variable rate application of solid fertilizers: A review. **Journal of King Saud University-Science**, v. 35, n. 3, 102574, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2023.102574>. Acesso em: 14 maio 2025.
- BAGNAVETS, N; ZHEVNEROV, A; GRIGORYEVA, M; PSHENICHKINA, T. **Influence of phosphorus fertilizers of various composition on the yield of tomato crops and control of their consumption by plants**. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 937. 2021. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/937/2/022131>. Acesso em: 14 maio 2025.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Consulta de preços de insumos agrícolas**. Disponível em: <https://consultaweb.conab.gov.br>. Acesso em: 14 maio 2025.
- DIAS, D. R. R.; NETO, J. A. S.; BATISTA, C. M.; SANTOS, H. S. N.; RIBEIRO, R. C. F.; DAMASCENO, M. M. S.; SOUZA, I. M. P.; SOUSA, I. P. S.; OLIVEIRA, G. B.; MIZOBUTSI, G. P. Desempenho de tomateiro industrial inoculado com rizobactérias solubilizadoras de fosfato. **Caderno Pedagógico**, v. 21, n. 13, 2024. Disponível em: <https://ojs.studiespublicacoes.com.br/ojs/index.php/cadped/article/view/11501>. Acesso em: 14 de maio de 2025.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION – FAO. **Faostat**. Disponível em: https://www.fao.org/faostat/en/#rankings/countries_by_commodity. Acesso em: 14 de maio 2025.
- PAWASE P, P.; NALAWADE S, M.; BHANAGE G, B.; WALUNJ A, A.; KADAM P, B.; DURGUDE A, G.; PATIL M, R. Variable rate fertilizer application technology for nutrient management: A review. **Int J Agric & Biol Eng**, v. 16, n. 4, p. 11-19, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.25165/j.ijabe.20231604.7671> Acesso em: 14 maio 2025.
- RIBEIRO, A. C.; GUIMARAES, P. T. G.; ALVAREZ V. V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª. Aproximação**. Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. Viçosa, MG: UFV, 1999. 359 p.
- SOBRINHO, O. P. L.; SANTOS, L. N. S.; SOARES, F. A. L.; CUNHA, F.N.; VIDAL, V. M.; TEIXEIRA, M.B. General aspects of tomato crops and phosphorus fertilizer application: a review. **Comunicata Scientiae**, v. 13, p. 1-11, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.14295/CS.v13.3369>. Acesso em 14 maio 2025.
- VAN LOON, J.; SPERATTI, A. B.; GABARRA, L.; GOVAERTS, B. Precision for Smallholder Farmers: A Small-Scale-Tailored Variable Rate Fertilizer Application Kit. **Agriculture**, v. 8, n. 4, 48, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/agriculture8040048>. Acesso em: 14 maio 2025.

CAPÍTULO 24

USO DE REMINERALIZADORES NA AGRICULTURA: UMA REVISÃO DE LITERATURA

Rafael Cipriano da Silva   

Doutor em Agronomia pela Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz/Universidade de São Paulo (Esalq/USP). Pesquisador da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (Funceme), Fortaleza, Ceará, Brasil

DOI: 10.52832/wed.169.985 



Resumo: Atualmente, os remineralizadores são amplamente utilizados na agricultura, principalmente no Brasil. Contudo, este estudo traz um questionamento presente na obra de Hensel, em 1894: o que a adubação com pó de rocha pode proporcionar? Assim, objetivou-se apresentar uma revisão relacionando os principais efeitos do uso de remineralizadores em solos agrícolas. Estruturou-se em duas etapas principais: uma revisão sistemática da literatura com abordagem bibliométrica e, posteriormente, uma análise qualitativa exploratória dos resultados obtidos. A análise bibliométrica identificou 157 artigos, cujas pesquisas focam na dinâmica do fósforo no solo, carbonatos de cálcio e interações microbianas. O Brasil lidera as publicações refletindo interesse em remineralizadores como alternativa sustentável para solos tropicais, pois sabe-se que promovem melhoria nos índices de fertilidade, aumentam o pH e liberam nutrientes como o potássio, o fósforo, o cálcio, o magnésio e o silício. Pesquisas recentes exploram combinações com bactérias solubilizadoras e potencial de sequestro de carbono, alinhado a demandas globais por agricultura sustentável e mitigação das mudanças climáticas. A análise evidenciou que os remineralizadores podem promover ganhos significativos em fertilidade e sustentabilidade agrícola, desde que aplicados de forma criteriosa, considerando as características do solo, do material e do manejo adotado.

Palavras-chave: Agricultura. Agrominerais. Fertilidade do solo. Pós de rocha. Rochagem.

1 INTRODUÇÃO

Em 1894, Julius Hensel propôs, em sua obra *Bread from Stones: A New and Rational System of Land Fertilization and Physical Regeneration*, que o uso de farinha de rocha poderia substituir os fertilizantes químicos sintéticos. Segundo o autor, esses fertilizantes provocariam desequilíbrios no solo, com possíveis repercussões negativas em toda a cadeia trófica. Em contrapartida, a aplicação de farinhas de rochas promoveria a restauração do equilíbrio mineral natural do solo, resultando em alimentos mais saudáveis e favoráveis à manutenção da vida (Hensel, 1984).

À época, suas ideias foram amplamente rejeitadas e ridicularizadas, por se oporem à abordagem dominante proposta por Justus von Liebig, que defendia o uso intensivo de fertilizantes químicos compostos basicamente por nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K). No entanto, quase um século depois, os princípios de Hensel foram resgatados, e o uso de materiais como calcário e fosfato natural passou a integrar práticas agrícolas consolidadas (Hensel, 1984).

No Brasil, com o objetivo de regulamentar o uso de pós de rocha, foi promulgada a Lei nº 12.890, de 10 de dezembro de 2013 (Brasil, 2013), regulamentada pela Instrução Normativa nº 5, de 10 de março de 2016 (Brasil, 2016). Essa legislação estabelece os critérios para o registro e a fiscalização de insumos minerais utilizados no manejo da fertilidade do solo e na nutrição de plantas. Ainda, pela Lei 12.890, definiu-se como remineralizadores (RMs) os materiais de origem mineral que, após redução e classificação granulométrica por processos mecânicos, são utilizados para melhorar a fertilidade do solo. Esses materiais contribuem com a adição de macro e micronutrientes, além de potencialmente aprimorarem as propriedades físicas, físico-químicas e a atividade biológica do solo (Brasil, 2013).

Os RMs, também chamados de pós de rocha ou agrominerais silicatados, vêm sendo amplamente aplicados em solos agrícolas com o propósito de promover melhorias no solo, favorecer o crescimento vegetal e proporcionar ganhos de produtividade (Prates *et al.*, 2022; Swoboda *et al.*, 2022; Martins *et al.*, 2023). Atualmente, há muitos estudos agronômicos envolvendo o emprego de diferentes tipos de rochas, provenientes de distintas regiões e condições edafoclimáticas, bem como associadas a variados processos industriais, seja a partir uso de subprodutos de processos minerários ou pelos diferentes processos de moagem relacionados.

Diante disso, resgata-se a pergunta já formulada por Hensel: afinal, o que a adubação com pó de rocha pode proporcionar? Objetiva-se com esta revisão apresentar uma abordagem abrangente dos principais efeitos do uso de RMs em solos agrícolas, bem como discutir suas potencialidades e limitações agronômicas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Inicialmente, foi conduzida uma revisão sistemática da literatura, fundamentada em uma análise bibliométrica dos trabalhos publicados no tema de RMs aplicados à agricultura. Para tanto, utilizou-se a plataforma *Web of Science*®, reconhecida internacionalmente por sua abrangência e rigor na indexação de publicações científicas. A estratégia de busca consistiu na combinação dos seguintes termos, utilizando operadores booleanos: ("*agriculture*" OR "*soil*") AND ("*remineralizer*" OR "*rock powder*" OR "*agromineral*"). A pesquisa foi restrita a artigos científicos publicados em inglês, no período de 2005 a 2025, totalizando vinte anos de produção científica. Apenas artigos com texto completo disponível e revisados por pares foram incluídos, sendo excluídas teses, dissertações, anais de eventos e capítulos de livros.

Os dados bibliométricos extraídos incluíram: ano de publicação, palavras-chave, área do conhecimento, país/continente de origem dos autores e temas centrais abordados. As informações coletadas foram organizadas e tratadas em planilhas no Microsoft Excel® para facilitar a interpretação dos resultados.

Na segunda etapa, foi realizada uma análise qualitativa de caráter exploratório, com o intuito de interpretar criticamente os dados oriundos da revisão sistemática. Foram analisados os principais resultados, potencialidades, limitações, benefícios agronômicos e implicações ambientais relacionados ao uso de RMs em solos agrícolas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análise bibliométrica

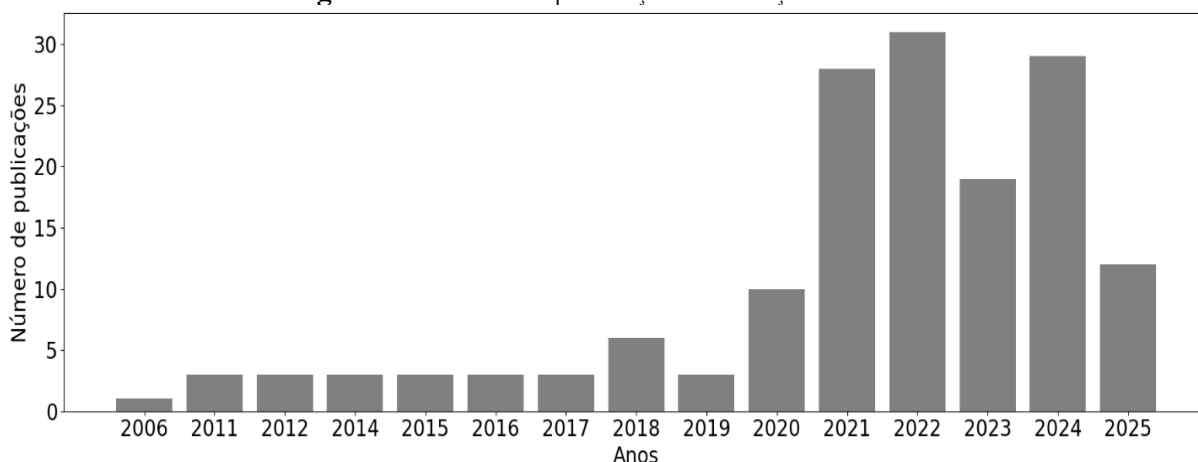
A busca resultou em um total de 157 artigos, dos quais 22,3% pertencem à área de Ciência do Solo, com pesquisas relacionadas à fertilidade, mineralogia e atributos químicos do solo.

Ciências Ambientais (19,7% dos artigos) abordando principalmente impactos ecológicos, sustentabilidade do manejo agrícola e avaliação de resíduos de mineração como insumo alternativo. A Agronomia aparece com 18,5%, enfatizando experimentos de campo e casa de vegetação para avaliar a produtividade de culturas. As Ciências das Plantas (17,8% dos artigos) englobam estudos voltados à absorção de nutrientes e desenvolvimento morfológico de culturas em resposta ao uso de RMs. A área de Agricultura Multidisciplinar (12,7%), traz o caráter integrador de pesquisas que combinam solo, planta, clima e práticas sustentáveis, enquanto Geociência Multidisciplinar (10,2%) dá destaque para estudos de caracterização mineralógica, geoquímica e solubilidade dos pós de rocha.

Dentro dessas áreas temáticas, os estudos concentram-se principalmente na dinâmica do P no solo, abordada em 41,4% das publicações, o que demonstra o interesse recorrente na liberação e disponibilidade desse nutriente por RMs. Outros estudos incluem a formação de carbonatos de cálcio (10,8%), em função do intemperismo e dissolução dos minerais, e o controle microbiológico (6,4%), relacionando-se principalmente com a interação entre minerais e comunidades microbianas. Também se destacam os mecanismos de fitorremediação (5,7%) e a dinâmica do carbono (C) no solo (4,5%), relacionada ao sequestro de C.

A partir de 2020 observa-se um número mais expressivo de publicações (Figura 1). Esse comportamento sugere um interesse crescente pelo tema nos últimos anos, com possível aumento da visibilidade em resposta a questões emergentes, como mudanças climáticas, demandas por fontes alternativas por insumos agrícolas e sustentabilidade ambiental.

Figura 1 - Número de publicações em função dos anos.



Fonte: Autores, 2025.

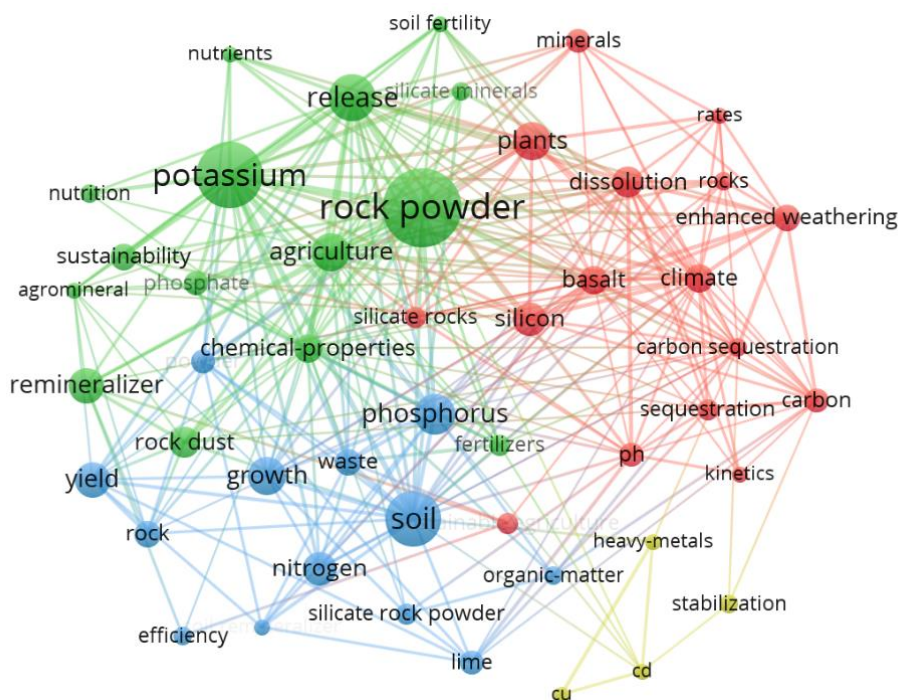
O Brasil se destaca como país responsável pela maioria das publicações (87 artigos; 55,4%), em sua maioria envolvendo vários autores de diferentes instituições e países, que pode ser considerado um ponto forte, pois favorece abordagens integradas e multidisciplinares dentro de

uma rede de pesquisa colaborativa. China e Estados Unidos contribuem com 15,9 e 9,6% das publicações, respectivamente.

O interesse crescente de pesquisas com RMs no Brasil se dá em função das características do clima tropical e dos solos, que são altamente intemperizados, ácidos e pobres em nutrientes. Nesse contexto, a utilização de RMs como fonte alternativa de nutrientes surge como uma estratégia promissora para melhorar a fertilidade do solo e reduzir a dependência por fertilizantes químicos (Martins *et al.*, 2023), uma vez que mais de 80% dos fertilizantes usados na agricultura são importados (Brasil, 2022).

Com base nas frequências de ocorrência das palavras-chave, destacam-se termos como *rock powder*, *potassium*, *soil*, *release* e *phosphorus* (Figura 2). Os termos são agrupados por cor, formando *clusters* temáticos, sendo o verde relacionado a nutrição de plantas, agricultura e sustentabilidade; o azul possui termos associados a solo, produtividade e nutrientes; o vermelho foca em clima, intemperismo e sequestro de C; e o amarelo relaciona-se com estudos que abordam elementos potencialmente tóxicos. Isso sugere uma abordagem predominantemente voltada para ciências agrárias e ambientais, com destaque para estratégias sustentáveis de manejo da fertilidade do solo.

Figura 2 - Mapa bibliométrico de co-ocorrência de termos gerado pelo VOSviewer.



Fonte: Autores, 2025.

3.2 Respostas ao uso de remineralizadores

A maioria dos estudos avaliados concentra-se no uso de RMs para a melhoria dos índices de fertilidade. No entanto, ao contrário do que propôs Hensel, a aplicação de RMs não implica na

negação ou total substituição dos insumos convencionais (fertilizantes), mas sim em uma alternativa complementar, com o objetivo de aumentar a eficiência agrônômica, reduzindo os custos e/ou os impactos ambientais (Martins *et al.*, 2023).

De forma geral, os principais efeitos diretos dos RMs relatados na literatura são: i) Fornecimento de nutrientes para as plantas - Os RMs são comumente utilizados como fontes alternativas de potássio (K), nutriente exigido em grandes quantidades pelas plantas e tradicionalmente fornecidos por fertilizantes sintéticos. Além desse nutriente, os RMs também promovem a disponibilização de diversos outros, como cálcio (Ca), magnésio (Mg) e silício (Si). Estudos com o fornecimento de nutrientes como fósforo (P), zinco (Zn) e ferro (Fe) ocorrem em menor frequência (Prates *et al.*, 2022; Swoboda *et al.*, 2022; Luchese *et al.*, 2023; Rodrigues *et al.*, 2024); ii) Aumento do pH do solo - A maioria dos estudos relatam aumento do pH do solo, uma vez que o baixo pH inicial dos solos, comumente ácidos, restringem o crescimento das culturas (Swoboda *et al.*, 2022; Luchese *et al.*, 2023). Parte é atribuída ao aumento de Ca e Mg, mas também pela presença do Si, abundante na composição de RMs (Rodrigues *et al.*, 2024).

Nos RMs o fornecimento de nutrientes às plantas ocorre a partir da dissolução dos minerais através do intemperismo químico. Contudo, este processo é relativamente lento e, para alguns autores, isso é tratado como uma limitação, uma vez que a disponibilidade dos nutrientes pode ser insuficiente para a demanda nutricional de algumas culturas (Swoboda *et al.*, 2022). Visando contornar essa questão, trabalhos estão combinando os RMs com bactérias solubilizadoras de minerais e/ou promotoras de crescimento das plantas, evidenciando interações positivas na disponibilidade de nutrientes e no desenvolvimento das culturas (Corrêa *et al.*, 2025).

Outros efeitos decorrentes do uso dos RMs são considerados indiretos. Observou-se que a aplicação de RMs provenientes de rochas basálticas, cujo teor de P é baixo, por vezes considerado insignificante, implicou no aumento na disponibilidade desse nutriente. Esse foi atribuído à dois fatores: a elevação dos valores de pH no solo e à dessorção de P mediada por íons silicato (Luchese *et al.*, 2023). Isso ocorre porque o P e Si competem pelos mesmos sítios de troca nas superfícies de óxidos da fração argila. Assim, o aumento de Si promove a mobilização do P antes indisponível (Silva *et al.*, 2024).

A aplicação de RMs também contribui para a redução dos teores de alumínio trocável, promovendo a melhoria das condições químicas do solo e aumento do pH (Silva *et al.*, 2024). Isso pode, em parte, estar associado à possível formação de novas fases minerais, principalmente óxidos de Fe e Al amorfos (Silva; Ferreira; Azevedo, 2021; Silva *et al.*, 2024), que em parte pode favorecer o aumento das cargas e, conseqüentemente, a capacidade de troca de cátions (CTC).

Por fim, trabalhos recentes têm observado o potencial dos RMs em sequestrar C por meio

do intemperismo acelerado de minerais silicatados, o que pode auxiliar no enfrentamento das mudanças climáticas. Por isso, grande parte dos estudos atuais concentram-se em estudos com a formação de carbonatos de cálcio.

Os efeitos do uso de RM em propriedades químicas são mais evidenciados. No entanto, observam-se melhorias em propriedades biológicas decorrentes do aumento de atividades enzimáticas e da diversidade microbiana, com aumento na respiração basal e biomassa microbiana (Swoboda *et al.*, 2022). Reis (2020) constatou que a comunidade bacteriana é afetada pela composição do RMs aplicado, influenciando na liberação de K e Ca. Contudo, poucos estudos retratam melhorias nas propriedades físicas, sendo relatados casos de aumento da capacidade de retenção de água no solo, e pode contribuir no aumento relativo de microagregados, afetando positivamente na redistribuição de carbono orgânico associado às frações finas do solo (Reifschneider *et al.*, 2021).

3.3 Fatores que influenciam nos efeitos dos remineralizadores

Diferentemente do que se observa em fertilizantes sintéticos, cuja concentração de elementos e a dissolução são bem definidas, a determinação da dissolução dos RMs é complexa, uma vez que sua eficiência depende principalmente do intemperismo (Swoboda *et al.*, 2022; Martins *et al.*, 2023). Dessa forma, muitos estudos sem resultados significativos com RMs podem ter sido causados por uma seleção inadequada de fatores que afetam no intemperismo (Swoboda *et al.*, 2022).

Abaixo são listados alguns fatores que influenciam diretamente nos efeitos do RMs:

a) Tipo de rocha e mineral

A eficiência dos resultados do RM é fortemente dependente da composição mineralógica da rocha da qual foi originado, pois influencia na composição química e determina sua capacidade de fornecer nutrientes. Rochas máficas como basalto e diabásio, ultramáficas, além de outras como sienito e biotita xisto são ricas em nutrientes como K, Ca, Mg e Si, essenciais para o desenvolvimento das plantas. Além disso, minerais como olivinas, piroxênios e anfibólios têm taxas de dissolução maiores que minerais como feldspatos e micas (Swoboda *et al.*, 2022). A Instrução Normativa nº 5 estabelece, dentre outros critérios, os valores mínimos de óxidos básicos (K_2O , CaO e MgO), bem como os limites máximos para os teores de elementos potencialmente tóxicos, que estão diretamente relacionados com o tipo de rocha empregada na produção dos RMs.

b) Tamanho das partículas da rocha

O tamanho das partículas da rocha influencia diretamente nas taxas de intemperismo, de modo que a diminuição do tamanho das partículas tende a aumentar a solubilidade do RM no solo. Contudo, essa relação não é linear, uma vez que a formação de uma camada de intemperismo sobre a partícula pode alterar as taxas de solubilização de modo que o tamanho da granulometria se torna pouco relevante (Swoboda *et al.*, 2022). Outra questão importante é a moagem, pois processos distintos resultam na produção de partículas com formatos diferentes, afetando a área superficial específica e, conseqüentemente, a dissolução. Atrelado ao tamanho das partículas estão associados os custos para o processamento de materiais “ultrafinos” ou mesmo formas de aplicação, uma vez que a materiais muito finos tende a sofrer com a deriva (Akhmetov *et al.*, 2025).

c) Tipo de solo

Os RMs são particularmente eficazes em solos altamente intemperizados, ácidos e deficientes em nutrientes, a exemplo de Latossolos, Argissolos e Neossolos Quartzarênicos (Swoboda *et al.*, 2022). Solos que possuem uma maior reserva de minerais intemperizáveis e são naturalmente férteis, a exemplo de Luvisolos, os efeitos do RM tendem a ser menos evidentes ou nulos. Por fim, a textura do solo também influencia no efeito do RM pois está diretamente relacionada com sua CTC e, como consequência, ao efeito tampão do solo. Assim, os RM tendem a surtir mais efeito em solos com menor CTC do que em solos com maior CTC (Swoboda *et al.*, 2022; Luchese *et al.*, 2023).

d) Espécies de plantas e manejo

O sistema radicular das plantas promove a liberação de exsudatos, que são compostos ácidos que afetam diretamente no intemperismo dos minerais. De acordo com Swoboda *et al.* (2022), leguminosas tendem a ser eficazes, pois liberam H^+ durante a fixação de N, acidificando a rizosfera. A presença de micorrizas arbusculares também podem potencializar a liberação de nutrientes dos RMs. Além disso, práticas como o plantio direto e o uso de adubos verdes aumentam a produção de ácidos orgânicos no solo, que podem contribuir no intemperismo de RMs. Outra questão importante diz respeito ao uso de RM em culturas de ciclo muito curto e/ou com alta demanda por nutrientes em um curto período, o que pode não ser atendido pela liberação gradual dos RMs.

e) Clima

Regiões de clima tropical úmido e subúmido aceleram o intemperismo mineral devido a maiores temperaturas e fluxo de água no solo, favorecendo a liberação de nutrientes (Swoboda *et*

al., 2022; Martins *et al.*, 2023). Em contrapartida, em regiões temperadas como na Europa, e de clima árido, semiárido e subúmido seco, como observado na região nordeste do Brasil, as condições de precipitação não favorecem o intemperismo em taxas tão elevadas como nas demais regiões do Brasil, podendo afetar no desempenho do RM.

3.4 Desafios

Como as pesquisas com RMs são recentes, são identificados alguns desafios à frente. A Instrução Normativa nº5 (Brasil, 2016) foi um importante avanço para a identificação de materiais para comercialização e pesquisa. Porém há necessidade de identificar parâmetros para dosagens com base na dissolução dos minerais, conforme discutido anteriormente. Essa característica torna difícil a comparação direta com fertilizantes solúveis, que fornecem nutrientes de forma imediata. Assim, enquanto os fertilizantes solúveis têm efeitos imediatos, os RMs possuem efeitos de médio a longo prazo (Swoboda *et al.*, 2022). Dessa forma, são necessários muitos experimentos para a avaliação da quantidade de RM dissolvido em diferentes condições de campo. Mas, como os efeitos podem ser longos, ensaios de curta duração podem não captar os resultados do uso dos RMs.

A moagem das rochas representa um dos principais gargalos na produção e viabilidade econômica dos RMs, uma vez que esse processo é extremamente intensivo em energia. Em etapas conhecidas como pulverização, moagem ultrafina ou micronização, o consumo específico pode variar de 20 a 35 kWh/t, a depender do tipo de equipamento utilizado e dureza da rocha (Akhmetov *et al.*, 2025), podendo atingir até 100 kWh/t, o que pode representar até 80% do custo total de produção do RM (Swoboda *et al.*, 2022). Além dos custos diretos de energia, a moagem também implica em desgaste elevado dos equipamentos. Por essas razões, o equilíbrio entre eficiência agronômica e viabilidade econômica torna-se crucial.

Frente a esse desafio, diversas estratégias têm sido propostas para mitigar os impactos da moagem. Como, por exemplo, uso de resíduos finos oriundos da mineração, que já possuem granulometria adequada, além de ser uma alternativa viável e sustentável. Outro aspecto relevante refere-se aos desafios logísticos e ambientais associados ao transporte de grandes volumes de material moído, sobretudo quando a jazida da rocha está localizada a longas distâncias das áreas de aplicação. Essa condição não apenas eleva os custos operacionais, mas também contribui para o aumento da emissão de gases de efeito estufa, comprometendo a sustentabilidade do processo.

4 CONCLUSÃO

A análise qualitativa permitiu integrar e contextualizar os dados disponíveis, destacando os principais avanços científicos na literatura relacionados ao uso de RMs de solo. Essa abordagem permitiu a identificação de algumas limitações à prática, mas também identificou um

direcionamento para investigações futuras, com aplicações mais práticas e eficazes do RM numa agricultura sustentável e integradora. Os trabalhos analisados demonstram, em diferentes tipos de solo e condições ambientais, que a aplicação de RMs pode melhorar significativamente a fertilidade do solo, aumentar a disponibilidade de nutrientes como o K, P, Ca e Mg, além de favorecer o desenvolvimento de diferentes espécies vegetais.

Portanto, os efeitos da adubação com RMs extrapolam os ganhos imediatos em fertilidade, contribuindo para a promoção da saúde do solo e para a adoção de práticas agrícolas mais sustentáveis e economicamente viáveis, especialmente quando comparadas aos fertilizantes minerais convencionais. Contudo, o sucesso dessa prática depende de uma aplicação criteriosa, considerando-se aspectos como tipo de solo, composição mineralógica do remineralizador, granulometria, exigências nutricionais das culturas e manejo agrícola adotado.

REFERÊNCIAS

AKHMETOV, A., *et al.* **Energy Consumption Assessment of Silicate Rock Comminution Options for Enhanced Weathering.** Available at SSRN 5240811. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.5240811>

BRASIL. Lei no 12.890, de 10 de dezembro de 2013. Altera a Lei no 6.894, de 16 de dezembro de 1980, para incluir os remineralizadores como uma categoria de insumo destinado à agricultura, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 11 dez. 2013.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa no 5, de 10 de março de 2016. Estabelece regras sobre definições, classificação, especificações e garantias, tolerâncias, registro, embalagem, rotulagem e propaganda dos remineralizadores e substratos para plantas, destinados à agricultura. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, p.10, 14 mar. 2016.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. **O Plano Nacional de Fertilizantes.** 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/plano-nacional-de-fertilizantes/o-plano-nacional-de-fertilizantes>. Acesso em: 20 maio 2025.

CORRÊA, J. S., *et al.* Rochagem associada à inoculação de bactérias auxilia no crescimento inicial de cafeeiro. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 49, p. e024124, 2025.

HENSEL, J. **Bread from Stones: A New and Rational System of Land Fertilization and Physical Regeneration.** Health Research Books, 1989. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.42970>

LUCHESI, A.V., *et al.* Use of quarry waste basalt rock powder as a soil remineralizer to grow soybean and maize. **Heliyon**, v. 9, n. 3, 2023.

MARTINS, E. S., *et al.* Princípios geoquímicos, mineralógicos e biológicos do manejo de remineralizadores de solos. **Informe Agropecuário. Remineralizadores e a fertilidade do solo**, Belo Horizonte - MG, v.44, n.321, p.26-39, 2023.

PRATES, J. S., *et al.* Rochagem na produção sustentável de plantas forrageiras: Revisão sistemática da literatura. **Nature and Conservation**, v. 15, n. 2, p. 83-97, 2022.

RODRIGUES, L. N. F., *et al.* Use of Soil Remineralizer to Replace Conventional Fertilizers: Effects on Soil Fertility, Enzymatic Parameters, and Soybean and Sorghum Productivity. **Agriculture**, v. 14, n. 12, p. 2153, 2024.

REIS, B. R. **Rock powders in the soil-plant system: mineralogy and microbiome response**. 2020. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2020. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11140/tde-31032021-161123/>. Acesso em: 21 maio 2025.

REIFSCHNEIDER, L., *et al.* Can we improve soil properties and plant biomass using rock powder as soil amendment?, **EGU General Assembly 2021**, online, 2021.

SILVA, R. C., *et al.* Precipitation of amorphous iron and aluminum during the weathering of rock dust in soil columns. **Scientia Agricola**, v. 81, p. e20230219, 2024.

SILVA, R. C.; FERREIRA, E. P.; AZEVEDO, A. C. Weathering features of a remineralizer in soil under different land uses. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 56, p. e01442, 2021.

SWOBODA, P.; DÖRING, T. F.; HAMER, M. Remineralizing soils? The agricultural usage of silicate rock powders: A review. **Science of The Total Environment**, v. 807, p. 150976, 2022.

Informações sobre a Editora
Wissen Editora
Homepage: www.editorawissen.com.br
Teresina – Piauí, Brasil
E-mails: wisseneditora@gmail.com

Siga nossas redes sociais:



@wisseneditora



 **Wissen**
editores
2025